การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป

AUTOMOTIVE PARTS TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM FOR PRESS PRODUCTION LINE

อารีวรรณ พุทธิเสถียร

AREEWORN PHUTTHISATHIAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-EN-M-018-163

การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป

AUTOMOTIVE PARTS TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM
FOR PRESS PRODUCTION LINE

อารีวร พุฒิเสถียร
AREEWORN PHUTTHISATHIAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2558
KMITL-2015-EN-M-018-163

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMOTIVE PARTS TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM FOR PRESS PRODUCTION LINE

AREEWORN PHUTTHISATHIAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2015
KMITL-2015-EN-M-018-163

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป
Thesis Title Automotive Parts Transportation Management System for Press Production Line
นักศึกษา นางสาวอารีวร พุฒิเสถียร
รหัสประจำตัว 53610919
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2015-EN-M-018-163

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ชนินทร์	บุญลักษณานุสรณ์	
ผศ.ดร.นนทวัฒน์	จุลเดชะ	
รศ.ดร.รัตติกร	วรากูลศิริพันธุ์	
ผศ.ดร.ดอน	อิศรากร	
ผศ.ดร.นพดล	มณีรัตน์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติใหม่ ห้อง HM-401

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป
นักศึกษา	นางสาวอารีวร พุฒิเสถียร
รหัสประจำตัว	53610919
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบควบคุม
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอระบบการติดตามระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูปโดยแสดงผลผ่านเว็บไซต์ ซึ่งใช้บ่งบอกตำแหน่งของตัวรถ AGV (Automatic Guided Vehicle) ติดตามสถานะของรถแต่ละคัน เวลาและเส้นทาง โดยในส่วนการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดนั้นใช้อัลกอริทึมดิจสตรา นอกจากนี้ระบบยังสามารถแสดงเส้นทางสำรอง อีกทั้งยังมีการจัดการจราจรเพื่อป้องกันการชนของรถ อันส่งผลให้เกิดประโยชน์ ทั้งในด้านความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน การจัดลำดับการวางแผนการขนส่ง ความรวดเร็วในการเข้าไปแก้ไขปัญหา รวบรวมข้อมูลเพื่อฝ่ายผลิตสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงพัฒนาต่อไป อีกทั้งสามารถประหยัดเวลาด้านการเดินทาง และลดกำลังคนจากการติดตามที่ไม่จำเป็นต้องมาอยู่คอยติดตามที่หน้างาน เป็นต้น ดังนั้นระบบการติดตามการขนส่งชิ้นส่วนที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถจำลองการเดินทางของรถ AGV ได้ เฝ้าติดตามสถานะของรถ AGV ไปยังพื้นที่การผลิต ทำให้เกิดความสะดวกในการออกแบบ วางแผนและพัฒนาระบบขนส่ง และสำหรับระบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Visual Basic และ PHP สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Automotive Parts Transportation Management System for Press Production Line
Student	MissAreeworn Phutthisathian
Student ID.	53610919
Degree	Master of Engineering
Program	Control Engineering
Year	2015
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Noppadol Maneerat

ABSTRACT

This Thesis presents the Automotive Parts Transportation Tracker for Press Production Line via website, will display the current position of Automatic Guided Vehicle (AGV), with status, duration of transportation and shortest path of each AGV from Dijkstra algorithm. Furthermore, the system provides the optional path and manages the traffic transportation system for collision avoidance. This tracker will provide convenient in term of system tracking and transportation managing to rapidly notice any fault for maintenance, transportation data analyzing, time saving and reducing a work load of man power in the meantime from inessential tracker to follow at side. This developed transportation tracker could simulate the path of AGV car and track status of AGV car to manufacturing area. This system will lead to convenient for planning, designing and developing transportation. The simulation is evolved used by Visual Basic language, and PHP could apply with the real practical.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่ให้คำปรึกษาช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ประสบการณ์และความคิดริเริ่มในการศึกษาการทำวิจัยที่ดีแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อีกทั้งขอขอบคุณบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์มา ณ โอกาสนี้ด้วย คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อารีวร พุฒิเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้วิจัย 2
1.5 ขอบเขตการวิจัย 3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 บทนำ 4
2.2 กระบวนการปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Stamping Process) 4
2.2.1 ข้อได้เปรียบของกระบวนการปั๊ม (Advantages of Stamping Process) 4
2.2.2 กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊ม (Stamping Process) 5
2.2.2.1 Blanking 5
2.2.2.2 Piercing 5
2.2.2.3 Bending 5
2.2.2.4 Drawing 5
2.2.2.5 Embossing 5
2.2.2.6 Coining 5
2.2.2.7 Swaging 5
2.2.2.8 Shaving 6
2.2.2.9 Trimming 6
2.3 อัลกอริทึมดิจสตรา (Dijkstra Algorithm) 6
2.4 รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles) 10

บทที่ 3 ระบบที่นำเสนอ 11
3.1 บทนำ 11
3.2 การออกแบบฐานข้อมูล 11
3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อแสดงผลต่างๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การทดลองเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรมคำนวณบนหน้าจอวางแผน.....14
3.5 การทดลองเพื่อแสดงเส้นทางสำรองของการเดินรถ และแนวคิดในการจัดการจราจร.....15
3.6 การทดลองเพื่อให้ระบบติดตามแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV 16

บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง.....19
4.1 บทนำ.....19
4.2 ผลการทดสอบ.....19
4.2.1 การทดลองเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และเส้นทางสำรองผ่าน
โปรแกรมคำนวณบนหน้าจอวางแผน.....19
4.2.2 การทดลองเพื่อให้ระบบติดตามแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV.....23
4.2.3 การทดลองตั้งค่าสถานีที่ไม่สามารถใช้งานได้.....27
4.2.4 การทดลองเพื่อป้องกันการชนกันของรถ.....29

บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล.....32
5.1 บทนำ.....32
5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....32
5.3 สรุปผล.....32
5.4 ข้อเสนอแนะ.....33

เอกสารอ้างอิง.....34

ภาคผนวก.....35
ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....36
ประวัติผู้เขียน.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เส้นทางการเข้าถึงของแต่ละโหนด.....10

3.1 เส้นทางการเดินรถ และระยะทาง.....16

4.1 เส้นทางการเดินรถ และระยะทางสำหรับเส้นทางหลักที่ใช้ และเส้นทางสำรอง 2 ลำดับ.....21

5.1 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนหน้า และระบบของผู้วิจัย.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครือข่ายทั้งหมด และโหนดเริ่มต้น....6
2.2 โหนดที่รู้ค่าระยะทางแล้ว....7
2.3 โหนด V3 ที่ถูกเลือก และปรับค่าระยะทางใหม่....7
2.4 โหนด V4 ที่ได้รับการเลือก....8
2.5 โหนด V2 ที่ได้ทำการเลือก และปรับค่าระยะทางใหม่....8
2.6 ทุกโหนดในเครือข่ายที่ถูกเลือก....9
2.7 รถ AGV (Automated Guided Vehicles) หรือรถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ....10
3.1 Schema Design ของระบบจัดการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป....12
3.2 แผนผังการทำงานของระบบสำหรับผู้วางแผนการผลิต....13
3.3 แผนผังการทำงานของระบบสำหรับการแสดงผล....14
3.4 แผนที่แสดงสถานี และระยะทางระหว่างสถานี....15
4.1 หน้าหลัก (สำหรับผู้วางแผนการผลิต)....19
4.2 การตั้งค่าสำหรับผู้วางแผนการผลิต....20
4.3 การเลือกสถานีงานสำหรับผู้วางแผนการผลิต....20
4.4 ยืนยันเส้นทางที่ได้ทำการเลือก....21
4.5 เส้นทางที่ได้ทำการเลือก....22
4.6 หน้าจอผลลัพธ์....22
4.7 หน้าจอผลลัพธ์สถานะขณะที่รถกำลังวิ่ง....24
4.8 หน้าจอผลลัพธ์ตำแหน่งปัจจุบัน และตำแหน่งต่อไปของรถ....25
4.9 หน้าจอผลลัพธ์สถานะของรถเมื่อสิ้นสุดการทำงาน....25
4.10 หน้าจอผลลัพธ์สถานะของรถเมื่อรถได้ทำการออกนอกเส้นทาง....26
4.11 หน้าจอผลลัพธ์ของสถานะรถเมื่อรถเกิดการขนส่งล่าช้า....26
4.12 หน้าจอการตั้งค่าสถานะของสถานี....27
4.13 สถานะของสถานีในกรณีที่ใช้งานไม่ได้....27
4.14 สถานะของสถานีในกรณีที่ใช้งานไม่ได้ในหน้าแสดงผลการทำงาน....28
4.15 การเปลี่ยนใช้เส้นทางสำรองของรถ AVG....28
4.16 สถานีที่ใช้งานไม่ได้....29
4.17 สถานีลำดับถัดไปยังไม่สามารถไปได้เนื่องจากมีรถคันอื่นอยู่ ณ สถานีนั้น....30
4.18 กรณีสถานีลำดับต่อไปว่าง แต่มีรถหลายคันต้องการเข้าไปยัง ณ สถานีนี้....30
4.19 กรณีที่รถคันที่ 2 มาถึงสถานีก่อน จึงได้สิทธิ์ไปก่อน....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาวการณ์ในปัจจุบัน เทคโนโลยีจำนวนมากถูกนำมาใช้ในภาคโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแก้ปัญหาและปรับปรุงระบบการผลิต เทคโนโลยีต่างๆ จึงเข้ามามีบทบาทและความสำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำมาใช้ในการลดต้นทุนการผลิต สร้างระบบการจัดการเพื่อทำให้ระบบการผลิตมีความรวดเร็ว อีกทั้งช่วยในการจัดการปัญหาด้านคุณภาพ ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องมองหาวิธีการหรือกระบวนการใดๆ ที่จะเข้ามาช่วยในการตอบสนองความต้องการต่างๆและการแข่งขันได้ ประโยชน์ของการนำกระบวนการที่เกี่ยวข้องต่างๆนี้นอกจากจะเพื่อแก้ปัญหาภายในอุตสาหกรรมนั้นได้แล้ว ยังสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับภาคอุตสาหกรรมนั้นๆ ได้อีกด้วย

สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ ในส่วนของการผลิตการขึ้นรูปนั้นเป็นขั้นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ระบบการขนส่งต้องมีการจัดเรียงและนำเข้าหรือส่งออกวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนจากส่วนต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพและเป็นไปอย่างไม่ขาดตอน ปัญหาที่พบมากในขั้นกระบวนการนี้ก็คือความล่าช้าในการเรียกรับหรือจัดส่ง ความขาดตอนในการป้อนชิ้นงานเพื่อการผลิต ทำให้ชิ้นงานที่ได้ล่าช้ากว่ากำหนดเกิดปัญหาการผลิตชิ้นส่วนตามมา ทำให้เกิดปัญหาไปยังกระบวนการผลิตขั้นตอนต่อไปอีกด้วย ซึ่งในระบบการจัดส่งที่มากกว่า 1 ส่วน นั่นคือระบบการจัดส่งที่สามารถขนส่งที่สามารถดำเนินการได้หลายๆ งานในเวลาเดียวกัน จะสามารถช่วยจัดการปัญหาความล่าช้าของการผลิต อันเนื่องมาจากการได้รับวัตถุดิบไม่ทันตามแผนได้ เพราะในความเป็นจริง ระบบการขึ้นรูปชิ้นงานนั้นจะดำเนินการพร้อมๆกันหลายชิ้นส่วน และมีกระบวนการถัดไปที่ต้องรอการผลิตอยู่ดังนั้นหากส่วนหนึ่งเกิดความล่าช้า จะทำให้เกิดผลกระทบตามมาต่อส่วนการผลิตกระบวนการอื่นๆ ได้

ดังนั้นระบบขนส่งโดยใช้รถ Automatic Guided Vehicle (AGV) ก็เป็นอีกหนึ่งเครื่องมือ ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นเช่นกัน ซึ่งจะมีหลากหลายแห่ง ที่นำ AGV มาใช้เพื่อคอยขนส่งชิ้นส่วนไปยังที่ๆ กำหนด โดยช่วยลดเวลาและจำนวนคนที่ต้องใช้ในการขนส่ง ซึ่งการติดตามผลระยะไกลก็จะเป็นอีกส่วนสำคัญ ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกต่อผู้ควบคุมดูแลระบบการขนส่ง โดยไม่จำเป็นต้องคอยนั่งอยู่ที่หน้าห้องควบคุม (Control Room) เพื่อคอยตรวจสอบสถานะการทำงานของ AGV และคอยแจ้งเตือนเมื่อ AGV เกิดปัญหาขัดข้องเพื่อการเข้าซ่อมแซมต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในงานวิจัยนี้เป็นการจัดทำโปรแกรมการติดตามระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป โดยใช้รถ AGV เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยในการขนส่งชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อป้อนให้สายงานในการผลิตตามตำแหน่งของสถานีงานที่มีการผลิตงานขึ้นรูป โดยที่พัฒนาขึ้นทำให้โปรแกรมเฝ้าติดตามการทำงานของรถ AGV แต่ละคันได้ และได้นำอัลกอริทึมดิจสตรามาช่วยในการค้นหาเส้นทางที่สั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นทางสำรอง และสามารถจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดการชนกันของรถ อันส่งผลให้ช่วยลดต้นทุนด้านเวลา กำลังคน และเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน ที่ต้องใช้ในการติดตามประสิทธิภาพการทำงานของรถ การเข้าแก้ไขหากเกิดปัญหาอย่างทันท่วงที อีกทั้งระบบยังสามารถจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การทำงานและวางแผนการปรับปรุงพัฒนาระบบต่อไป โดยงานวิจัยที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อจัดทำโปรแกรมที่สามารถติดตามการทำงานของรถ AGV มีอยู่ในระบบ
2. เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมดิจสตรา (Dijkstra Algorithm) พร้อมทั้งเส้นทางสำรอง
3. เพื่อจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการชนกันของรถ
4. เพื่อให้โปรแกรมบอกสถานะของรถ AGV ที่ทำงานอยู่ในระบบได้
5. เพื่อให้โปรแกรมสามารถแจ้งเตือนผู้ควบคุมระบบถึงรถ AGV ที่มีปัญหา ไม่สามารถขนส่งได้ตามเป้าหมาย
6. เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของรถ และสามารถนำออกมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนนั้น จะมีการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิจสตรา โดยไม่ได้มีการแสดงเส้นทางสำรอง ซึ่งอาจจะมีจุดอ่อนในกรณีที่ผู้วางแผนการผลิตจะต้องทำการควบคุมด้วยตนเอง อีกทั้งในส่วนของการแก้ไขปัญหาของการจัดการจราจรนั้นระบบก่อนหน้าจะใช้ลักษณะของการลดความเร็วของรถลง เมื่อรถกำลังจะเข้าสู่ทางแยก ดังนั้นอาจจะเกิดข้อผิดพลาดส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ปฏิบัติงาน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์จากระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป ซึ่งมีรถ AGV เป็นเครื่องมือในการขนส่งชิ้นส่วนเข้าสู่ส่วนงานขึ้นรูปต่างๆ โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาจะสามารถตอบสนองการติดตามสถานะของรถ AGV ที่ทำการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ ตำแหน่งของรถ เวลาที่ใช้ในการขนส่ง และเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยอาศัยอัลกอริทึมดิจสตรา อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นทางสำรอง และจัดการปัญหาในเรื่องจราจร ทำให้ฝ่ายวางแผนจัดการระบบขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ และมีการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความขัดข้องของรถ AGV ได้อย่างรวดเร็ว ทั้งยังสามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานของรถ AGV เพื่อนำไปประเมิน วิเคราะห์ ในการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive Maintenance) ในภายภาคหน้าต่อไปได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาทฤษฎี โครงสร้างองค์ประกอบ และการทำงานต่อยอดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ [1] โดยนำอัลกอลิทึมดิจสตราหาเส้นทางที่สั้นที่สุด อีกทั้งยังใช้แนวคิดการจัดการจราจรมาใช้ในการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อติดตามสถานะการขนส่งตามตำแหน่งต่างๆ มีการจำลองสถานการณ์ระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ แล้วแสดงผลการเดินรถของรถ AGV แต่ละคันมาเป็นองค์ประกอบเพื่อพัฒนาระบบการติดตามผลระยะไกลสำหรับการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการสร้างโปรแกรม เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการติดตามผลการดำเนินงานของรถ AGV โดยศึกษาไปในด้านการเชื่อมต่อ/โอนถ่าย ส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง มีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมดิจสตรา แล้วผนวกกับการทำงานของรถ AGV ไปแสดงผลในระบบบนหน้าเว็บไซต์ อีกทั้งระบบยังสามารถแสดงเส้นทางสำรอง และมีการจัดการจราจร และจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดระหว่างการขนส่งต่อไป

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้ศึกษาวิจัยการติดตามและแสดงผลในระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูป เพื่อเพิ่มความสะดวกในการติดตามตำแหน่ง เวลาที่ใช้ สถานะของรถ AGV แต่ละคันในการขนส่งชิ้นงานในโรงงาน ฝ่ายวางแผนสามารถนำข้อมูล เพื่อจัดการหาเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุดโดยอัลกอริทึมดิจสตรา โปรแกรมมีการแสดงสถานะ และแจ้งเตือนผ่านเว็บไซต์ โดยมีขั้นตอนการศึกษางานวิจัย ดังนี้

1.6.1 ศึกษาและรวบรวมปัญหาในการขนส่งในระบบปัจจุบัน
1.6.2 ศึกษาความต้องการของระบบที่สามารถลดปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง
1.6.3 ศึกษาหลักการการส่งข้อมูลและเก็บบันทึก
1.6.4 ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลจากรถ AGV ไปยังแหล่งประมวลผลเพื่อแสดงผล
1.6.5 ศึกษาอัลกอริทึมดิจสตรา (Dijkstra Algorithm)
1.6.6 ศึกษาแนวคิดหลักการในการแก้ไขปัญหาของจราจร เพื่อป้องกันปัญหาการชนของรถ
1.6.7 ออกแบบและพัฒนา โปรแกรม
1.6.8 ทดสอบและแก้ไขปรับปรุง
1.6.9 สรุปผลจากงานวิจัย

โดยในบทที่ 1 จะกล่าวถึงที่มาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ส่วนในเนื้อหาบทต่อมามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้
บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบระบบ
บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบและผลการทดสอบ
บทที่ 5 กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองและบทสรุปงานวิจัย
ภาคผนวก ก แสดงผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวข้องที่ใช้ในการออกแบบการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขึ้นรูป โดยใช้อัลกอริทึมดิจสตรามาช่วยในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2 กระบวนการปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Stamping Process)

โลหะแผ่น (Metal Sheet) ถูกนิยามด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อความหนาสูง ถ้าความหนามากกว่า 6 มิลลิเมตร จะเรียกว่าเพลท (Plate) โลหะแผ่นมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง ดังนั้นชิ้นส่วนที่ทำจากโลหะแผ่นจะมีน้ำหนักเบาและแข็งแรง การขึ้นรูปโลหะแผ่นจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูป (Deformation) ด้วยการพับหรือดัด (Bending) และ/หรือการยืด (Stretching) การปั๊ม (Stamping) ซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปเย็น (Cold-working) ของโลหะแผ่นด้วยแม่พิมพ์และเครื่องกด (Press) แม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นงานสำเร็จ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือพันช์ (Punch) หรือแม่พิมพ์ และดาย (Die) หรือแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยปกติพันช์จะอยู่ด้านบน มีขนาดเล็กกว่าดาย มีรูปร่างคล้ายดายและจะเป็นตัวเคลื่อนที่เข้าหาดาย เมื่อพั้นช์และดายประกบกันจะมีช่องว่างเกิดขึ้น ช่องว่างนี้จะถูกกำหนดโดยชนิดและความหนาของแผ่นโลหะชิ้นงานและวิธีการขึ้นรูป พั้นช์และดายจะถูกติดตั้งในดายเซ็ท (Die Set) โดยดายจะติดอยู่ที่ฐานล่าง (Lower Die Shoe) และพั้นช์ติดอยู่กับฐานบน (Upper Die Shoe) ดายเซ็ททำหน้าที่นำพั้นช์และดายให้เคลื่อนที่เข้าประกบกันอย่างถูกต้อง ดายเซ็ทจะถูกนำไปติดตั้งบนเครื่องกด (Press Machine) โดยส่วนของดายจะยึดติดอยู่ด้านล่างและพั้นช์จะยึดติดอยู่ด้านบน

2.2.1 ข้อได้เปรียบของกระบวนการปั๊ม (Advantages of Stamping Process)

กระบวนการปั๊มขึ้นรูปมีข้อได้เปรียบเหนือกว่ากระบวนการอื่นๆ เช่น การหล่อ (Casting) การทุบขึ้นรูป (Forging) และการกัดแต่ง (Machining) ดังนี้

1. สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนที่ผลิตด้วยวิธีอื่นได้ยาก
2. ไม่จำเป็นต้องตกแต่งชิ้นงานหลังการปั๊ม
3. ขนาดของชิ้นงานปั๊มทุกชนิดเท่ากัน สามารถเปรียบกันได้ในงานประกอบ
4. สมบัติทางกลเพิ่มขึ้น เช่น ความแข็งแรง เป็นต้น
5. ชิ้นงานมีน้ำหนักเบามาก
6. อัตราการผลิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊ม (Stamping Process)

กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นมีหลายกรรมวิธี แบ่งได้เป็น 3 กรรมวิธีพื้นฐานหลัก คือ การตัดเฉือน (Shearing) ซึ่งแบ่งเป็นการปั๊มเจาะ (Blanking) และการตัดเจาะรู (Piercing) การตัด (Bending) หรือการขึ้นรูป (Forming) และการลากขึ้นรูป (Drawing) นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีดังเดิมอื่นๆ เช่น การปั๊มนูน (Embossing) การปั๊มจม (Coining) การบีบอัด (Swaging) การฝานขอบ (Shaving) และการตัดขอบ (Trimming) การผลิตชิ้นงานโลหะแผ่นจะต้องใช้หลายกรรมวิธีที่กล่าวมาแต่ไม่จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีทั้งหมด

2.2.2.1 Blanking

เป็นขั้นตอนแรกที่จะต้องทำในการผลิต โดยจะเป็นการตัดแผ่นโลหะด้วยพั้นซ์และดายให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ แผ่นโลหะที่ตัดออกมานี้จะนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานต่อไป

2.2.2.2 Piercing

โดยทั่วไปเป็นขั้นตอนที่ต่อจาก blanking โดยจะตัดแผ่นโลหะให้เป็นรูตามตำแหน่งที่ต้องการบางครั้ง blanking และ piercing สามารถทำพร้อมกันได้ในขั้นตอน

2.2.2.3 Bending

เป็นการตัดพื้นผิวระนาบของโลหะทำมุมกันตั้งแต่หนึ่งมุมขึ้นไปโดยความหนาของแผ่นโลหะไม่เปลี่ยนแปลงและรัศมีการดัดจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

2.2.2.4 Drawing

เป็นการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยพั้นซ์เข้าไปในโพรงของดายโดยปราศจากการยืดของแผ่นโลหะ ดังนั้นช่องว่างระหว่างพั้นซ์และดายจะเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

2.2.2.5 Embossing

เป็นการขึ้นรูปแผ่นโลหะให้เป็นหลุมหรือปุ่มตื้นๆ โดยที่ความหนาไม่เปลี่ยนแปลง ปรกติทำแผ่นป้ายต่างๆ ที่มีตัวอักษรนูน

2.2.2.6 Coining

เป็นการขึ้นรูปแผ่นโลหะให้เป็นลวดโดยการบีบอัดแผ่นโลหะในแม่พิมพ์ปิด ลวดลายทั้งสองด้านจะไม่เหมือนกันก็ได้

2.2.2.7 Swaging

เป็นการขึ้นรูปโลหะโดยการบีบอัดในแม่พิมพ์เปิด โลหะจะสามารถไหลผ่านแม่พิมพ์ออกมาได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.8 Shaving

เป็นการตัดแต่งขอบแผ่นโลหะผ่านการ blanking หรือ piercing มาแล้ว

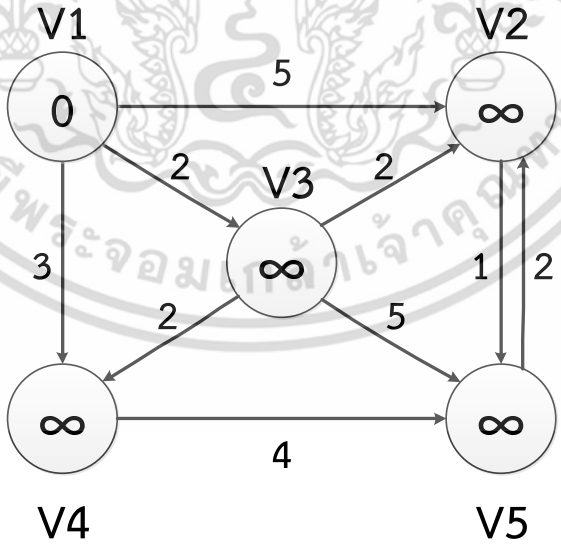
2.2.2.9 Trimming

เป็นการทำงานคล้าย blanking เพื่อตัดโลหะส่วนเกินออก วิธีนี้จะทำทีหลังสุด เมื่อแผ่นโลหะผ่านกรรมวิธีอื่นๆ

2.3 อัลกอริทึมดิจสตรา (Dijkstra Algorithm)

อัลกอริทึมดิจสตรา [4] เป็นวิธีที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยใช้ทิศทางและไม่ใช้ทิศทางในการค้นหา ซึ่งมีวิธีการคิดที่เข้าใจง่าย และมีประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทางจึงทำให้ได้รับความนิยม โดยเฉพาะการค้นหาเส้นทางระหว่างจุด 2 จุด (Shortest Path) หลักการคือเลือกเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดเท่าที่เห็นในขณะใดขณะหนึ่ง โดยอัลกอริทึมของดิจสตรานี้จะมองเห็นน้ำหนักของเส้นทางก็ต่อเมื่อเป็นเส้นทางที่เชื่อมต่อกับจุดที่ได้เลือกพิจารณาไว้ สำหรับเส้นทางที่ยังไม่ได้อยู่ติดกับจุดที่เลือกไว้ให้ถือว่ามีค่าเป็นอินฟินิตี้ และค่าน้ำหนักที่คิดเรียบร้อยแล้ว จะเป็นค่าของระยะทางจากจุดเริ่มต้น ไปยังทุกจุดในเครือข่ายที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งหลักการหาเส้นทางวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดเริ่มต้น โดยจุดเริ่มต้นแต่ละจุดจะให้ค่าที่คำนวณได้ไม่เหมือนกัน

ตัวอย่างการค้นหาเส้นทางของกราฟทั้งกราฟประกอบด้วยโหนด V1-V5 แทนตำแหน่งของโหนดทั้ง 5 โหนด โดยแต่ละโหนดมีเส้นเชื่อมต่อถึงกันเป็นเครือข่ายและให้แต่ละเส้นแทนเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดสองโหนด ซึ่งในแต่ละเส้นจะมีเลขกำกับไว้แทนค่าน้ำหนักของเส้นทางนั้นๆ ซึ่งกำหนดโหนดเริ่มต้นไว้ที่ V1 ดังรูปที่ 2.1

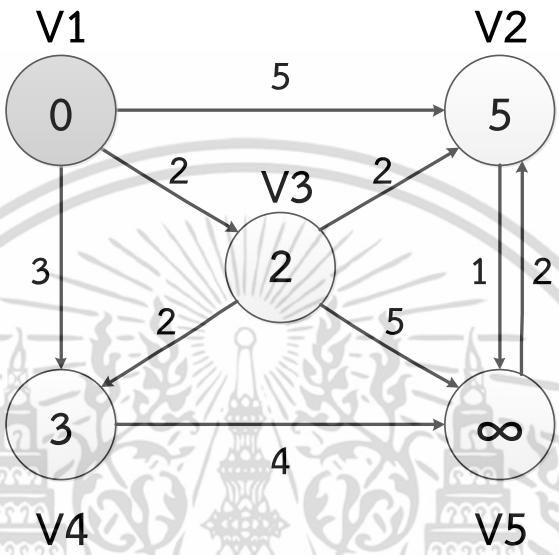


รูปที่ 2.1 เครือข่ายทั้งหมด และโหนดเริ่มต้น

เริ่มแรกยังไม่มีการเลือกเส้นทางใดเลย ระยะทางที่โหนดเริ่มต้น (V1) มีค่าเป็นศูนย์ ส่วนโหนดอื่นที่เหลือให้มีค่าเป็นอินฟินิตี้เนื่องจากยังไม่ทราบค่าระยะทางที่ไปยังโหนดดังกล่าวดังรูปที่ 2.1 เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

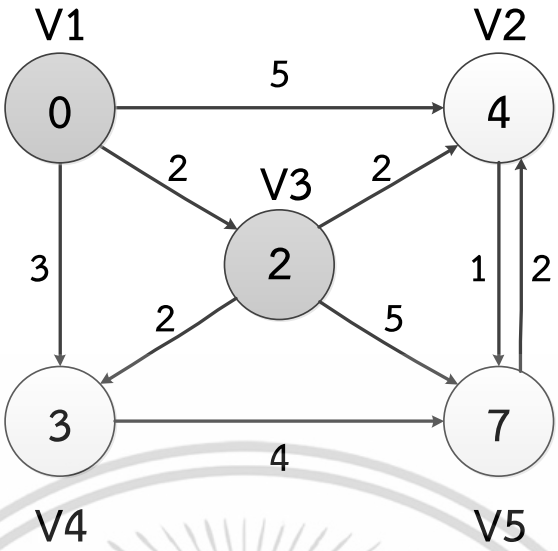
ทำการเลือกโหนดเริ่มต้นแล้วจะทำให้ทราบเส้นทางที่เชื่อมต่อ และทราบระยะทางที่คิดจากโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดข้างเคียง แล้วทำการเปรียบเทียบค่ารวมที่ได้กับค่าของเส้นทางที่ทราบแล้ว หลังจากนั้นจะทำการเลือกเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งตำแหน่งที่มีเส้นทางเชื่อมจากโหนด V1 คือ V2, V3, V4 โดยมีระยะทางที่เริ่มจาก V1 เป็น 5, 2, 3 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าเดิมแล้วยังไม่ทราบค่าคืออินฟินิตี ก็จะปรับค่าระยะทาง 5, 2, 3 เก็บในระยะทางที่ไปยังโหนด V2, V3, V4 ตามลำดับดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โหนดที่รู้ค่าระยะทางแล้ว

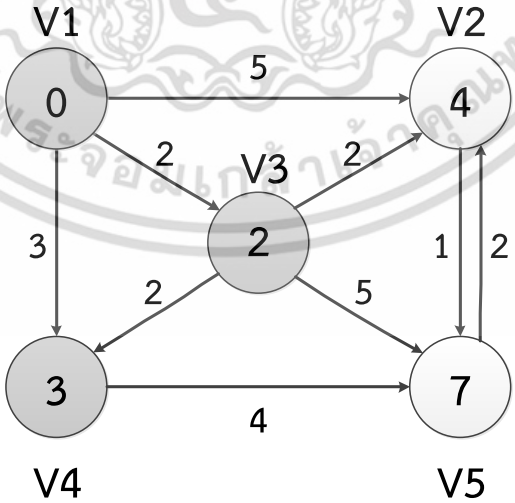
เมื่อทำการปรับค่าระยะทางเรียบร้อยแล้ว จะทำการเลือกเส้นทางที่มีค่าน้อยที่สุด ในแต่ละครั้งหลังปรับค่าระยะทางเรียบร้อยแล้ว โดยเส้นทางที่เลือกต้องไม่ใช้เส้นทางที่เชื่อมไปยังโหนดที่เลือกพิจารณาแล้ว ดังนั้นเมื่อทำการปรับค่าแล้ว จะมีเส้นทางที่นำไปเปรียบเทียบอยู่ 3 เส้นทาง คือเส้นทางจาก V1 ไปยัง V2, V3, V4 ซึ่งค่าระยะทางเป็น 5, 2, 3 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นว่าเส้นทางที่สั้นที่สุดในรอบนี้คือ V1 ไป V3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 จากนั้นทำการเลือก V3 ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โหนด V3 ที่ถูกเลือก และปรับค่าระยะทางใหม่

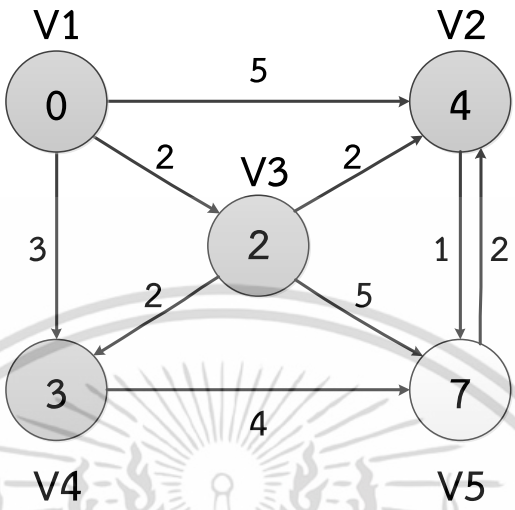
เมื่อเลือกโหนด V3 แล้วจะทำการปรับค่าระยะทางใหม่ เมื่อพิจารณาโหนด V3 สังเกตเห็นว่าการเดินทางจากโหนด V1 ไปยังโหนด V2 มีเส้นทางเดียว มีค่าเท่ากับ 5 แต่เมื่อทำการเลือก V3 แล้วทำให้มีเส้นทางเพิ่มขึ้นคือเส้นทางจาก V1 ผ่านทาง V3 ไปยัง V2 ซึ่งมีระยะทาง 2+2 = 4 จึงต้องมีการเปรียบเทียบระหว่างระยะทางใหม่กับระยะทางเดิม ซึ่งระยะทางใหม่มีค่าน้อยกว่าระยะทางเดิมอยู่ 1 ดังนั้นต้องทำการปรับค่าระยะทางใหม่ จะได้เส้นทางที่สั้นที่สุดจาก V1 ไป V2 มีค่าเป็น 4 โดยผ่านทาง V3 และทำการปรับค่าใหม่ต่อไปเรื่อยๆ จนครบตำแหน่งที่สามารถทราบค่าดังรูป 2.3 เมื่อทำการปรับค่าเรียบร้อยแล้ว จะทำการเลือกตำแหน่งที่มีค่าน้ำหนักของระยะทางน้อยที่สุดในรอบนี้ พบว่า V4 มีค่าน้ำหนักเป็น 3 ดังนั้นรอบนี้จะทำการเลือก V4 ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โหนด V4 ที่ได้รับการเลือก

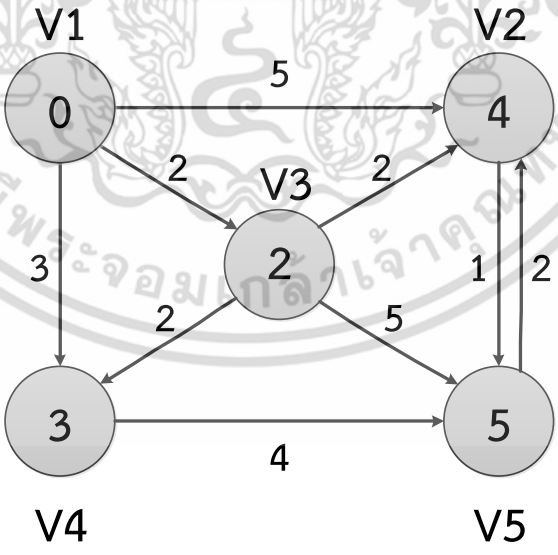
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นก็ทำการปรับค่าในรอบที่ 3 ซึ่งจะเลือกตำแหน่งที่ยังม่ถูกเลือก ได้แก่ V2 กับ V5 ซึ่งมีระยะทางเป็น 4 และ 7 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบเลือกค่าที่น้ำหนักน้อยที่สุดคือ V2 ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โหนด V2 ที่ได้ทำการเลือก และปรับค่าระยะทางใหม่

เมื่อทำการเลือกเส้นทางไปยังตำแหน่งต่างๆ ครบทุกโหนดในเครือข่ายแล้ว จะได้เส้นทางที่สั้นที่สุดดังรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถสรุปเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.6 ทุกโหนดในเครือข่ายที่ถูกเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

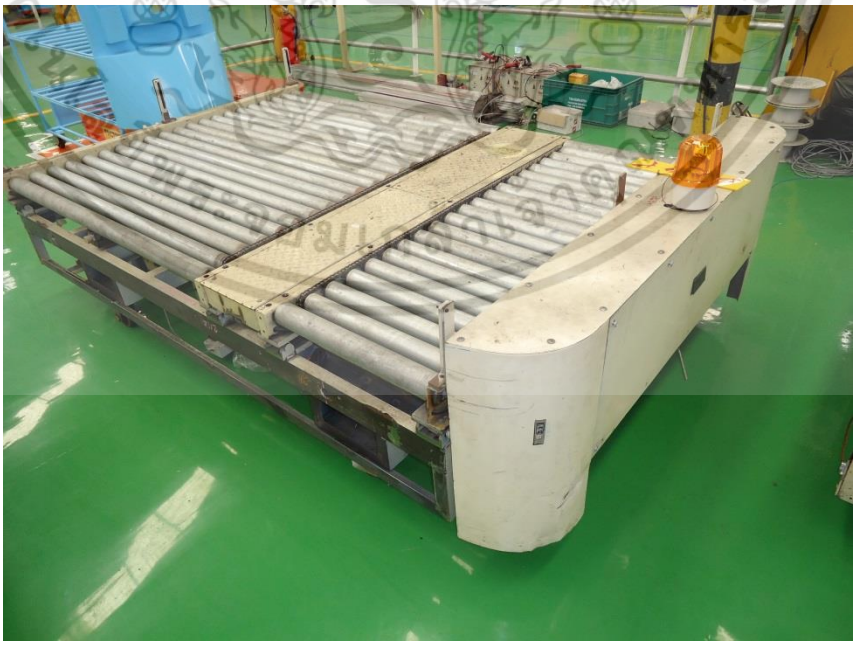
ตารางที่ 2.1 เส้นทางการเข้าถึงของแต่ละโหนด

โหนดปลายทาง	ระยะที่สั้นที่สุดคิดจาก v1	โหนดที่ต้องผ่าน
V1	0	0 (Start)
V2	4	V3
V3	2	V1
V4	3	V1
V5	5	V2

สำหรับการนำไปใช้ หากต้องการเส้นทางจาก V1 ไป V5 วิธีการหาคือ สังเกตค่าที่หาได้ของโหนดปลายทาง (V5) ซึ่งระยะทางที่สั้นที่สุดมีค่าเท่ากับ 5 ดังนั้นจะได้เส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด คือ V1, V3, V2 และ V5 ตามลำดับ

2.4 รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles)

รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ [2], [3] เป็นรถที่มีการขับเคลื่อนโดยไม่มีคนขับ ซึ่งเคลื่อนไปตามทางบนเส้นลวดที่ฝังไว้ใต้พื้นของโรงงาน เส้นทางที่กล่าวถึงอาจเป็นแบบแสง (Passive Fluorescent) หรือแบบแม่เหล็ก (Magnetic Line) ถูกทาสีบนพื้นหรือการใช้ลวดนำทาง (Active Guide Wire) ฝังไปในพื้น



รูปที่ 2.7 รถ AGV (Automated Guided Vehicles) หรือรถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ส่วนประกอบของ AGV

1. ส่วนของตัวรถ
2. ส่วนของตัวตรวจเช็คเส้นทาง (Guided Sensor)
3. ส่วนของตัวตรวจเช็คความปลอดภัย (Safety Sensor)
4. ส่วนของต้นกำลัง (Motor)
5. ส่วนของไฟฟ้าภายในตัวรถ (Power Supply)
6. ส่วนของอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics)
7. ส่วนของตัวควบคุม (Controller)

2.4.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ลดต้นทุนการผลิต
2. มีการวางแผนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. บริหารบุคลากรได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ
4. ลดอุบัติเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

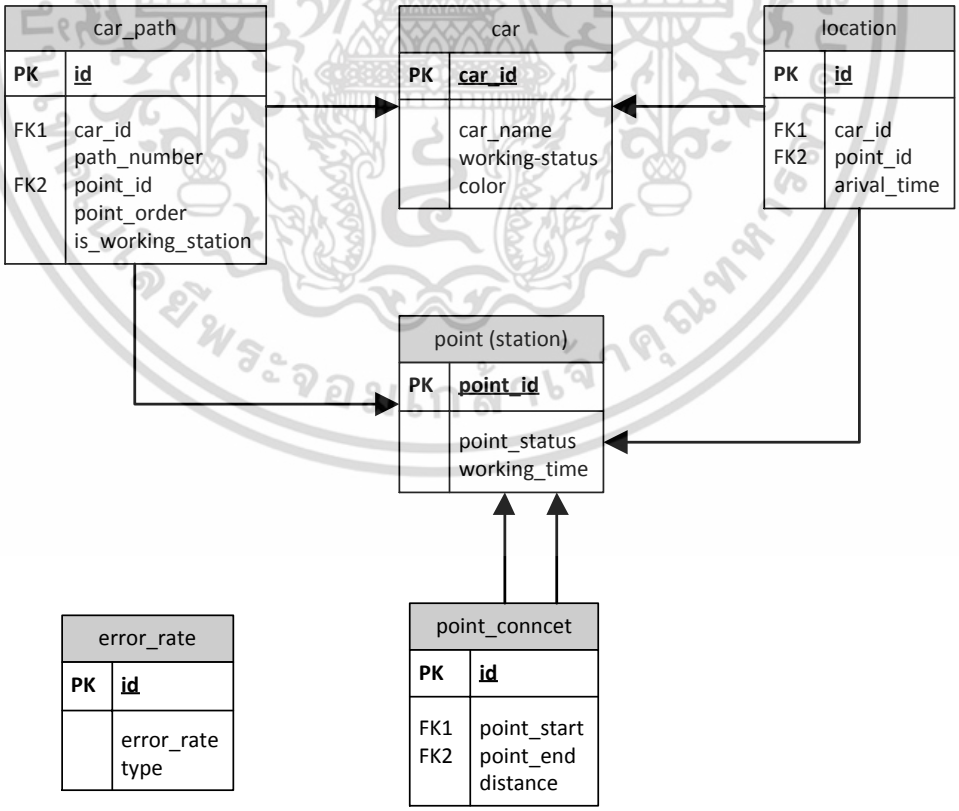
บทที่ 3
ระบบที่พัฒนา

3.1 บทนำ

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบระบบ โดยจำลองอุปกรณ์ชุดสวิตช์ที่ต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการออกแบบการทดลอง เพื่อจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงที่สุด โดยจำลองให้มีสวิตช์จำลองเป็นหน่วยตรวจวัดการมาถึงของตัวรถ AGV ในแต่ละสถานี แล้วส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผล เพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ เพื่อติดตามสถานะการส่งของรถแต่ละคัน บนเส้นทางจำลองที่กำหนดไว้

3.2 การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลของระบบ ประกอบไปด้วยตารางต่างๆ ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลและรูปแบบความสัมพันธ์ตารางกับตารางอื่น โดยแต่ละตารางจะประกอบไปด้วยคอลัมน์หรือ Field ต่างๆ ที่แสดงถึงโครงสร้างข้อมูลในตาราง รวมทั้ง Key แต่ละชนิดเพื่อบ่งบอกถึงคอลัมน์ที่มีความสัมพันธ์กับตารางอื่น โดยระบบนี้สามารถแบ่งได้เป็น 6 ตาราง ดังรูปที่ 3.1



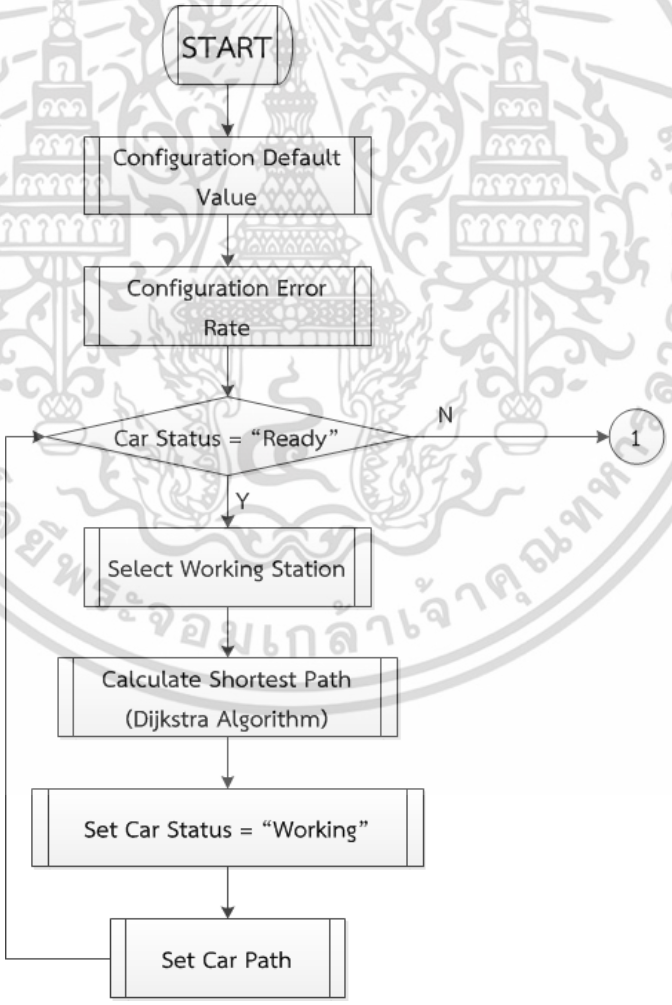
รูปที่ 3.1 Schema Design ของระบบจัดการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบดังกล่าวนี้ ภายในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย 6 ส่วนกล่าวคือ เส้นทางการเดินรถ รายละเอียดรถ รายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่ง ตำแหน่งของสถานีงาน ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุด และเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของเวลา

3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อแสดงผลต่างๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์

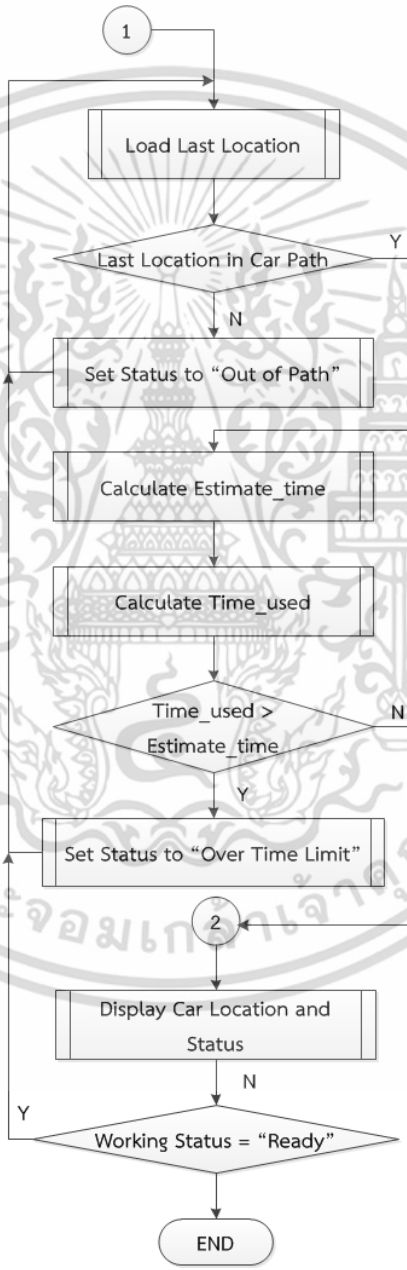
ผู้วิจัยได้นำสวิตช์ เพื่อจำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดสถานี บนแผนที่ หลังจากที่ระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแล้ว โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุดตามเส้นทางที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ ผู้วิจัยต้องการให้ระบบแสดงสถานะต่างๆที่สามารถจะเกิดขึ้นได้ในระบบ และสถานะการจริง โดยจะแบ่งการทดลองเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรม และส่วนแสดงผลไปตามสถานการณ์ของรถ AGV ที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งสามารถสรุปการทำงานของระบบเป็นแผนผังได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบสำหรับผู้วางแผนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้งานจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ของระบบ ได้แก่ สถานีในระบบ ระยะห่างระหว่างสถานี ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ ทำการตั้งค่าอัตราความผิดพลาด (Error Rate) ของเวลา เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของเวลา ซึ่งจะต้องทำการเลือกรถที่มีสถานะเป็น "Ready" ซึ่งหมายถึงพร้อมใช้งาน เพื่อที่จะตั้งค่าเส้นทางการเดินทาง หลักจากนั้นเลือกเส้นทางการเดินทางให้รถแต่ละคัน โดยเส้นทางจะคำนวณจาก Dijkstra Algorithm และเปลี่ยนสถานะรถเป็น "Working" เพื่อให้พร้อมทำงาน และบันทึกเส้นทางรถลงในฐานข้อมูล โดยผู้ใช้สามารถแก้ไขการตั้งค่าต่างๆ ได้ โดยการกดปุ่มแก้ไข ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงการทำงานของระบบสำหรับการแสดงผล

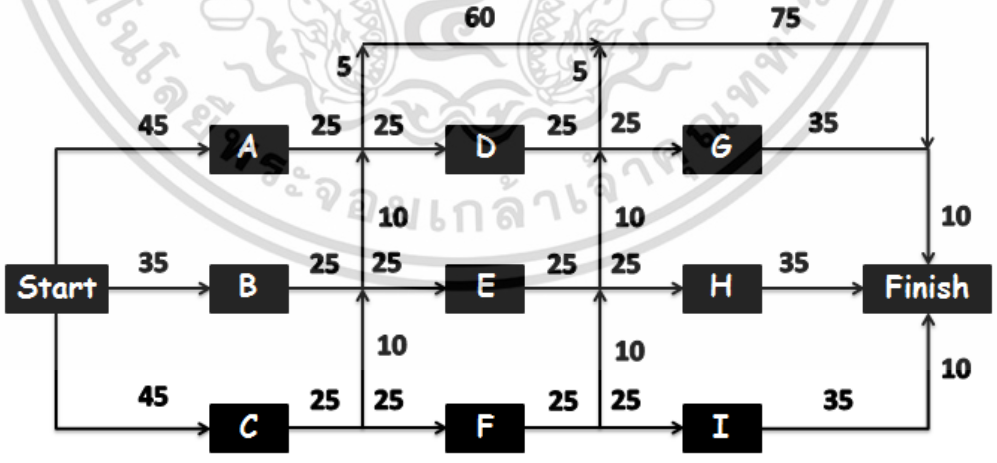
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนหน้าจอแสดงผลลัพธ์ (Monitor) จะมีการแสดงผลการเดินทางของรถ สำหรับรถที่สถานะไม่ใช่ Working จะไม่มีการคำนวณเส้นทาง เพราะจะต้องผ่านการตั้งค่าจากหน้า Planner ก่อน สำหรับรถที่สถานะเป็น "Working" จะมีการคำนวณสถานะของรถ และทำการดึงข้อมูลตำแหน่งล่าสุดของรถแต่ละคันจากฐานข้อมูล คำนวณตำแหน่งล่าสุดของรถอยู่ในแส้นทางหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ระบบเปลี่ยนสถานะการติดตามรถเป็นออกนอกเส้นทาง (Out of Path) แล้วรอให้หน้าเว็บไซต์โหลดตำแหน่งมาใหม่ หากยังอยู่ในเส้นทาง ระบบจะคำนวณเวลาประมาณการโดยคำนวณจากเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ค่าความคลาดเคลื่อนของเวลา และเวลาที่ใช้ในการดำเนินการในสถานี หลังจากนั้นหาค่าเวลาที่ใช้จริงโดยหาจากเวลาปัจจุบันหักด้วยเวลาล่าสุดที่ส่งตำแหน่ง หากเวลาที่ใช้จริงมากกว่าเวลาประมาณการ หมายความว่ารถคันนี้ใช้เวลาระหว่างทางเกินเวลาที่กำหนดซึ่งอาจหมายความว่ารถเสียหรือเส้นทางมีปัญหา หรือสถานีมีปัญหา เป็นต้น ระบบจะเปลี่ยนสถานะการติดตามรถเป็น "Over Time Limit" แต่ถ้าเวลาน้อยกว่า ก็แสดงผลบนแผนที่ จนกระทั่งรถเข้าสู่จุดสุดท้ายของแผนที่ รถก็จะถูกเปลี่ยนสถานะเป็น Ready เพื่อเป็นการบ่งสถานะของรถว่าพร้อมที่จะใช้สำหรับงานต่อไป

3.4 การทดลองเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรมคำนวณบนหน้าจอวางแผน

ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยต้องการให้ระบบที่โปรแกรมออกมา สามารถคำนวณหาเส้นทางขนส่งที่สั้นที่สุดในการขนส่งผ่านอัลกอริทึม ดิจสตรา เพื่อส่งออกเป็นผังเส้นทางที่สั้นที่สุด ไปยังส่วนบังคับรถ AGV เพื่อให้รถ ดำเนินการขนส่งไปยังเส้นทางที่สั้นที่สุดที่โปรแกรมคำนวณส่งค่าออกมา

เพื่อให้ทราบให้ได้ว่า ทางระบบสามารถส่งค่าเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงต้องคำนวณหาระยะทางรวมและเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ต้องใช้ในการขนส่งไปในแต่ละสถานีเสียก่อน เพื่อนำมาเทียบกับ ผลการคำนวณที่ได้จากระบบ โดยผู้วิจัยจำลองออกแบบระบบขนส่งออกเป็น 11 สถานีย่อย ซึ่งมีระยะห่างที่เป็นเส้นทางในการเดินทางระหว่างสถานีดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงสถานี และระยะทางระหว่างสถานี

โดยที่เส้นทางที่สั้นที่สุดในการจะขนส่งวัตถุดิบไปยังแต่ละสถานีผ่านการคำนวณโดยสามารถสรุปออกมาดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 เส้นทางการเดินรถ และระยะทาง

Path 1	ST >> B >> E >> H >> FN	; 170 m.
Path 2	ST >> A >> D >> FN	; 185 m.
Path 3	ST >> B >> D >> FN	; 185 m.
Path 4	ST >> A >> D >> G >> FN	; 190 m.
Path 5	ST >> B >> D >> G >> FN	; 190 m.
Path 6	ST >> B >> E >> G >> FN	; 190 m.
Path 7	ST >> C >> E >> H >> FN	; 190 m.
Path 8	ST >> C >> F >> H >> FN	; 190 m.
Path 9	ST >> C >> F >> I >> FN	; 190 m.
Path 10	ST >> B >> E >> F >> FN	; 210 m.
Path 11	ST >> C >> D >> G >> FN	; 210 m.
Path 12	ST >> C >> E >> G >> FN	; 210 m.
Path 13	ST >> C >> F >> G >> FN	; 210 m.
Path 14	ST >> A >> FN	; 220 m.
Path 15	ST >> B >> FN	; 220 m.
Path 16	ST >> C >> D >> FN	; 230 m.
Path 17	ST >> C >> E >> FN	; 230 m.
Path 18	ST >> C >> F >> FN	; 230 m.
Path 19	ST >> C >> FN	; 240 m.

โดยผู้วิจัยจะทดลองกำหนดจุดสถานีปลายทางที่ต้องการให้รถ AGV ขนส่งไปวัตถุดิบและให้โปรแกรมทำการประมวลผลส่งค่าเป็นเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุดที่เป็นไปตามเส้นทางที่ผู้วิจัยคำนวณในสถานีปลายทางเดียวกัน พร้อมทั้งสามารถส่งค่าที่ได้ ไปยังโปรแกรมออกคำสั่งการเดินรถเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้

3.5 การทดลองเพื่อแสดงเส้นทางสำรองของการเดินรถ และแนวคิดในการจัดการจราจร

นอกจากระบบสามารถคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิจสตราแล้ว ระบบยังสามารถแสดงเส้นทางสำรองจึงมีความสะดวกต่อผู้วางแผนการผลิต ในกรณีที่ผู้วางแผนการผลิตนั้นต้องทำการควบคุมระบบการขนส่งด้วยตนเอง สำหรับการจัดการจราจรของรถ AGV ระหว่างทำการส่ง และรับชิ้นส่วนยานยนต์นั้น ผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากหลักการของการจัดการจราจรของระบบเน็ตเวิร์ค (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance; CSMA/CA) กล่าวคือเป็นการตรวจสอบการชนกันของสัญญาณในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณ ซึ่งจะหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการชนกันโดยสถานีผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะต้องรอรับข้อมูลจากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้ หากไม่ได้รับข้อมูลกลับมาภายในเวลาที่กำหนดจะถือว่าเกิดการชนของสัญญาณขึ้น ดังนั้นจะต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำอีกต่อไปจนกว่าจะมีการรับของข้อมูลเกิดขึ้น ดังนั้นการจัดการจราจรสำหรับระบบนี้ เมื่อรถถึงสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานระบบจะทำการตรวจสอบการชนกันของรถ ณ ทางแยกก่อน หากพบว่ารถจะไม่พบปัญหาการชนกัน รถจึงจะเคลื่อนที่ออกจากสถานี แต่ถ้าหากรถมีโอกาสที่จะเกิดการชนกัน รถคันที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ก่อนนั้นจะทำการเคลื่อนที่ไปยังสถานีต่อไป ส่วนรถคันที่รอนั้นจะต้องรอยังสถานีที่ได้ทำการหยุดจนกว่าจะมีการสั่งให้รถคันที่รอสามารถทำงานต่อได้ เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้าสำหรับการจัดการปัญหาการจราจรนั้น คือ เมื่อรถแต่ละคันกำลังจะเคลื่อนที่เข้าใกล้ทางแยกรถจะทำการลดความเร็วลงและคำนวณหาลำดับความสำคัญของรถที่จะได้สิทธิ์ในการเคลื่อนที่ผ่านไปก่อน ซึ่งอาจจะ เกิดข้อผิดพลาดเกิดการชนกันได้หากเกิดความผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูลระหว่างรถและระบบกลาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความแม่นยำในการแก้ไขปัญหาของรถอาจจะมีการชนกันได้มากขึ้น

3.6 การทดลองเพื่อให้ระบบติดตามแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV

ในการทดลองหัวข้อย่อยนี้ ทางผู้วิจัยต้องการให้โปรแกรมติดตามการเดินทางของรถ AGV สามารถแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV ที่ได้ลงทะเบียนการใช้งานในระบบว่าในขณะที่ระบบขนส่งดำเนินการอยู่ รถแต่ละคันมีสถาน การดำเนินงานเป็นเช่นไร

โดยในการทดลองผู้ทดลองจะทำการกำหนดจุดหมายที่ต้องการให้รถ AGV ที่มีสถานะพร้อมใช้งานนำวัตถุดิบหรือชิ้นงานไปส่ง ซึ่งในส่วนของโปรแกรมเลือกเส้นทาง ก็จะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดพร้อมกับให้รถ AGV ดำเนินการขนส่งตามขั้นตอน

ผู้วิจัยได้นำสวิตช์จำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดบนแผนที่หลังจากที่ระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแล้ว โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุดตามเส้นทางที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ โดยที่ผู้วิจัยจะใช้การปรับเวลาการกดปุ่มแทนการมาถึงของรถ AGV ดังกล่าว เพื่อให้เกิดเป็นเหตุการณ์จำลองต่างๆของรถ โดยจะมีสถานะที่แสดงบนอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ดังต่อไปนี้

1. สถานะพร้อมใช้: ในขณะที่รถไม่ได้ทำงาน รถที่ลงทะเบียนไว้และรอคำสั่งส่งวัตถุดิบจะต้องแสดงสถานะ พร้อมใช้งาน ทั้งในหน้าสำหรับเพจการวางแผนขนส่ง และหน้าเพจการติดตามผลการดำเนินงาน เพื่อให้ผู้ควบคุมระบบทราบถึงจำนวนรถที่พร้อมใช้งานเพื่อดำเนินการวางแผนต่อไป

2. สถานะขณะดำเนินงาน: จะแบ่งย่อยได้ตามสถานการณ์ในขณะที่ตัวรถ AGV ทำการขนส่งวัตถุดิบหรือชิ้นงานดังนี้

2.1 เมื่อรถวิ่งในเส้นทางที่กำหนดตามเวลา: เมื่อรถ AGV ได้รับเส้นทางจากหน้าวางแผนการขนส่ง รถ AGV ก็จะมีกำหนดเวลาประมาณที่รถจะต้องวิ่งผ่านในแต่ละสถานี ทางผู้วิจัย จะทดลองด้วยการกดปุ่มที่เป็นจุดผ่านตามเส้นทางและเวลาที่กำหนดไว้ โดยที่หน้าการติดตามผลการทำงานของรถ AGV จะต้องแสดงสถานะการทำงานว่า กำลังทำงานอยู่พร้อมทั้งแสดงเส้นทางในแผนของตัวรถ ตำแหน่งสถานีล่าสุดที่ผ่าน สถานีที่กำลังเดินทางไป และเวลาการดำเนินงานที่ใช้ทั้งหมดตามเส้นทาง

2.2 เมื่อรถวิ่งออกนอกเส้นทางที่กำหนด: เมื่อรถมีการเปลี่ยนเส้นทางไม่ว่าจะยังสามารถขนส่งได้ตามปกติหรือไม่ก็ตาม ทางผู้วิจัยจะทำการจำลองด้วยการกดปุ่มรับการมาถึง ณ เส้นทางที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างออกไปจากเส้นทางที่กำหนดตั้งแต่หน้าวางแผน ระบบจะต้องแสดงผลแจ้งเตือนให้ผู้ควบคุมระบบให้ทราบถึงความผิดพลาดในการขนส่งผ่านทางข้อความเตือนบนหน้าติดตามผลบนอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ เพื่อให้ส่งผู้เกี่ยวข้องเข้าไปดูแลตัวรถที่เกิดปัญหาในทันที

2.3 เมื่อรถวิ่งผ่านจุดแต่ละจุดช้ากว่าเวลาที่ระบบคำนวณไว้: ในกรณีที่รถผ่านตรวจวัดการมาถึงของรถ ช้ากว่าที่ระบบประมาณเอาไว้เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ (แล้วแต่ทางผู้ควบคุมพิจารณากำหนด) นั่นคือทางผู้วิจัย จะกดปุ่มรับข้อมูลการมาถึงของรถช้ากว่าที่คำนวณไว้เกินค่าที่ยอมรับได้ ระบบจะต้องแสดงผลการเคลื่อนที่ของรถดังกล่าวไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ ว่ารถอาจมีความผิดปกติในการขนส่ง แต่ยังสามารถปฏิบัติการได้อยู่ โดยระบบก็จะคำนวณเวลาที่คาดว่าจะไปถึงยังจุดหมายใหม่ พร้อมทั้งแสดงสถานะแจ้งให้ผู้ควบคุมระบบตรวจสอบเพื่อตรวจเช็คตัวรถ หรือเส้นทางที่ทำให้เกิดการขนส่งที่ช้ากว่าค่าที่ยอมรับได้ เพื่อปรับแก้ไขในภายหลังต่อไป

2.4 สถานการทำงานพร้อมกันของรถทุกคันในระบบ: ระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถแสดงผลการทำงานของรถขนส่งตามสถานะต่างๆดังที่กล่าวมาข้างต้นได้พร้อมกัน โดยผู้วิจัยจะทำการสั่งงานรถขนส่งทุกตัวในระบบ (ผู้วิจัยจำลองไว้มากสุดที่ 4 คัน) ไปยังจุดหมายต่างๆ แล้วตัวระบบสามารถแสดงสถานะการทำงานขนส่งของรถทุกคันที่ปล่อยลงระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบการทดลอง

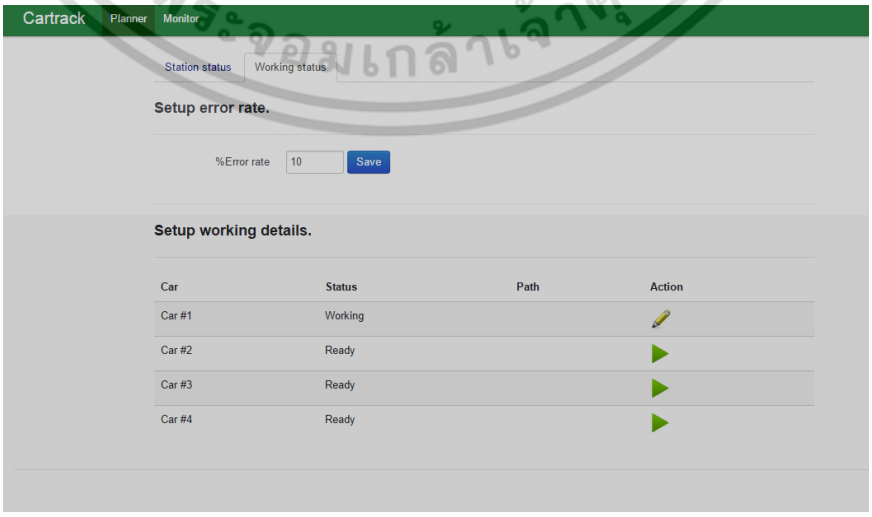
4.1 บทนำ

ผู้วิจัยได้นำสวิตช์จำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดสถานี บนแผนที่ หลังจากที่ระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านระบบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้อัลกอริทึ่ม ดิจสตรา ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่ง โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุดตาม เส้นทางที่สั้นที่สุดที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ ผู้วิจัยต้องการให้ระบบแสดงสถานะต่างๆที่ สามารถจะเกิดขึ้นได้ในระบบ และสถานะการจริง โดยจะแบ่งการทดลองเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วน ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรม และส่วนแสดงผลไปตามสถานการณ์ของรถ AGV ที่ สามารถเกิดขึ้นได้

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 การทดลองเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และเส้นทางสำรองผ่านโปรแกรมคำนวณบนหน้าจอวางแผน

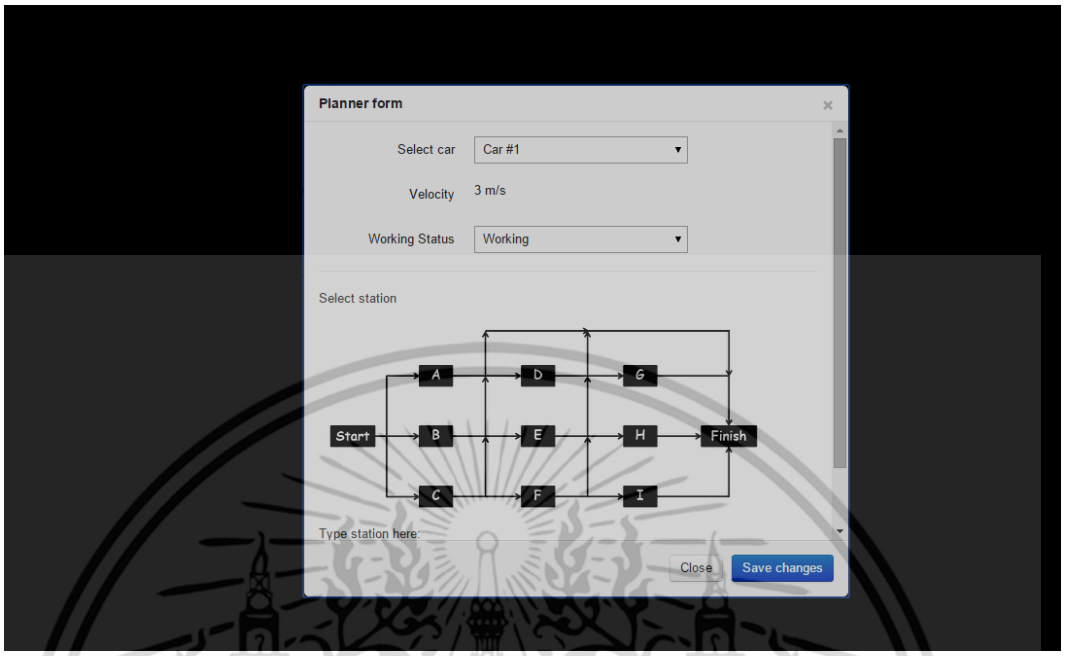
ผู้วิจัยได้เริ่มกระบวนการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยเริ่มจากหลังจากที่ทำการตั้งค่าในส่วน ของตัวคอนโทรลเลอร์ และชุดวงจรจำลองการรับค่าการมาถึงของรถ AGV เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการกำหนดให้โปรแกรมคำนวณเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยในการทดลองนี้ ผู้วิจัย เลือกให้รถ AGV ไปส่งชิ้นงานที่สถานี C และ G ตามลำดับ โดยที่ตั้งค่าเวลาคลาดเคลื่อนไว้ที่ 10% ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หน้าหลัก (สำหรับผู้วางแผนการผลิต)

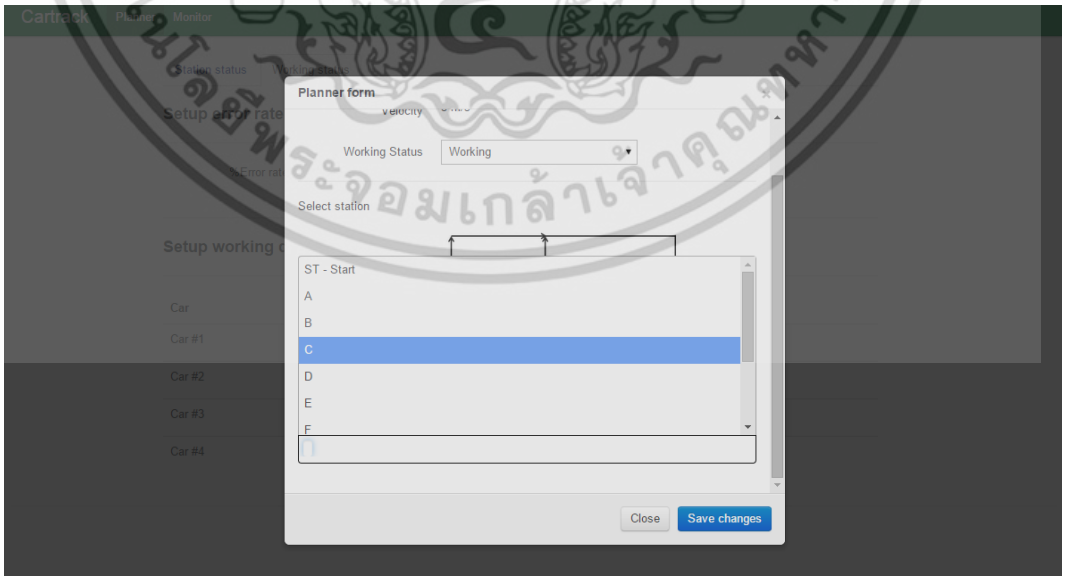
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นผู้วางแผนการผลิตทำการตั้งค่าโดยการเลือกรถ และกำหนดสถานะของรถ ดังรูปที่ 4.2



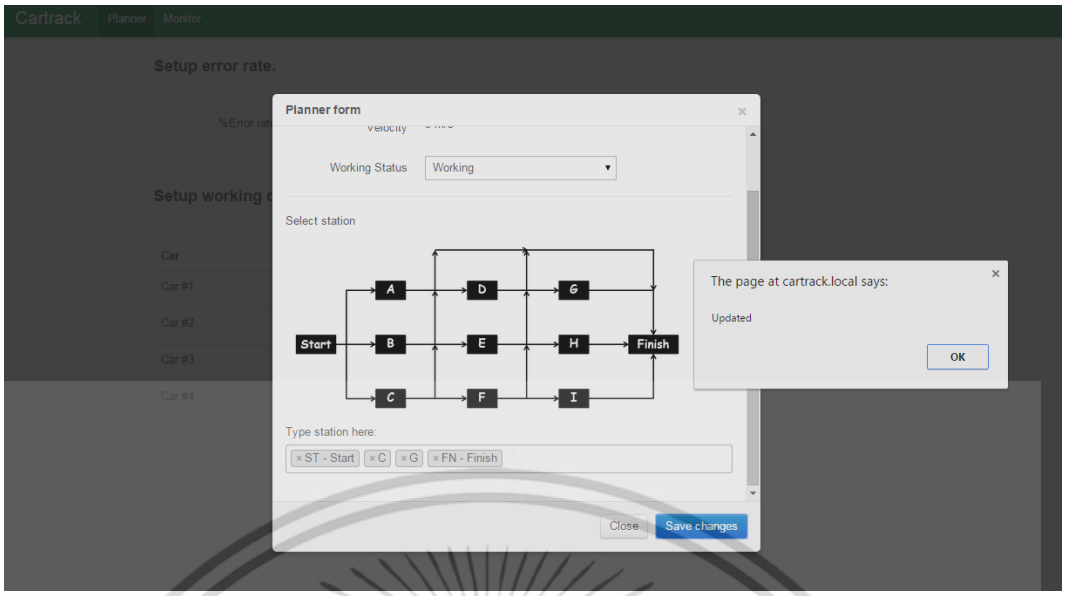
รูปที่ 4.2 การตั้งค่าสำหรับผู้วางแผนการผลิต

ผู้วางแผนการผลิตจะต้องทำการเลือกสถานีงานที่ต้องการจะส่งชิ้นส่วนยานยนต์ ดังรูปที่ 4.3 หลังจากนั้นจะต้องทำการยืนยันเส้นทางเพื่อให้ระบบคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 การเลือกสถานีงานสำหรับผู้วางแผนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



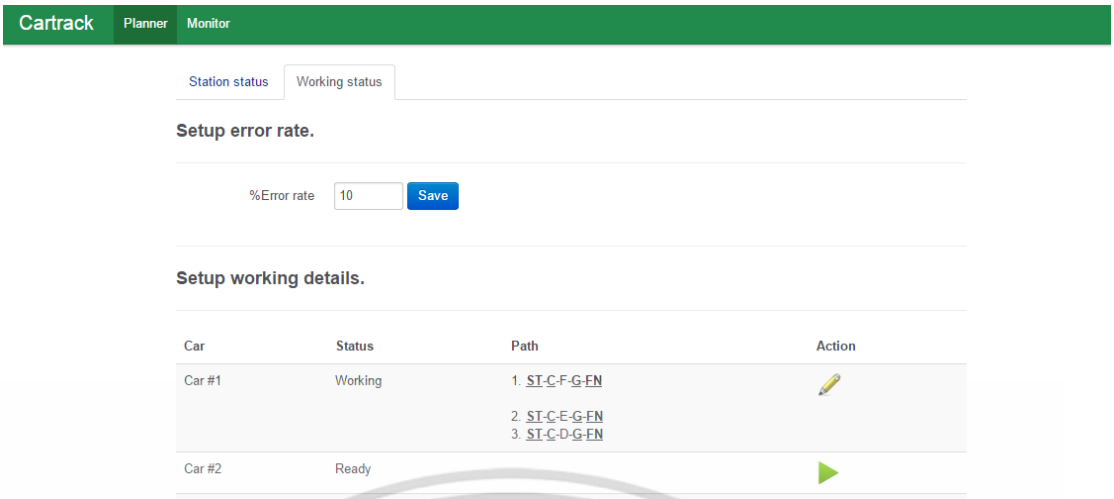
รูปที่ 4.4 ยืนยันเส้นทางที่ได้ทำการเลือก

เมื่อผู้วิจัยได้สั่งงานให้ระบบคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ระบบจะตัดสินใจเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยทันที โดยเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นเส้นทางหลัก และเลือกเส้นทางสำรองไม่เกิน 2 เส้นทางดังรูปที่ 4.5 โดยเส้นทางสำรองจะคำนวณจากการนำเส้นทางที่สั้นที่สุดมาตัดสถานีที่เป็นทางผ่านออกครั้งละสถานี และทำซ้ำกับเส้นทางสำรองจนกว่าจะได้ 2 เส้นทาง โดยในที่นี้จะได้เส้นทางดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เส้นทางการเดินรถ และระยะทางสำหรับเส้นทางหลักที่ใช้ และเส้นทางสำรอง 2 ลำดับ

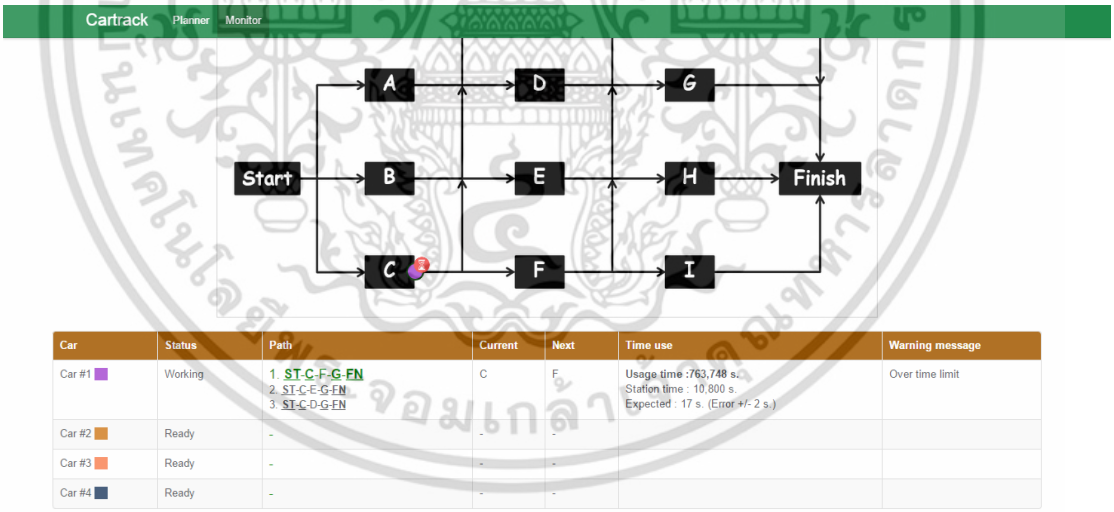
เส้นทางหลัก	ST >> C >> F >> G >> FN	; 210 m.
สำรอง 1	ST >> C >> E >> G >> FN	; 210 m.
สำรอง 2	ST >> C >> D >> G >> FN	; 210 m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 หน้าหลัก (สำหรับผู้วางแผนการผลิต) หลังจากทำการตั้งค่าแล้ว

จากนั้น ระบบจะส่งเส้นทางที่สั้นที่สุดไปยังหน้าของการติดตามผลการทำงานพร้อมเริ่มงานทันที โดยเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ระบบเลือกคือ จากจุดเริ่ม ไปที่สถานี C และทำการหยุดเพื่อทำการขนถ่ายชิ้นส่วนเป็นเวลาสองนาทีดังรูปที่ 4.6 ก่อนที่รถจะวิ่งไปผ่านสถานี F เพื่อไปยังสถานี G เพื่อส่งชิ้นส่วนสุดท้ายก่อนไปยังจุดสิ้นสุด



รูปที่ 4.6 หน้าจอผลลัพธ์

ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับการคำนวณเพื่อหาระยะโดยผู้วิจัย จะเห็นได้ว่า ตัวโปรแกรมได้เลือกเส้นทางด้วยระยะที่สั้นที่สุดที่ 210 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Path 1	ST >> B >> E >> H >> FN	; 170 m.
Path 2	ST >> A >> D >> FN	; 185 m.
Path 3	ST >> B >> D >> FN	; 185 m.
Path 4	ST >> A >> D >> G >> FN	; 190 m.
Path 5	ST >> B >> D >> G >> FN	; 190 m.
Path 6	ST >> B >> E >> G >> FN	; 190 m.
Path 7	ST >> C >> E >> H >> FN	; 190 m.
Path 8	ST >> C >> F >> H >> FN	; 190 m.
Path 9	ST >> C >> F >> I >> FN	; 190 m.
Path 10	ST >> B >> E >> F >> FN	; 210 m.
Path 11	ST >> C >> D >> G >> FN	; 210 m.
Path 12	ST >> C >> E >> G >> FN	; 210 m.
Path 13	ST >> C >> F >> G >> FN	; 210 m.
Path 14	ST >> A >> FN	; 220 m.
Path 15	ST >> B >> FN	; 220 m.
Path 16	ST >> C >> D >> FN	; 230 m.
Path 17	ST >> C >> E >> FN	; 230 m.
Path 18	ST >> C >> F >> FN	; 230 m.
Path 19	ST >> C >> FN	; 240 m.

4.2.2 **การทดลองเพื่อให้ระบบติดตามแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV**

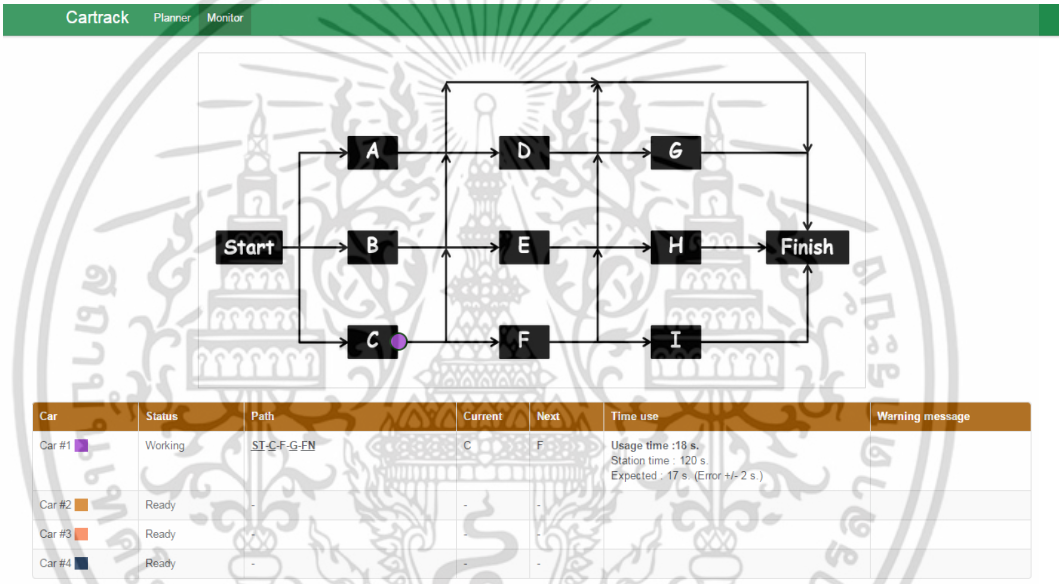
เนื่องจากการทดลองที่แล้ว ทางผู้วิจัยต้องการให้โปรแกรมติดตามการเดินทางของรถ AGV สามารถแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV ที่ได้ลงทะเบียนการใช้งานในระบบว่าในขณะที่ระบบขนส่งดำเนินการอยู่ รถแต่ละคันมีสถานะการดำเนินงานเป็นเช่นไร

โดยในการทดลองที่แล้วผู้ทดลองจะได้เส้นทางที่สั้นที่สุด เพื่อให้รถรถ AGV ที่มีสถานะพร้อมใช้งานที่เลือกไว้นำวัตถุดิบหรือชิ้นงานดำเนินการขนส่งตามขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้นำสวิตช์จำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดบนแผนที่ หลังจากที่ระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแล้ว โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุดตามเส้นทางที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ โดยที่ผู้วิจัยจะใช้การปรับเวลาการกดปุ่มแทนการมาถึงของรถ AGV ดังกล่าว เพื่อให้เกิดเป็นเหตุการณ์จำลองต่างๆ ของรถ โดยจะมีสถานะที่แสดงบนอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ดังต่อไปนี้

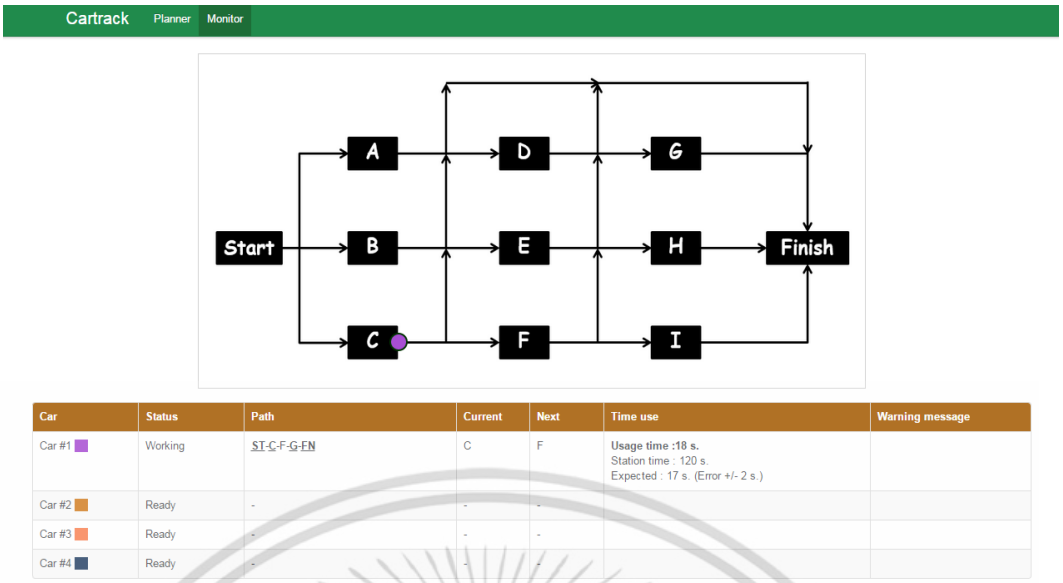
1. สถานะพร้อมใช้: ในขณะที่รถไม่ได้ทำงาน รถที่ลงทะเบียนไว้และรอคำสั่งส่งวัตถุดิบจะแสดงสถานะ พร้อมใช้งาน ทั้งในหน้าสำหรับเพจการวางแผนขนส่ง และหน้าเพจการติดตามผลการดำเนินงาน เพื่อให้ผู้ควบคุมระบบทราบถึงจำนวนรถที่พร้อมใช้งานเพื่อดำเนินการวางแผนต่อไป ดังเช่น รถAGV หมายเลข 2 ถึงหมายเลข 4 (Car #2 ไปจนถึง Car #4)



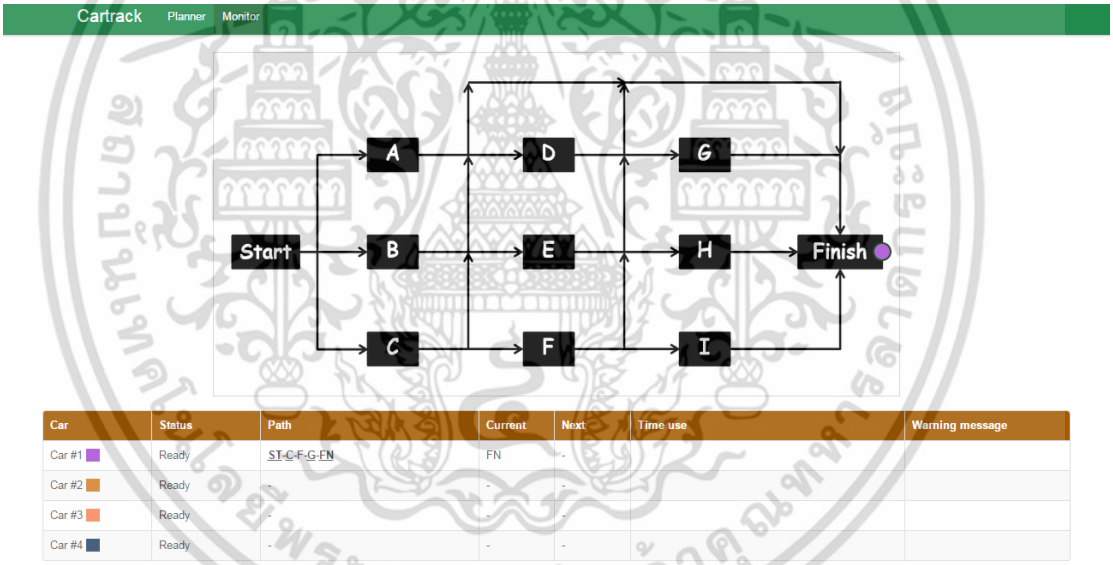
รูปที่ 4.7 หน้าจอผลลัพธ์สถานะขณะที่รถกำลังวิ่ง

2. สถานะขณะดำเนินงานเมื่อรถวิ่งในเส้นทางที่กำหนดตามเวลา: เมื่อรถ AGV ได้รับเส้นทางจากหน้าวางแผนการขนส่ง รถ AGV ก็จะมีกำหนดเวลาประมาณที่รถจะต้องวิ่งผ่านในแต่ละสถานี ทางผู้วิจัย ทดลองด้วยการกดปุ่มที่เป็นจุดผ่านตามเส้นทางและเวลาที่กำหนดไว้ โดยที่หน้าการติดตามผลการทำงานของรถ AGV จะต้องแสดงสถานะการทำงานว่า กำลังทำงานอยู่ พร้อมทั้งแสดงเส้นทางในแผนของตัวรถ ตำแหน่งสถานีล่าสุดที่ผ่าน สถานีที่กำลังเดินทางไป และเวลาการดำเนินงานที่ใช้ทั้งหมดตามเส้นทางจนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดในแผนที่ดังรูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



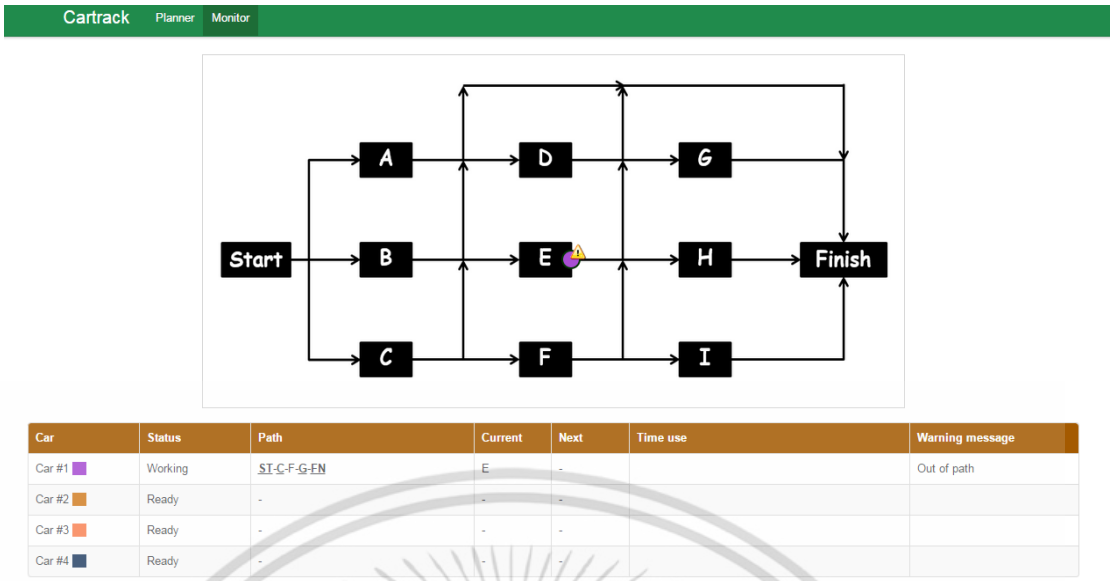
รูปที่ 4.8 หน้าจอผลลัพธ์ตำแหน่งปัจจุบัน และตำแหน่งต่อไปของรถ



รูปที่ 4.9 หน้าจอผลลัพธ์สถานะของรถเมื่อสิ้นสุดการทำงาน

3. เมื่อรถวิ่งออกนอกเส้นทางที่กำหนด: เมื่อรถมีการเปลี่ยนเส้นทางไม่ว่าจะยังสามารถขนส่งได้ตามปกติหรือไม่ก็ตาม ทางผู้วิจัยทำการจำลองด้วยการกดปุ่มรับการมาถึง ณ เส้นทางที่แตกต่างออกไปจากเส้นทางที่กำหนดตั้งแต่หน้าวางแผน ระบบจะต้องแสดงผลแจ้งเตือนให้ผู้ควบคุมระบบให้ทราบถึงความผิดพลาดในการขนส่งผ่านทางข้อความเตือนบนหน้าติดตามผลบนอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ เพื่อให้ส่งผู้เกี่ยวข้องเข้าไปดูแลตัวรถที่เกิดปัญหาในทันทีดังรูปที่ 4.10

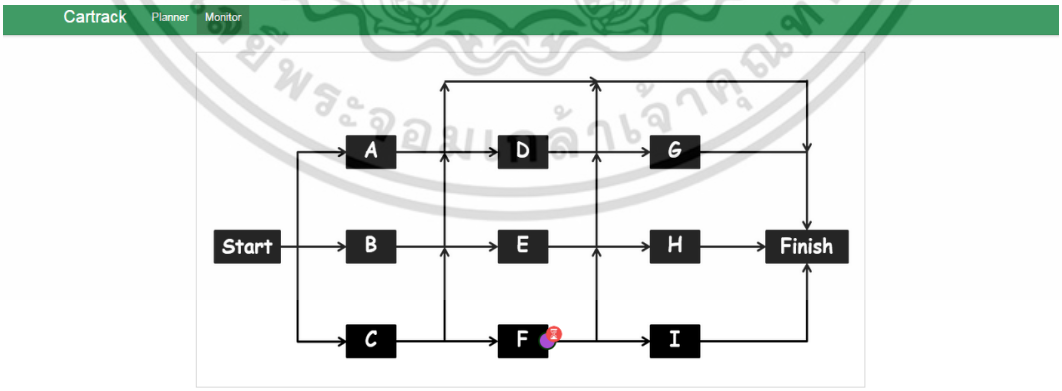
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Car	Status	Path	Current	Next	Time use	Warning message
Car #1	Working	ST-C-F-G-FN	E	-		Out of path
Car #2	Ready	-	-	-		
Car #3	Ready	-	-	-		
Car #4	Ready	-	-	-		

รูปที่ 4.10 หน้าจอผลลัพธ์สถานะของรถเมื่อรถได้ทำการออกนอกเส้นทาง

4. เมื่อรถวิ่งผ่านจุดแต่ละจุดช้ากว่าเวลาที่ระบบคำนวณไว้: ในกรณีที่รถผ่านตรวจวัดการมาถึงของรถ ช้ากว่าที่ระบบประมาณเอาไว้เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ (แล้วแต่ทางผู้ควบคุมพิจารณากำหนด) นั่นคือทางผู้วิจัย จะกดปุ่มรับข้อมูลการมาถึงของรถช้ากว่าที่คำนวณไว้เกินค่าที่ยอมรับได้ ระบบจะต้องแสดงผลการเคลื่อนที่ของรถดังกล่าวไปยังอินเทอร์เน็ตบราวเซอร์ ว่ารถอาจมีความผิดปกติในการขนส่ง แต่ยังสามารถปฏิบัติการได้อยู่ โดยระบบก็จะคำนวณเวลาที่คาดว่าจะไปถึงยังจุดหมายใหม่ พร้อมทั้งแสดงสถานะแจ้งให้ผู้ควบคุมระบบตรวจสอบเพื่อตรวจเช็คตัวรถ หรือเส้นทางที่ทำให้เกิดการขนส่งที่ช้ากว่าค่าที่ยอมรับได้ เพื่อปรับแก้ไขในภายหลังต่อไปดังรูปที่ 4.11



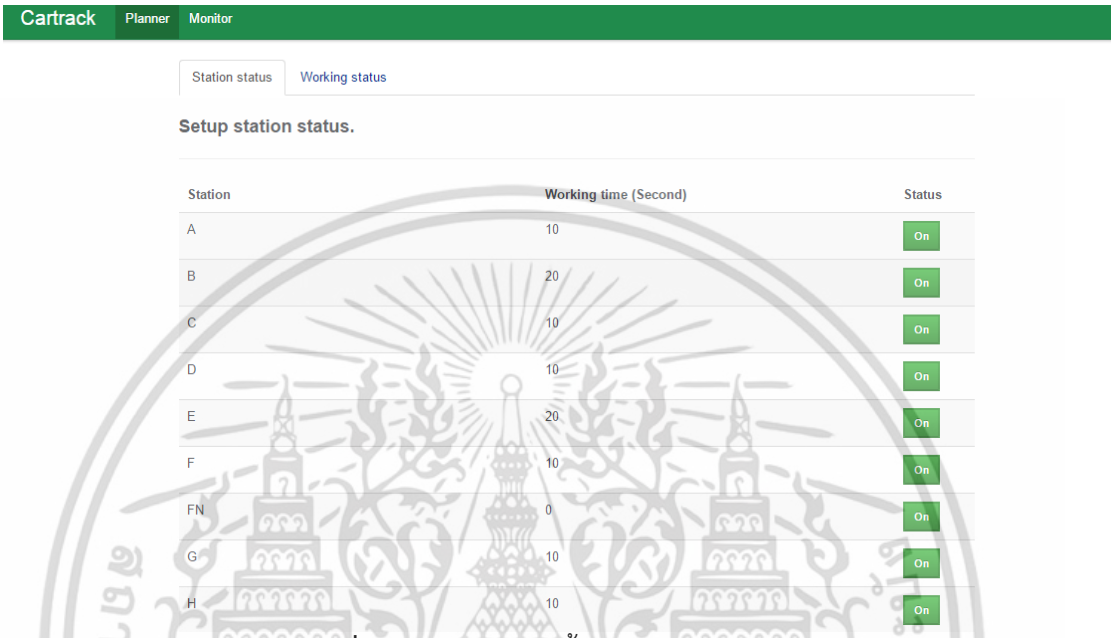
Car	Status	Path	Current	Next	Time use	Warning message
Car #1	Working	ST-C-F-G-FN	F	G	**Usage time :55 s.** Station time : 0 s. Expected : 23 s. (Error +/- 2 s.)	Over time limit
Car #2	Ready	-	-	-		
Car #3	Ready	-	-	-		
Car #4	Ready	-	-	-		

รูปที่ 4.11 หน้าจอผลลัพธ์ของสถานะรถเมื่อรถเกิดการขนส่งล่าช้า

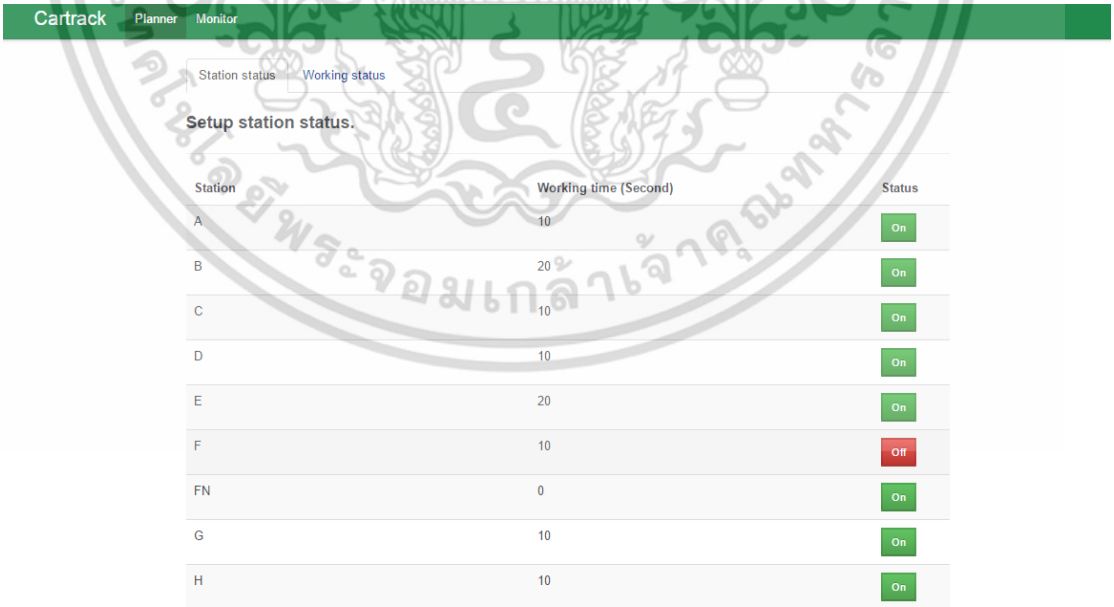
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 **การทดลองตั้งค่าสถานีที่ไม่สามารถใช้งานได้**

เนื่องจากบางครั้ง อาจมีบางกรณีที่สถานีไม่สามารถใช้งานได้ เช่น เช่นมีการปิดปรับปรุงหรือเกิดข้อขัดข้องในการทำงาน เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างหน้าต่างสำหรับเปลี่ยนสถานะสถานีดังรูปที่ 4.12 เพื่อให้ทราบว่าแต่ละสถานีนั้นสามารถใช้งานได้หรือไม่ ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณเส้นทางการเดินทางของรถ AVG โดยสามารถตั้งค่าได้ดังรูปที่ 4.13



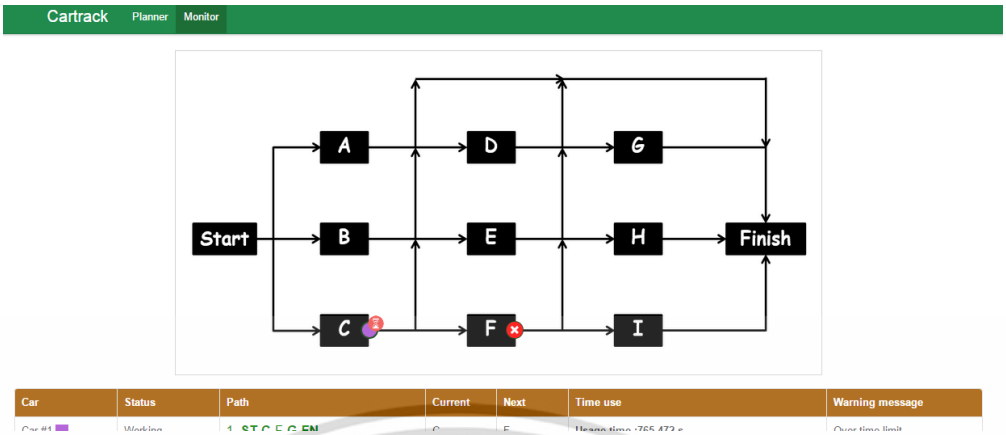
รูปที่ 4.12 หน้าจอการตั้งค่าสถานะของสถานี



รูปที่ 4.13 สถานะของสถานีในกรณีที่ใช้งานไม่ได้

เมื่อตั้งค่าแล้ว ระบบจะส่งสถานะของสถานีไปยังหน้าของการติดตามผลการทำงาน โดยในการทดลอง ผู้วิจัยได้เลือกให้สถานี F ไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งให้ผลดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

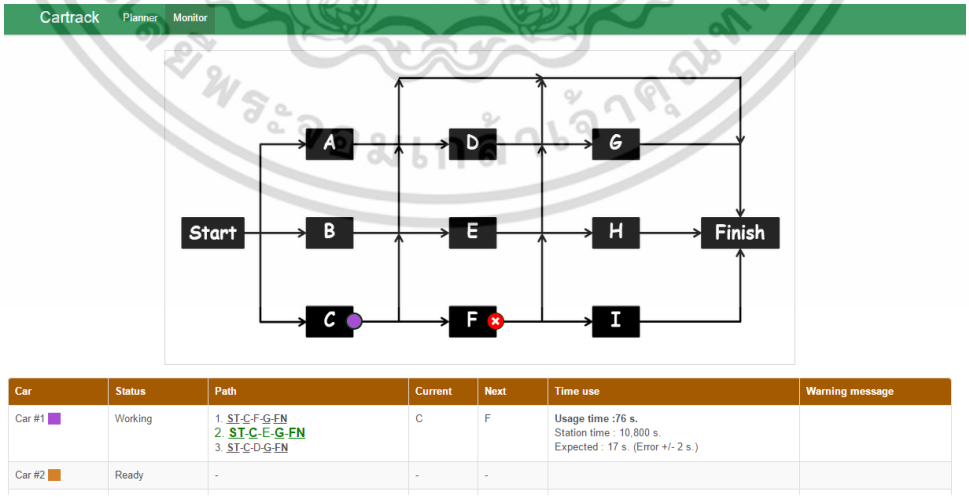


รูปที่ 4.14 สถานะของสถานีในกรณีที่ใช้งานไม่ได้ในหน้าแสดงผลการทำงาน

สำหรับการทำงานของรถ AVG ในกรณีที่สถานีไม่สามารถใช้งานได้นั้น จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. สถานีไม่สามารถใช้งานได้ในขณะที่รถยังทำงานอยู่

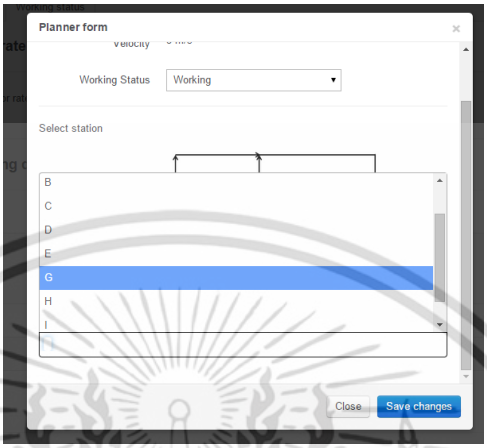
ในกรณีที่รถทำงานอยู่ หากสถานีที่อยู่ในเส้นทางของรถ AVG ไม่สามารถใช้งานได้ ระบบเปลี่ยนเส้นทางของรถโดยเลือกใช้เส้นทางสำรองที่เลือกไว้ในหน้าวางแผนการผลิตขึ้นมาเป็นเส้นทางหลักแทนเพื่อให้รถสามารถทำงานต่อไปได้ ซึ่งในการทดลอง ผู้วิจัยได้เลือกสถานี F ซึ่งเป็นสถานีที่เป็นทางผ่านในเส้นทางของรถ AVG หมายเลข 1 ผลที่ได้คือ ระบบจะเลือกเส้นทางสำรองที่เลือกไว้มาเป็นเส้นทางหลักแทน ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนใช้เส้นทางสำรองของรถ AVG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สถานีไม่สามารถใช้งานได้เมื่อรถมีสถานะเป็นพร้อมใช้งาน
เมื่อรถ AVG ทำงานเสร็จและไปยังจุดสิ้นสุดแล้ว สถานะของรถ AVG จะเปลี่ยนจากสถานะดำเนินงานเป็นพร้อมใช้ ซึ่งฝ่ายวางแผนการผลิตจะต้องเลือกสถานีสำหรับให้รถวิ่งใหม่ โดยสถานีที่ใช้งานไม่ได้จะไม่สามารถเลือกได้ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 สถานีที่ใช้งานไม่ได้

4.2.4 การทดลองเพื่อป้องกันการชนกันของรถ

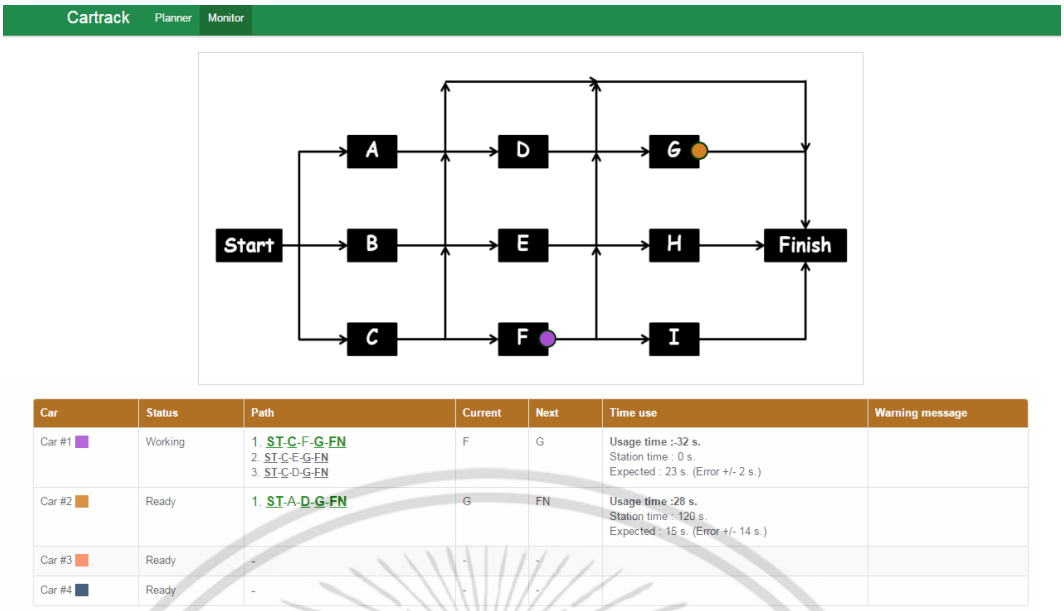
เมื่อรถมาถึงสถานี ระบบจะเปลี่ยนสถานะของรถเป็นหยุดชั่วคราว เพื่อทำการวิเคราะห์สถานะของสถานีต่อไปที่รถกำลังจะไปถึงเพื่อป้องกันการชนกันของรถ โดยการชนกันของรถจะเกิดขึ้นใน 2 กรณี ดังนี้

1. สถานีต่อไปไม่ว่าง (มีรถคันอื่นอยู่)

กรณีที่สถานีต่อไปไม่ว่าง รถคันอื่นไม่ควรที่จะเข้าไปยังสถานีที่ไม่ว่างได้ ซึ่งในกรณีนีรถที่กำลังจะไปสถานีนั้นจะต้องหยุดรอเป็นระยะเวลาหนึ่ง (ตอนนี้ที่คิดคือ 1 นาที หรือ random เวลาซักค่านึงระหว่าง 1 – 3 นาที) จากนั้นทำการตรวจสอบอีกครั้ง ได้สถานีต่อไปว่าง สถานะรถก็จะเปลี่ยนเป็นดำเนินการและไปยังสถานีต่อไป แต่ถ้าไม่ว่างก็จะทำซ้ำขั้นตอนเดิม

ตัวอย่างคือ รถคันที่ 1 จะไปที่ G แต่มีรถคันที่ 2 อยู่ รถคันที่ 1 จะต้องรอเวลา 1 นาที (สังเกตุว่า usage time จะเป็นลบ เพราะบวกเวลารอเข้าไป) เมื่อครบ 1 นาทีแล้ว ก็เช็คดูอีกครั้ง ถ้าไปได้ก็ไป ถ้าไม่ได้ก็ทำซ้ำวิธีเดิม ดังรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

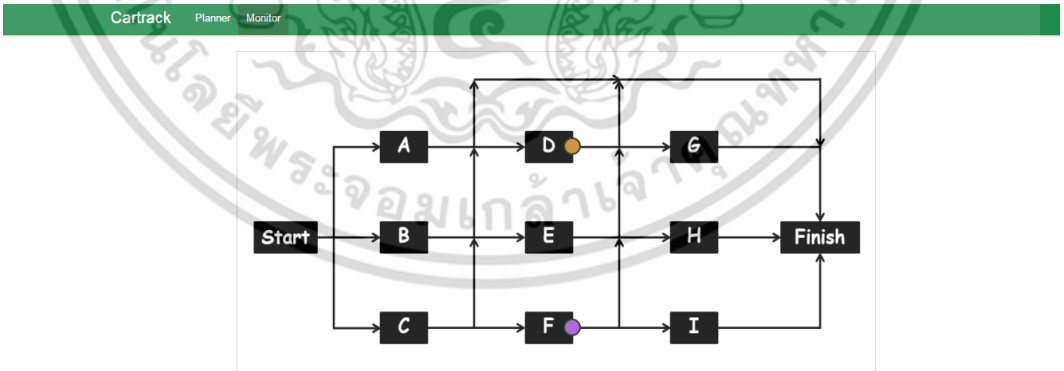


Car	Status	Path	Current	Next	Time use	Warning message
Car #1	Working	1. ST-C-F-G-FN 2. ST-C-E-G-FN 3. ST-C-D-G-FN	F	G	**Usage time :-32 s.** Station time : 0 s. Expected : 23 s. (Error +/- 2 s.)	
Car #2	Ready	1. ST-A-D-G-FN	G	FN	**Usage time :28 s.** Station time : 120 s. Expected : 15 s. (Error +/- 14 s.)	
Car #3	Ready	-	-	-		
Car #4	Ready	-	-	-		

รูปที่ 4.17 สถานีลำดับถัดไปยังไม่สามารถไปได้เนื่องจากมีรถคันอื่นอยู่ ณ สถานีนั้น

2.สถานีต่อไปว่าง แต่มีรถคันอื่นกำลังจะไปสถานีเดียวกัน

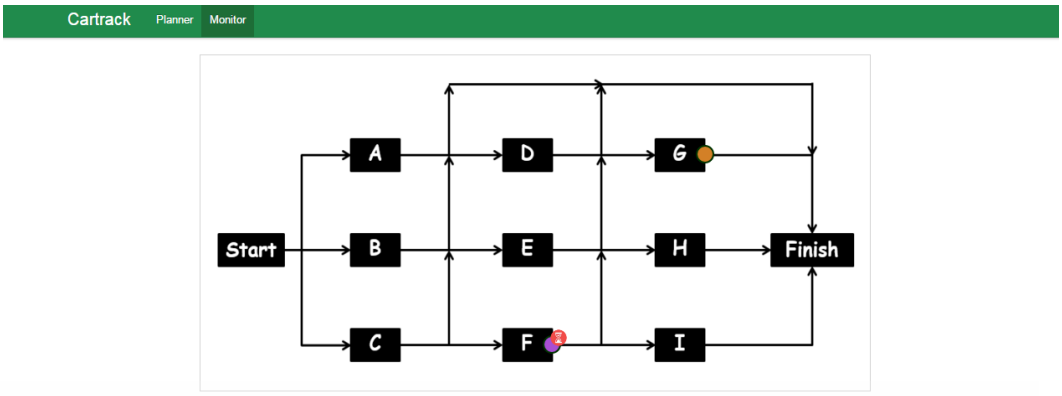
ในกรณีที่สถานีต่อไปว่างอยู่ แต่มีรถมากกว่า 1 คันจะไปที่สถานีนั้น จะมีวิธีตรวจสอบคือ หา estimate time ของรถคันแรก เทียบกับคันอื่น หาก estimate time ไปทับซ้อนกับเวลาของคันอื่น คันที่เข้ามาก่อนจะได้ไปยังสถานีต่อไป คันที่เข้ามาทีหลังจะหยุดรอช่วงเวลานึง ดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ



Car	Status	Path	Current	Next	Time use	Warning message
Car #1	Working	1. ST-C-F-G-FN 2. ST-C-E-G-FN 3. ST-C-D-G-FN	F	G	**Usage time :3 s.** Station time : 0 s. Expected : 23 s. (Error +/- 2 s.)	
Car #2	Ready	1. ST-A-D-G-FN	D	G	**Usage time :121 s.** Station time : 120 s. Expected : 17 s. (Error +/- 14 s.)	
Car #3	Ready	-	-	-		
Car #4	Ready	-	-	-		

รูปที่ 4.18 กรณีสถานีลำดับต่อไปว่าง แต่มีรถหลายคันต้องการเข้าไปยัง ณ สถานีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Car	Status	Path	Current	Next	Time use	Warning message
Car #1	Working	1. ST-C-F-G-FN 2. ST-C-E-G-FN 3. ST-C-D-G-FN	F	G	**Usage time :106 s.** Station time : 0 s. Expected : 23 s. (Error +/- 2 s.)	Over time limit
Car #2	Ready	1. ST-A-D-G-FN	G	FN	**Usage time :44 s.** Station time : 120 s. Expected : 15 s. (Error +/- 14 s.)	
Car #3	Ready	-	-	-		
Car #4	Ready	-	-	-		

รูปที่ 4.19 กรณีที่รถคันที่ 2 มาถึงสถานีก่อน จึงได้สิทธิ์ไปก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล

5.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการติดตามการทำงานของระบบการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป โดยใช้อัลกอริทึมดิจสตราในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นทางสำรอง และจัดการจราจรในระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ โดยระบบจะติดตามสถานะการเคลื่อนที่ของรถ AGV ผ่านเว็บไซต์ ระบบจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของรถแต่ละคันไปยังระบบฐานข้อมูลกลาง และถูกส่งกลับมายังส่วนแสดงผลการติดตามการทำงานของระบบการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป เป็นการเพิ่มความสะดวกสบายต่อผู้ควบคุมระบบการขนส่งดังกล่าว ช่วยในการตัดสินใจ ลดเวลาที่สูญเสียทางด้านกำลังคน มีระบบที่สามารถตรวจเช็คสถานะ อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพที่จะควบคุมและช่วยในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบการผลิตต่อไป

5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการติดตามและแสดงผลของข้อมูล ทางผู้วิจัยได้นำเอาอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการรับส่งข้อมูลอันได้แก่ สวิตช์สัญญาณแทนเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งที่รถ AGV ได้ทำการวิ่งผ่านแต่ละจุดของสถานีงาน บอร์ดสำเร็จรูป Arduino เป็นหน่วยประมวลผลที่ใช้รับค่าจากสวิตช์และส่งสัญญาณผ่านทาง Serial Port ไปให้ทางโปรแกรมทำการประมวลผล และแสดงผล ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการจำลองให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงโดยที่ระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ถูกลำดับการขนส่งโดยผู้ใช้งาน จะพบได้ว่ามีการแสดงผลของเส้นทางการเดินรถที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมดิจสตรา ระบบสามารถแสดงสถานะการทำงานของรถขนส่ง ตำแหน่งปัจจุบันของรถ เส้นทางการเดินรถสำรองในกรณีที่ผู้วางแผนการผลิตต้องทำการควบคุมด้วยตนเอง สามารถจัดการจราจรเพื่อแก้ปัญหาการชนของรถ อีกทั้งระบบจะรวบรวมจัดเก็บข้อมูล และแจ้งเตือนเมื่อพบปัญหาระหว่างการขนส่งผ่านทางเว็บไซต์ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวกไม่จำเป็นต้องอยู่ตรงตำแหน่งหน้างาน แต่อย่างไรก็ดีในส่วนของการขนถ่ายข้อมูลระหว่างฮาร์ดแวร์ไปยังโปรแกรมและหน้าจอที่แสดงผลปลายทางนั้น ระบบอาจมีผลและเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความเร็วในการแสดงผลลัพธ์ทางหน้าจอ

5.3 สรุปผล

งานวิจัยก่อนหน้านี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการเน้นความสามารถในการส่งข้อมูลค่าตำแหน่งของรถโดยใช้ ZigBee เป็นตัวกลางในการสื่อสารจากตัวรถไปยังระบบฐานข้อมูล และใช้ RFID เป็นตัวบ่งบอกถึงตำแหน่งของรถ ณ จุดต่างๆ โดยมีการใช้อัลกอริทึมดิจสตราหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และมีการจัดการจราจรอีกด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้มาต่อยอดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 งานวิจัยนี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการในติดตามการทำงาน ในระบบการขนส่งการชิ้นงานของสายการผลิตผ่านเว็บไซต์ ระบบประมวลผลเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุดได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมดิจสตราพร้อมเส้นทางสำรองในกรณีที่เส้นทางที่รถกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นประสบปัญหาต่างๆ จึงทำให้รถสามารถใช้เส้นทางสำรองทันทีทำให้ระบบในการขนส่งเป็นไปได้อย่างราบรื่น อีกทั้งยังมีการนำแนวคิดการจัดการจราจรของระบบเน็ตเวิร์คมาช่วยจัดการจราจร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของรถระหว่างปฏิบัติการณ์ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามดูแลการขนส่งชิ้นงาน ที่สามารถติดต่อสื่อกันได้ทั้งระบบ และสามารถเข้าไปแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วไม่ผิดพลาด ระบบสามารถเก็บข้อมูลการใช้งานเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ งานบำรุงรักษา และวางแผนในสายงานการผลิตได้ต่อไป แต่ระบบยังมีข้อบกพร่องความเร็วในการสื่อสารระหว่างซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่งฮาร์ดแวร์ต้องมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งตัวรถควรจะมีความเป็นอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลและควบคุมการวิ่งของรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ทั้งนั้น ระบบจะทำการแจ้งผลกลับไปยังส่วนแสดงผล หากเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการขนส่งอาจจำเป็นต้องส่งคนเข้าไปดูแลตรวจเช็คเหตุขัดข้องของระบบ และทำการแก้ไขต่อไปในงานวิจัย

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนหน้า และระบบของผู้วิจัย

ระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนหน้า	ระบบที่ผู้วิจัยได้ทำ
หาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิจสตรา	หาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิจสตรา ก่อนที่ระบบจะเริ่มทำการ
คำนวณหาเส้นทางทุกครั้งเมื่อรถได้เคลื่อนการผ่าน RFID และส่งค่าตำแหน่งกลับไปยังระบบ	สามารถแสดงเส้นทางสำรองได้
รถจะค่อยๆ ลดความเร็วลงเมื่อใกล้กับทางแยก พร้อมกับคำนวณหาลำดับความสำคัญสูงสุดของรถ	ใช้แนวคิด CSMA/CA มาใช้ในการจัดการจราจร กล่าวคือ รถจะหยุดที่สถานีเพื่อที่จะคำนวณความน่าจะเป็นการชนกันของรถ

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากชิ้นงานที่ใช้ในการผลิตมีการปรับเปลี่ยนตลอดเวลาขึ้นอยู่กับรอบการผลิต ดังนั้นผู้ใช้งานจึงต้องเข้าไปอัพเดทในฐานข้อมูลให้ถูกต้อง ณ เวลาปัจจุบัน
2. เพิ่มจำนวนโหนดเซนเซอร์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของรถที่ใช้ในการขนส่ง
3. เพิ่มข้อมูลเวลาในการขนถ่ายสินค้าในแต่ละสถานี เพื่อช่วยปรับปรุงและวิเคราะห์ระบบการวางแผนการผลิตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] นายฐิติพันธุ์ โคตรวงทอง. 2555. “**การปรับปรุงระบบการขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงงาน โดยอาศัยอัลกอริทึมของดิจสตรา**.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] Ryosuke CHIBA, Jun OTA and Tamio ARAI. “Integrated Design with Classification of Transporter Routing for AGV Systems” **Proceedings of the 2002 IEEElRSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems EPFL**. Lausanne Switzerland. pp. 182-185. October 2002.

[3] Emil M. Petriu, “Automated Guided Vehicle with Absolute En-coded Guide-Path”, **IEEE International Conference on Robotics and Automation**, Vol. 7, NO. 4, pp.562-565, 1991.

[4] David Joyner, Minh Van Nguyen, Nathann Cohen. **Algorithmic Graph Theory**. The Free Software Foundation, May 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ลงในการประชุมสัมมนา

[1] อารีวร พุฒิเสถียร, นพดล มณีรัตน์, รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์ “**การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูป**”. The 3rd National Interdisciplinary Academic Conference TNIAC 2015.

[2] Areeworn Phutthisathian, Nakulrad Pantasen, Noppadol Maneerat, Ruttikorn Varakulsiriphunth “**Application of Ontology to Hydroponics**”. The 1st International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS2011).

[3] Areeworn Phutthisathian, Nakulrad Pantasen, Noppadol Maneerat “**Ontology-Based Nutrient Solution Control System for Hydroponics**. 2011 International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 3rd National Interdisciplinary Academic Conference

TNIAC 2015

Conference Proceedings

15th May 2015
at Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand

Sponsored by

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 3rd National Interdisciplinary Academic Conference

TNIAC 2015

Conference Proceedings

15th May 2015
at Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand

Sponsored by

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 3rd National Interdisciplinary Academic Conference

การประชุมสหวิทยาการศึกษา ครั้งที่ 3

Copyright © 2015 Thai-Nichi Institute of Technology (TNI)

ISBN: 9786167805085

Paper published in TNIAC 2015's proceedings were reviewed by educational luminaries and experts. The message and contents published in TNIAC 2015's proceedings are copyright of publisher. Anyone can refer them for the purpose of private study, research, criticism or review which is permitted under the national copyright acts. The purpose of fair dealing is prohibited and to reproduce any part of this book by any process must receive the written permission from the publisher.

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในหนังสือการประชุม TNIAC 2015 ทั้งหมดนี้ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ ข้อความและเนื้อหาที่ตีพิมพ์ในหนังสือการประชุมTNIAC 2015 เป็นลิขสิทธิ์ของผู้จัดพิมพ์ บุคคลได้รับอนุญาตให้อ้างอิงได้เฉพาะเพื่อการศึกษา การวิจัย การวิเคราะห์ หรือการวิจารณ์ ภายใต้กฎหมายลิขสิทธิ์ของประเทศ ห้ามมิให้มีการนำไปผลิตเพื่อการค้า และการดัดแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ จะด้วยวิธีการใดก็ตาม จะต้องได้รับการอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดพิมพ์

Responsibility for the contents of the articles presented and published in TNIAC 2015, rests only upon the authors. If it is found that the whole or any part of these articles have any mistake or have been already published in other publication or have patent infringement, the offense is also the responsibility of the authors.

ความรับผิดชอบด้านเนื้อหา ข้อมูล ข้อความ ภาพและตารางประกอบ ข้อคิดเห็นส่วนตัวที่ลงตีพิมพ์ในบทความวิจัยและมีการนำเสนอในการประชุม TNIAC 2015 เป็นของผู้เขียนบทความ หากมีความผิดพลาดใดๆ หรือหากตรวจสอบพบว่ามีการตีพิมพ์ซ้ำซ้อน และละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว

จัดพิมพ์โดย
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ซอย พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทรศัพท์ 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700
Website: http://www.tni.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Honorary Adviser

รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์ (อดีตอธิการบดี, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น)

Honorary Chair

รศ.ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ : อธิการบดี, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Advisory Board

1) รศ.พูลพร แสงบางปลา : รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
2) รศ.ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์ : รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริ การวิชาการ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
3) รศ.ดร.ชุมพล อันตรเสน : รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
4) อ.พรอนงค์ นิยมค้า โฮริคาวา : รองอธิการบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์และประชาสัมพันธ์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
5) ผศ.ดร.เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล : คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
6) ผศ.รังสรรค์ เลิศในสัตย์ : คณบดี คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
7) รศ.ดร.รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์ : คณบดี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
8) ผศ.ดร.วรรณวิมล รุ่งธีระ : ผู้อำนวยการสำนักวิชาพื้นฐานและภาษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Organizing Committee

1) รศ.ดร.รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์ (ประธาน) : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
2) ดร.ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล (รองประธาน) : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
3) ดร.สะพรั่งสิทธิ์ มฤทุสาธร : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
4) ดร.กิตติมา เมฆาบัญชากิจ : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
5) ดร.ธงชัย แก้วกิริยา : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
6) ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
7) ผศ.ตรีรัตน เมตต์การุณ์จิต : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
8) ผศ.นรังสรรค์ วิไลสกุลยง : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
9) อ.เกษม ทิพย์ธาราจันทร์ : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
10) ดร.ประมุข บุญเสี่ยง : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
11) ผศ.ดร.วิภาวดี วงศ์สุวรรณ์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
12) ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
13) ผศ.ดร.ทิวา พาร์ค : คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
14) ผศ.อนุวัต เจริญสุข : คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
15) ดร.วิภาณี เพ็งเนตร : สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
16) อ.บัณฑิต อนุญาหงษ์ : สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
17) ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย : คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) รศ.ดร.จิราวรรณ ฉายสุวรรณ : คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
19) รศ.ดร.เอื้อน ปิ่นเงิน : คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง
20) ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
21) ผศ.ดร.จรัญ แสนราช : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
22) รศ.ดร.วารี กงประเวชนนท์ : สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Technical Program Committee

1) รศ.ดร.นิพนธ์ เจริญกิจการ : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2) รศ.ดร.โชติพัชร์ ภรณวลัย : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3) ดร.สุเมธ ประภาวัต : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4) ผศ.ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5) ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6) รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7) ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8) ดร.พลชัย โชติปรายนกุล : คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
9) ดร.จักรี ทีฆภาคย์วิศิษฏ์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ (วิทยาเขตชุมพร), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
10) ผศ.นิดา ลาภศรีสวัสดิ์ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
11) ดร.สายยัญ สายยศ : คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น
12) ผศ.ดร.ระวี พรหมหลวงศรี : คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
13) ผศ.ดร.นิรุวรรณ เทรินโบล์ : คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
14) ศ.กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
15) รศ.ดร.อนันต์ มุ่งวัฒนา : คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
16) รศ.ดร.ปราเมศ ชุติมา : คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
17) รศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร : คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี
18) ผศ.ดร.ดัชกรณ์ ตันเจริญ : คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
19) รศ.ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ : คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอนุกรรมการดำเนินงานประชุม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

อ.อภิชญา นิ้มคุ้มภัย
อ.อดิศักดิ์ เสือสมิง
อ.ภัสมะ เจริญพงษ์
อ.นิติรัตน์ ตัณฑเวช
อ.ณปภัช วิชัยดิษฐ์
อ.ปราณิสา อิศรเสนา
อ.สลิลา ชีวกิดาการ
ดร.บุษราพร เหลืองมาลาวัฒน์
อ.ชาตรี ทองวรรณ
อ.อมรพันธ์ ชมกลิ่น
อ.ลลิตา ณ หนองคาย
อ.เธียรทศ ประพฤติชอบ

อ.ธันยพร กณิกนันต์
อ.ชาญ จารุวงค์รังสี
อ.ภูวดล ศิริกองธรรม
อ.ฐนสิน ญาติสูงเนิน
อ.โอพาร รื่นชื่น
อ.รุ่งภพ ปรีชาวิทย์
ดร.สรมย์พร เจริญพิทย์
อ.นุชนารถ พงษ์พานิช
ผศ.ดร.อรรณพ หมั่นสกุล
ดร.ประจักษ์ เฉิดโฉม
น.ส.อาทิตยา ไทยยงค์
น.ส.หฤทัย ศิลป์วิทยารักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารจากประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ TNIAC 2015

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้ริเริ่มจัดประชุมวิชาการระดับชาติทางด้านวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี รวมไปถึงการบริหารจัดการอุตสาหกรรมและการศึกษา ในรูปแบบของสหวิทยาการศึกษา ทุกๆ 2 ปี เพื่อให้เป็นการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการและวิจัย ระหว่างนักศึกษา คณาจารย์ และนักวิจัย ในปีพ.ศ. 2554 เป็นการจัดครั้งที่ 1 และในปีพ.ศ.2556 เป็นการจัดครั้งที่ 2 ภายใต้ชื่อ TNIAC (Thai-Nichi Institute of Technology: Academic Conference)

สำหรับปี พ.ศ. 2558 เป็นการจัดประชุมครั้งที่ 3 ภายใต้หัวข้อการประชุม Thai-Nichi Institute of Technology: “The 3rd National Interdisciplinary Academic Conference---TNIAC 2015” เป็นการประชุมสหวิทยาการด้านการศึกษาและวิจัยระดับชาติ เพื่อให้นักศึกษา คณาจารย์ ตลอดจนนักวิจัย ในสาขาวิชาต่างๆ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ บริหารธุรกิจ และการศึกษา รวมไปถึงภาษาและสังคม ได้นำเสนอผลงานวิจัย ที่นำไปสู่การแลกเปลี่ยนทางวิชาการ การถ่ายทอดความรู้ และความร่วมมือในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

ในการประชุมครั้งนี้ มีบทความส่งมาให้พิจารณา 92 บทความ จำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับการตัดสินให้นำเสนอในการประชุมครั้งนี้จำนวน 76 บทความ จากสถาบันต่างๆ ภายในประเทศ

ขอขอบคุณ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) และสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้การสนับสนุนการประชุม

ขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานและผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ช่วยประเมินบทความ คณะกรรมการจัดการประชุม บุคลากรที่มีส่วนร่วมในการจัดการประชุม ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ เป็นอย่างดีเยี่ยมทุกประการ

รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์
คณบดี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keynote Speaker-1

ดร. สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์

ประธานสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (ทีดีอาร์ไอ)

“AEC: What does it mean for Thailand?”

Keynote Speaker-2

ปลิว ตรีวิศวเวทย์

ประธานกรรมการบริหารและกรรมการผู้จัดการใหญ่

บริษัท ช. การช่าง จำกัด (มหาชน)

"เทคโนโลยีการสร้างเขื่อนไชยะบุรี ที่ สปป. ลาว"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อของผู้ประเมินบทความ (Reviewers)

1) กนกวรรณ อัจฉริยะชาญวณิช (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2) กรกฎ เหมสถาปัตย์ (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
3) กันติชา กิตติพีรชล (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
4) กันพงษ์ วรรัตน์ปัญญา (ผศ.ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5) กิตติพล ชิตสกุล (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6) กิตติมา เมฆาบัญชากิจ (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
7) เกษม ทิพย์ธาราจันทร์, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
8) เกียรติ วิฑูรชาติ (นพ.), ออร์โธปิดิกส์, โรงพยาบาลเลิดสิน
9) โกสินทร์ จำนงไทย (ศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
10) จรัญ แสนราช (ผศ.ดร.), คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
11) จักรี ทีฆภาคย์วิศิษฏ์ (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์ (วิทยาเขตชุมพร), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12) จำลอง ปราบแก้ว (รศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13) จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
14) จิราภา วิทยาภิรักษ์ (รศ.ดร.), คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
15) จิราวรรณ ฉายสุวรรณ (รศ.ดร.), คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
16) เฉลิมขวัญ ครุธบุญยงค์ (ผศ.), คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
17) ชลิดา คล้ายโสม (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
18) โชติพัชร์ ภรณวลัย (รศ.ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
19) ฐนสิน ญาติสูงเนิน, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
20) ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
21) ณฐา คุปตัษเฐียร (รศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22) ณัฐชา เพชรดากูล (ดร.), วิทยาลัยนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
23) ณัฐพล ลิ้มจีระจรัส (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
24) ดัชกรณ์ ตันเจริญ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
25) ตรีรัตน เมตต์การุณ์จิต (ผศ.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
26) ถนอมพร เลาหจรัสแสง (รศ.ดร.), สำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
27) ทิวา พาร์ค (ผศ.ดร.), คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
28) ธงชัย แก้วกิริยา (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
29) ธนวรรณ พิณรัตน์ (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
30) ธันยพร กณิกนันต์, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
31) ธันยมัย เจียรกุล (ดร.), คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
32) นพดล มณีรัตน์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
33) นรังสรรค์ วิไลสกุลยง (ผศ.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
34) นิพนธ์ เจริญกิจการ (รศ.ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
35) นิรุวรรณ เทรินโบล์ (ผศ.ดร.), คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
36) บัณฑิต อนุญาหงษ์, สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
37) บุษราพร เหลืองมาลาวัฒน์ (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
38) ประกอบ กิจไชยา (รศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
39) ประมุข บุญเสี่ยง (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
40) ปราเมศ ชุติมา (รศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
41) ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ (รศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
42) ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ (รศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
43) พลชัย โชติปรายนกุล (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
44) พาสน์ ทีฆทรัพย์ (ดร.), คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
45) พิทักษ์ ธรรมวาริน (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
46) พิพัฒน์ ชัยวิวัฒน์วรกุล (ผศ.ดร.), บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47) ภัสมะ เจริญพงษ์, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
48) ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
49) ภูวดล ศิริกองธรรม, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
50) เยาวภา พงษ์สุวรรณ (ดร.), สำนักวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
51) รชตะ รุ่งตระกูลชัย (ดร.), คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
52) ระวี พรหมหลวงศรี (ผศ.ดร.), คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
53) รักนรินทร์ แสนราช (อาจารย์), คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
54) รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์ (รศ.ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
55) วรากร ศรีเชวงทรัพย์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
56) วารี กงประเวชนนท์ (รศ.ดร.), สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
57) วิภาณี เพ็งเนตร (ดร.), สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
58) วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
59) วิภาวรรณ ว. คงเผ่า (ดร.), คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
60) วิมล แสนอุ้ม (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
61) วิรัช ศรเลิศล้ำวาณิช (ดร.), สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
62) วีรวุฒิ ชัยวัฒน์ (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
63) วีรวุฒิ ทัพหิกรรม (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
64) ศักดิ์ชัย ทิพย์จักษุรัตน์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
65) สะพรั่งสิทธิ์ มฤทุสาธร (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
66) สายยัญ สายยศ (ดร.), คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น
67) สิลดา อินทรโสธรฉันท์ (ดร.), คณะวิทยาศาสาตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น
68) สุกัญญา ลีทองดี (ผศ.สพ.ญ.ดร.), คณะสัตวแพทย์ศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
69) สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
70) สุนิดา อรุณพิพัฒน์ (ดร.), วิทยาลัยนานาชาติปรีดีพนมยงค์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
71) สุพจน์ เธียรวุฒิ (ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
72) สุเมธ ประภาวัต (ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

73) สุรัตน์ อารีรีตน์ (ผศ.ดร.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
74) แหลมทอง เหล่าคงถาวร (รศ.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
75) อดิศักดิ์ เสือสมิง, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
76) อนุวัต เจริญสุข (ผศ.), คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
77) อภิลักษณ์ เอียดเอื้อ (ดร.), วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
78) อรรณพ หมั่นสกุล (ผศ.ดร.), คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
79) อัญชลี สุพิทักษ์ (ผศ.), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
80) อำภาพรรณ ตันตินาครกุล (ดร.), คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time	Program and Room Number
07:30 ~	Registration : 6th Floor, Building A
08:50 - 09:00	Opening Ceremony : A601
09:00 - 09:40	Keynote Speaker-1 : A601
09:50 - 10:30	Keynote Speaker-2 : A601
10:30 - 11:00	Coffee Break : 6th Floor, Building A

11:00 - 12:30 Session 1

Session Topics @ 3rd Floor (Paper ID)

Time		EN:S1-A304	EN:S1-A309	IT:S1-A310	IT:S1-A313	BA:S1-A314
11:00	11:15	69	1	24	21	88
11:15	11:30	92	61	79	22	28
11:30	11:45	2	80	87	27	35
11:45	12:00	49	41	83	30	45
12:00	12:15	98	48	56	37	78
12:15	12:30			3	51	

12:30 - 13:30	Lunch Break A601

13:30 - 15:00 Session 2

Session Topics @ 3rd Floor (Paper ID)

Time		EN:S2-A304	LM:S2- A309	IT:S2-A310	IT:S2-A313	BA:S2-A314
13:30	13:45	76	26	38	57	90
13:45	14:00	44	54	70	13	63
14:00	14:15	55	18	40	59	85
14:15	14:30	65	34	94	96	93
14:30	14:45	58	36	95	43	97
14:45	15:00	32				

15:00 - 15:30	Coffee Break : 6th Floor, Building A

15:30 - 17:00 Session 3

Session Topics @ 3rd Floor (Paper ID)

Time		EN:S3-A304	LM:S3-A309		IT:S3-A313	BA:S3-A314
15:30	15:45	52	91		16	19
15:45	16:00	53	89		25	23
16:00	16:15	64	75		42	33
16:15	16:30	68	31		81	29
16:30	16:45	71	15		84	62
16:45	17:00		14		99	67

17:00 ~	Closing Ceremony : A601
17:30 - 18:30	Farewell Reception : A601

EN : Engineering IT : Information Technology,

BA : Business Administration LM : Linguistics & Medical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LIST OF PAPERS

Session 1

EN:S1-A304 **Session chair:** ผศ.ดร.วิมล แสนอุ้ม

ID 69 Optimizing PI-Controller Gain for Bearingless Brushless DC Motor using LQR Method 15
Supanut Namjuntra, Phaisarn Sudwilai, Atip Klangwichien

ID 92 การลดกำลังสูญเสียสำหรับขับโหลดแบบมอเตอร์ 20
อานนท์ ศรีสว่าง, มารุต โคตรพันธ์, สุรีพร มีหอม

ID 2 A New Exponentially-Controlled Logistic Chaotic Map 24
Jeerana Noymanee, Wimol San-Um

ID 49 Performance Analysis of Automatic SPRT Module Calibration 28
Teerawat Thepmanee

ID 98 การวิเคราะห์รูปร่างของลวดจัดฟันแบบลูปตัวทีด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 32
ภาณุพงศ์ หวังสุข, เอกอุ ธรรมกรบัญญัติ

EN:S1-A309 **Session chair:** ผศ.ดร.จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์

ID 1 เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์โฟลว์ขนาดเล็ก 37
ตรีรัตน เมตต์การุณ์จิต

ID 61 The Study of Effects of Hydrogen Loading Time to the Fluctuation of FBG Wavelength 43
Phimolphan Rutthongjan, Phaisarn Sudwilai, Ong-arj Tangmettajittakul,
Phattamon Samanworakit

ID 80 Numerical Investigation on Water Transport in Polymer Electrolyte Fuel Cells in Different Flow Field Configurations 48
Patcharawat Charoen-amornkitt, Nuttapol Limjeerajarus

ID 41 Stability of mixed-phase alumina catalysts for ethanol dehydration reaction 53
Jarurat Sumphanwanich, Bunjerd Jongsomjit

ID 48 การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพในเขตกรุงเทพมหานคร 59
ปิยบุตร ดวงสวัสดิ์, นพดล มณีรัตน์, สุภาวดี รัตนมาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IT:S1-A310 **Session chair:** ผศ.ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์

ID 24 ประสิทธิภาพของ Ubuntu Server Router สำหรับ Fully Automatic Tunnel 63
อรรณพ หมั่นสกุล

ID 79 การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกเครือข่ายไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยน์ 69
นริสา ธรรมเกียรติคุณ, ดลวิชิต จันทร์นาม, นภาภร ศรีนนท์, ธงชัย แก้วกิริยา

ID 87 Optimization Channel Control Power in Live UMTS Network 75
Thananan Numatti, Saiyan Saiyod

ID 83 การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพดินในพื้นที่แปลงเพาะปลูกผักด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ 81
สายยัญ สายยศ, ณัฐพล แก้วมาตย์

ID 56 ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ สำหรับหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) 87
นพดล จินตสุนทรอุไร, ตรีรัตน เมตต์การุณ์จิต

ID 3 A New Chaos-Based Keyed Hash Function for MANET Applications 93
Winai Chankasame, Wimol San-Um

IT:S1-A313 **Session chair:** ดร.สะพรั่งสิทธิ์ มฤทุสาธร

ID 21 The Quantitative Measurement of Facial Skin Roughness using Image Processing 100
Suphatcha Rueansit, Wimol San-Um, Yoshiki Mikami

ID 22 การพัฒนาระบบเพื่อสร้างแผนผังการเดินภายในอาคารจากวิดีโอและข้อมูลการเคลื่อนที่ 104
วัชรพล เอื้อพูนวิริยะ, สะพรั่งสิทธิ์ มฤทุสาธร

ID 27 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตาสามมิติโดยใช้ภาพตาสองมิติ 111
ธนานัน จันทิมา, ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์, วิศาล มหาสิทธิวัฒน์

ID 30 การจดจำ Marker หลายรูปแบบ สำหรับเทคโนโลยีเสมือนจริง(Augmented Reality) โดยการวิเคราะห์ภาพและการระบุตำแหน่ง 115
พิชญา ชาตินันท์, จุฑามาศ บุญอินทร์, ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์

ID 37 เครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีโดยใช้การประมวลผลภาพ 121
รัตนพล ยุทธวิริยะ, นพดล มณีรัตน์, รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์

ID 51 การมองเห็นภาพ 3 มิติผ่านการควบคุมระยะไกลโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ แบบเรียลไทม์สำหรับตาหุ่นยนต์ 126
สายนที บุญกว้าง, พิรพัฒน์ ชุติมาโยธินกูล, สายยัญ สายยศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BA:S1-A314 **Session chair:** ดร.พาสน์ ทีฆทรัพย์

ID 88 การเพิ่มขีดความสามารถของธุรกิจร่วมทุน ไทย-ญี่ปุ่น 132
วนิดา วาดีเจริญ, รังสรรค์ เลิศในสัตย์, ณฐาพัชร์ วรพงศ์พัชร์, บัญชา เกิดมณี,
สมชาย เลิศภิรมย์สุข, สมบัติ ทีฆทรัพย์

ID 28 การศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น 137
อนุวัต เจริญสุข, วัลย์ลดา ภวภูตานนท์

ID 35 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนทางการเงินกับผลตอบแทนของหุ้นของบริษัทจดทะเบียนในตลาด
หลักทรัพย์แห่งประเทศไทย : กรณีศึกษากลุ่มบริการ 143
กาญจนา ส่งวัฒนา, ศันสนีย์ เทพปัญญา, ศรีสุดา ถุงสุวรรณ, อรุณี ลิ้มประเสริฐ,
เสาวรภย์ กุสุมา ณ อยุธยา, ศรัญยา แสงลิ้มสุวรรณ

ID 45 การศึกษามาตรฐานโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อสร้างเป็นต้นแบบในเขตสวนหลวง 150
ภาสกร พันธุ์โอภาส, เสรีย์ ตู้ประกาย

ID 78 การประยุกต์ใช้ Material & Waste Flow Analysis ร่วมกับ AHP ในการคัดเลือกศักยภาพของเสีย
อุตสาหกรรมที่เหมาะสมในการบริหารจัดการ: กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ 154
อนุษรา คำสาร, ปริญญ์ บุญกนิษฐ์

Session 2

EN:S2-A304 **Session chair:** ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์

ID 76 การประยุกต์ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อศึกษาพฤติกรรมของลูกค้าบัตรสมาชิกสายการบินแห่งหนึ่ง 160
ศริชล ชัยชาญทิพยุทธ, กรกฎ เหมสถาปัตย์

ID 44 การบูรณาการ MATLAB กับ ระบบพีแอลซี S7-300 กรณีศึกษาการตรวจจับขวด 166
สะกล คำแผ่น, ไสว พงศ์สวัสดิ์

ID 55 การปรับปรุงสายการผลิตด้วยพื้นฐานแนวคิด MES 172
สมฤดี วงค์พรม, ไสว พงศ์สวัสดิ์

ID 65 การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป 178
อารีวร พุฒิเสถียร, นพดล มณีรัตน์, รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์

ID 58 การบำรุงรักษาด้วยตนเองเพื่อเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโรงงานโม่แป้งข้าวสาลี 183
สมบัติ โพธิ์รัตน์, ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

ID 32 การสร้างและประเมินคุณภาพเครื่องฝานกล้วยเส้น 189
วิโรช ทัศนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM:S2-A309 **Session chair:** ดร.กิตติมา เมฆาบัญชากิจ

ID 26 การพัฒนาตัวแบบเพื่อการประเมินระดับความสามารถการบริการบำบัดระบบหายใจ 195
สุภัตรา พงศ์ศักดิ์, กิตติมา เมฆาบัญชากิจ

ID 54 การประยุกต์ใช้กระบวนการเชิงพันธุกรรมในการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างกรณีศึกษาโรงพยาบาลนครปฐม 201
ศิริลักษณ์ อเนกบุญลาภ, ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, ธีรพล เปียฉ่ำ, ธนกรณ์ แน่นหนา

ID 18 ผลของความหลากหลายทางพันธุกรรมบนยีนไมโครอาร์เอ็นเอ-221 ต่อยีนเป้าหมายในเซลล์มะเร็งตับ 207
ธนัญญา จินาโต, ณัฐธยาน์ ช่วยเพ็ญ, พิสิฐ ตั้งกิจวานิชย์, สัญชัย พยุงภร

ID 34 การพัฒนาวิธี Semi-Nested PCR เพื่อใช้ในการตรวจหา Demodex folliculorum และ D. brevis 213
ปวันรัตน์ ตรีขัน, กัญญารัตน์ กรัยวิเชียร, อัจฉรา ภูมี, เผด็จ สิริยะเสถียร

ID 36 ผลของเมทแอมเฟตตามีนต่ออัตราการเจริญเติบโตของ Musca domestica (Diptera: Muscidae) 217
ศิรินภา เพ็ชรนารถ, ณัฐ ตันศรีสวัสดิ์, เผด็จ สิริยะเสถียร

IT:S2-A310 **Session chair:** ดร.สรมย์พร เจริญพิทย์

ID 38 การออกแบบโมเดลเพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงทางอารมณ์ผู้โพสต์ข้อความบน Facebook 221
สาเรศ วันโสภา, นีรชา โสพล, ธัญชนก แย้มกลีบบัว, ยุรนันท์ มูซอ, ธงชัย แก้วกิริยา

ID 70 Perceived Values and Their Effects on Intention to Adopt Online Learning 227
Boonlert Watjatrakul

ID 40 การออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT ที่วิเคราะห์ด้วยเหมืองข้อมูล 233
สาเรศ วันโสภา, ธงชัย แก้วกิริยา

ID 94 ความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา 239
วิภาณี เพ็งเนตร

ID 95 ระบบรายงานการประเมินตนเองแบบ Taxonomy เพื่องานประกันคุณภาพการศึกษา 245
เกษม ทิพย์ธาราจันทร์, ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IT:S2-A313 **Session chair:** ผศ.ดร.อรรณพ หมั่นสกุล

ID 57 การออกแบบโมเดล QoS เพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ 251
ยุรนันท์ มูซอ, ธงชัย แก้วกิริยา

ID 13 การพัฒนาระบบห้องลองเสื้อเสมือนจริงโดยใช้กล้องคีเนค 257
ภูวดล ศิริกองธรรม

ID 59 การออกแบบเว็บแอพพลิเคชันเพื่อวิชวลไลเซชันข้อมูลทัศนคติของผู้บริโภคต่อร้านอาหารโดยใช้กรอบแนวคิด D3 262
ปุ่น ลิ้มตระกูล, กิตติมา เมฆาบัญชากิจ

ID 96 การรู้จำเสียงพูดภาษาไทยในสภาพแวดล้อมเสียงรบกวนโดยใช้ PocketSphinx : กรณีศึกษาการนับสินค้าคงคลัง 268
อุดม ได้พร้อม, วีรวุฒิ ทัพหิกรรม, ดัชกรณ์ ตันเจริญ

ID 43 การศึกษาเปรียบเทียบเอพีไอสำหรับระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 272
พัณณ์ชิตา ชมวิหก, ญาดา อัมภรัตน์, มานพ พันธ์โคกกรวด

BA:S2-A314 **Session chair:** ผศ.ดร.ทิวา พาร์ค

ID 90 ทัศนคติและการรับรู้ของผู้บริโภคต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน 278
วิษณุ เพ็ชรไทย

ID 63 ทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง 283
กิตติศักดิ์ จุลศักดิ์

ID 85 ความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี 289
เอกลักษณ์ เทพนิกร, อนุวัต เจริญสุข

ID 93 ความสมดุลในชีวิตการทำงาน ค่านิยมในการทำงาน ที่พยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของบุคลากรที่ปฏิบัติงานในองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพย์สิน 295
สุกัญญา ผึ่งแผ่, ปิ่นกนก วงศ์ปิ่นเพ็ชร์

ID 97 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร 300
กวี บุญพิมพ์, อนุวัต เจริญสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Session 3

EN:S3-A304 **Session chair:** ผศ.ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์

ID 52 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพด 306
อุศราวดี ชื่นทิม, อดิศักดิ์ ปัตติยะ, พฤกษ์ อักกะรังสี

ID 53 การออกแบบและวิเคราะห์พลังงานของเตาปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่องสำหรับไพโรไลซีสซังข้าวโพด 311
พิชชากร เตชะขะวนิชกุล, อดิศักดิ์ ปัตติยะ, พฤกษ์ อักกะรังสี

ID 64 ผลกระทบของขนาดอนุภาคต่อสมบัติของถ่านชีวภาพจากกากกาแฟ 317
สุพิชญา เชิดเกียรติกูล, ปิ่นทิพย์ ศุภชุติกุล, จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์

ID 68 การผลิตบิวทานอลจากเปลือกถั่วเหลืองด้วยเชื้อ Clostridium saccharobutyricum ATCC BAA117 321
มานพ บุญเจริญ, ชุติมณฑน์ สถิรพิพัฒน์กุล

ID 71 การเตรียมวัสดุแหล่งคาร์บอนจากมูลช้างโดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล 326
มานพ ชุมภูแก้ว, จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์

LM:S3-A309 **Session chair:** อ.อารยา หงษ์จินดาเกศ

ID 91 การสอนฟังภาษาอังกฤษโดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 332
บุญชัย คงศักดิ์ตระกูล

ID 89 ประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 338
วิภาณี เพ็งเนตร

ID 75 Factors Affecting English Speaking Problems among Engineering Students at Thai-Nichi Institute of Technology 344
Supatsorn Jindathai

ID 31 ผลการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ (Streaming Video) ในการสอนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 349
กัลยา บูรณ์สิริจรุงรัฐ

ID 15 การศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 355
บัณฑิต อนุญาหงษ์

ID 14 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบวัดระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กับแบบวัดความสามารถทางภาษาของข้อสอบTOEIC 361
บัณฑิต อนุญาหงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IT:S3-A313 **Session chair:** ดร.ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต

ID 16 การพัฒนาแอปพลิเคชันจัดทำเส้นทางแผนที่ สำหรับบริการจัดส่งนอกสถานที่ของธุรกิจอาหาร 367
จิรศักดิ์ อิ่มกำเหนิด, กิตติมา เมฆาบัญชากิจ

ID 25 การศึกษาสถาปัตยกรรมแอพพลิเคชั่นบนคลาวด์คอมพิวติ้งสำหรับร้านอาหาร 373
ณัฏฐ์ภคนันท์ นวลจิตร, กิตติมา เมฆาบัญชากิจ

ID 42 การออกแบบและพัฒนารูปแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้เชิงปฏิสัมพันธ์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี 379
ณัฐชนก ยุตธรรมนนท์, กรรณภรณ์ ทองมูล, มานพ พันธ์โคกกรวด

ID 81 การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง แบบหนึ่งแถวคอย และหลายแถวคอยของด่านเก็บค่าผ่านทาง 385
จรุง ใจงาม, ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต

ID 84 ผลกระทบของมุมกล้องในภาพยนตร์แนวสยองขวัญต่อระดับการสื่อสารความกลัวและตกใจ 391
คมชาญ พัฒนรัฐ, ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล

ID 99 ลักษณะของวิชวลเอฟเฟกต์ที่มีผลต่อความน่ากลัวในภาพยนตร์แนวสยองขวัญ 396
สาริศ หอมโอ้ม, ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล

BA:S3-A314 **Session chair:** ผศ.เฉลิมขวัญ ครุธบุญยงค์

ID 19 Assessing Green IT Maturity and Recommendation of Improvement for Government Agencies in Thailand 401
Pornprom Ateetanan, Sasiporn Usanavasin

ID 23 การออกแบบเกณฑ์การประเมินสมรรถนะผู้ส่งมอบชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย: กรณีศึกษา 407
สุนีย์พร อุ่นสมัย, พัชราภรณ์ ญาณภิรัต

ID 33 การศึกษาปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม 413
ศุภนิธิ เรืองทอง

ID 29 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย 419
รังสรรค์ เลิศในสัตย์, อนุวัต เจริญสุข

ID 62 การศึกษาพฤติกรรมการรับข่าวสารของ Gen-M 425
ทิวา พาร์ค, นรมน ฤทัยวาณิชกุล

ID 67 การรับรู้และทัศนคติของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนที่มีต่อS&Pเบเกอรี่ 429
ทิวา พาร์ค, ปาริฉัตร อริยะประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optimizing PI-Controller Gain for Bearingless Brushless DC Motor using LQR Method

Supanut Namjuntra[1], Phaisarn Sudwilai[2], Atip Klangwichien[3]

Advanced Magnetic and Motor Drive Research Laboratory (AMDRL)
Master Program of Engineering Technology, Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology
Pattanakarn Rd., Saunlaung, Bangkok, Thailand 10250
[1] na.supanut_st@tni.ac.th
[2] phaisarn@tni.ac.th
[3] kl.atip_st@tni.ac.th

***Abstract*– Bearingless Brushless DC motor can suspend the rotor and generate torque simultaneously. The advantage of using brushless DC motors are, it has no physical contact with rotor, therefore reduce/neglect friction loss, produce higher speed, and no need of lubrication system. Linear Quadratic Regulator (LQR) methodology was used to tune the parameters of PI controller. Motor dynamics are described by a mathematical differential model and were simulated using MATLAB/SIMULINK. Results were obtained in order to verify the proposed method.**

***Keywords*– Bearingless Brushless DC Motor, Linear Quadratic Regulator, Proportional-Integral Controller, Speed Control, MATLAB/SIMULINK.**

I. Introduction

DC motors has been used in the industries for many years now. They provide simple means and precise way of control [1]. But DC motors have some deficiencies which gave rise to design of other alternative types of DC motors. For example, the lack of periodic maintenance, mechanical wear outs, acoustic noise, sparkling, brushes effects are some of the problems that were needed to overcome. The Bearingless Brushless Direct Current (BBLDC) motors are gaining popularity in the industries, especially in the area of appliance production, aeronautics, medicine, consumer and industrial automations and so on [2-4].

The BBLDC motor is a synchronous electric motor that looks exactly like a DC motor. It has a linear relationship between current and torque, voltage and rpm. However, it is an electronically controlled commutation system, instead of having a mechanical commutation like a typical brushed motors [5]. Some of many advantages over conventional brushed DC motors are high efficiency, long operating life, and low maintenance. The most commonly used is the three phases type, which is used for this research.

In this paper, Linear Quadratic Regulator (LQR) method is used to obtain proportional and integral gain for Proportional-Integral (PI) controllers, which is necessary to achieve optimal control of BBLDC motor. The ultimate purpose is to realize a system that will provide the desired operating performance. The desired performance can be readily stated in terms of time domain performance indices. For example, the maximum overshoot and rise time for a step input. The simulation was carried out in MATLAB/Simulink environment.

II. Principle of BBLDC Motor

A three-phase BBLDC motor has three induction coils with equivalent circuit as described in the following section.

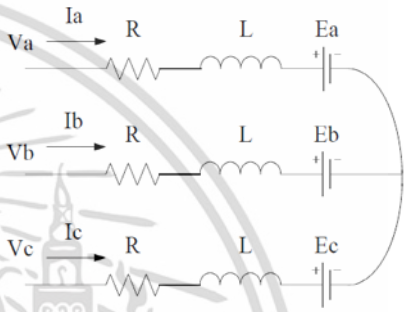


Fig.1 The equivalent circuit of BBLDC motor

A. *Mathematical model of the BBLDC*

The equivalent circuit of BBLDC motor consist of a resistor, an inductance, and back electromotive force (emf) for each phase. In simulation, the common "y" connection of stator windings is assumed as shown in Fig.1. The mathematical equations of BLDC motor are:

$$V_{ab} = R(i_a - i_b) + L\frac{d}{dt}(i_a - i_b) + e_a - e_b \quad (1)$$

$$V_{bc} = R(i_b - i_c) + L\frac{d}{dt}(i_b - i_c) + e_b - e_c \quad (2)$$

$$V_{ca} = R(i_c - i_a) + L\frac{d}{dt}(i_c - i_a) + e_c - e_a \quad (3)$$

The moment of inertia includes all inertia connected to the motor shaft, and damping constant includes air friction. Therefore, the torque equation is:

$$T_e - T_L = \beta\omega_m + J\frac{d}{dt}\omega_m \quad (4)$$

The equations (1), (2) and (3) can be derived as:

$$V_{ab} = R(i_a - i_b) + L\frac{d}{dt}(i_a - i_b) + e_a - e_b$$

$$V_{bc} = R(i_a - i_c) + L\frac{d}{dt}(i_a - i_c) + e_b - e_c$$

Where $i_a + i_b + i_c = 0$, therefore after modifying equations by moving derivative term and pair line voltages with their respective back emf, new equations can be written as:

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R}{L}i_a + \frac{2}{3L}(V_{ab} - E_{ab}) + \frac{1}{3L}(V_{bc} - E_{bc}) \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{di_b}{dt} = -\frac{R}{L}i_b - \frac{1}{3L}(V_{ab} - E_{ab}) + \frac{1}{3L}(V_{bc} - E_{bc}) \quad (6)$$

The equations (4) – (8) can be written in state space form:

$$x' = Ax + Bu \quad (7)$$
$$y = Cx \quad (8)$$

where matrices *A*, *B* and *C* are:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{k_f}{J} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \frac{2}{3L} & \frac{1}{3L} & 0 \\ -\frac{1}{3L} & \frac{1}{3L} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{J} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

State variables *x* and input *u* are:

$$x = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ \omega_m \\ \theta_m \end{bmatrix}, \quad u = \begin{bmatrix} v_{ab} - e_{ab} \\ v_{bc} - e_{bc} \\ T_e - T_L \end{bmatrix}$$

given,

e	back-emf [V]	Subsrcipts	
i	phase currents [A]	a	Phase a
J	Rotor Inertia [kg.m^2]	b	Phase b
L	inductance per phase [H]	c	Phase c
R	resistance [Ω]	e	electrical
T	torque [Nm]	L	load
V	phase voltages [V]	m	mechanical
β	friction constant [Nms]		
θ	rotor angle [rad]		
ω	rotor speed [rad/s]		

Which will be used in modelling and control in the following section.

B. *The BBLDC motor control*

A block diagram represent the controller design are shown in Fig.2.

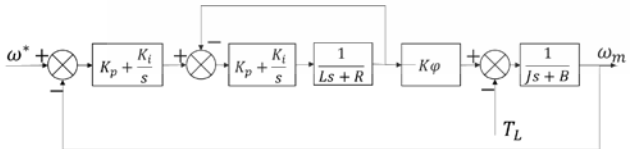


Fig.2 Block Diagram of Bearingless Brushless DC Motor control system

For simulation purpose, the system model was made in MATLAB/SIMULINK as shown as Fig. 3. The required speed is controlled by a speed controller, which is implemented as a conventional proportional-integral (PI) controller. The difference between the actual and required speed is input to the PI controller which then, based on this difference, controls the required DC-bus current. The required DC-bus current is controlled by a current controller, which is also implemented as a conventional proportional-integral (PI) controller. The difference between the actual and required DC-bus current is input to the PI controller which then, based on this difference, controls the duty cycle of the PWM pulses, which correspond to the voltage amplitude required to maintain the desired speed.

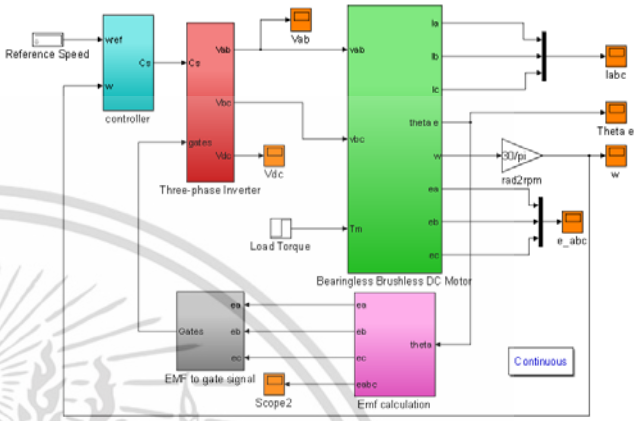


Fig.3 The control system model in MATLAB with Simulink

Linear Quadratic Regulator (LQR) method was used to select the optimal gain for PI controllers. Optimal gain matrix is derived from the solution S of the associated Riccati equation:

$$A^T S + SA - SBR^{-1}B^T S + Q = 0 \quad (9)$$

Equation (9) can be easily programmed for a computer, or solved using MATLAB. However for LQR method, it is crucial selecting matrices Q and R to be used in the calculation. The LQR problem involves minimization of the cost function:

$$J = \int_0^\infty (x^T Q x + u^T R u) dt \quad (10)$$

Where Q is symmetric positive semi-definite state weighting matrix, and R is symmetric positive definite control weighting matrix. The choice of the element Q and R allows the relative weighting of individual state variables and individual control inputs as well as relative weighting state vector and control vector against each other. The weighting matrices Q and R are important components of an LQR optimization process. The compositions of Q and R elements have great influences on system performance. The designer is free to choose the matrices Q and R, but the selection of matrices Q and R is normally based on an iterative procedure using experience and physical understanding of the problems involved. Commonly, a trial and error method has been used to construct the matrices Q and R elements. This method is very simple and very familiar in linear quadratic regulator application [6].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III. Optimizing the PI Gain with LQR

Before starting, a set of design requirements is needed. Time domain performance indices were defined in Table 1.

TABLE 1
OUTPUT REQUIREMENTS

Settling time less than [s]	0.020
Overshoot less than [%]	5%
Steady-state error less than [%]	1%

A. *MATLAB Representation*

The system is represented by state-space equations (eq. (7) and (8)) and the parameters can be defined in Table 2.

TABLE 2
DEFINING PARAMETERS

Stator phase resistance Rs [Ω]	2.875
Stator phase inductance Ls [H]	0.0085
Motor Inertia [kgm^2]	0.0008

1) *Open-loop response*

Applying step input to the system, open-loop response (speed) is given by Fig. 4.

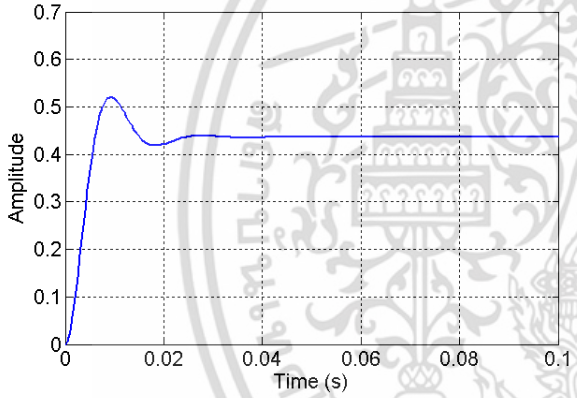


Fig. 4 Open-loop response

Figure 4 shows the steady state response at amplitude = 0.436, settling time at 0.022s and 19.3% overshoot. From the plot, both the steady-state error and the overshoot were larger than the requirements in previous section.

2) *Linear Quadratic Regulator*

By using LQR method to find state-feedback control gain matrix K of the system (see Fig. 5), The MATLAB function *lqr* allows you to choose two parameters Q and R as stated in the previous section.

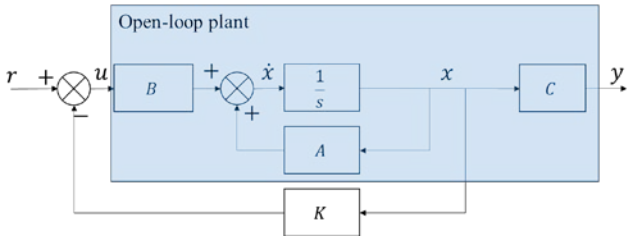


Fig. 5 Closed-loop plant and feedback gain[7]

The simplest case is to assume R =1, and $Q = C'C$.

$$Q = C'C = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

The controller can be further fine-tuned by changing the non-zero elements in the Q matrix to achieve a desirable response.

B. *Results and Discussion*

This section will briefly explain how each elements of matrix Q affect the response of the system.

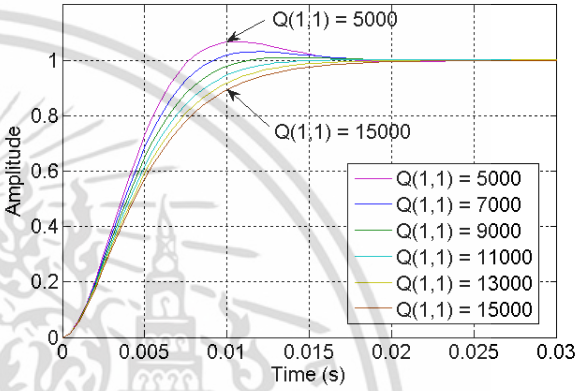


Fig. 6 Step response, vary the value of $Q(1,1)$

Figure 6 shows the result of varying element $Q(1,1)$. This element directly affect the damping condition of the response. See how the response is underdamped at lower $Q(1,1)$ value (5000, 7000) and overdamped at higher value (13,000, 15,000).

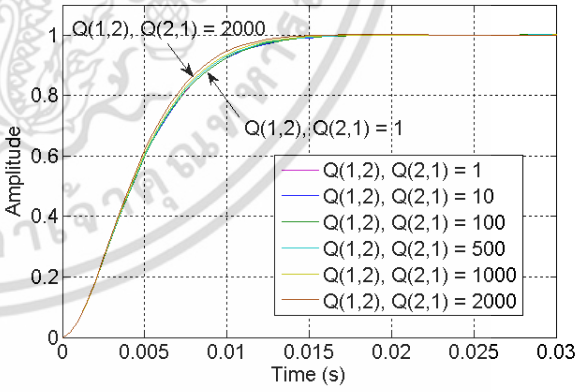


Fig. 7 Step response, vary the value of $Q(1,2)$ and $Q(2,1)$

Figure 7 shows the result of varying element $Q(1,2)$ and $Q(2,1)$. These element slightly affect the rise time of the response. Higher value of these elements improve the rise time of the system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

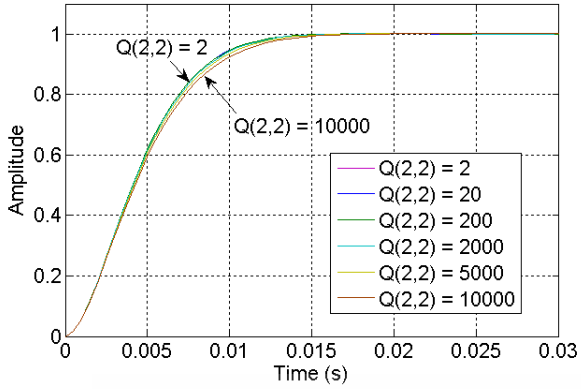


Fig. 8 Step response, vary the value of $Q(2,2)$

Figure 8 shows the result of varying element $Q(2,2)$. Again, this element slightly affect the rise time of the response. Higher value of this elements deteriorate the rise time of the system.

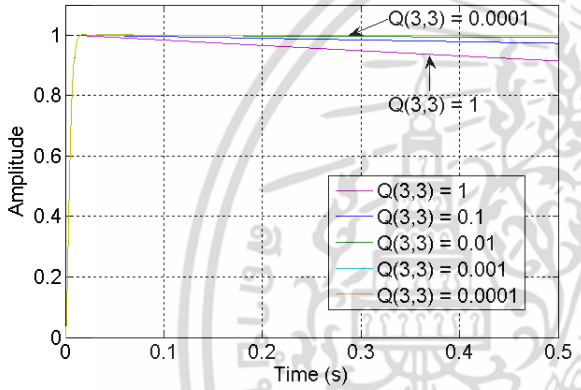


Fig. 9 Step response, vary the value of $Q(3,3)$

Figure 9 shows the result of varying element $Q(3,3)$. This element directly affect the steady state condition of the response. Lower value of $Q(3,3)$ (approaching 0) yield better steady state response.

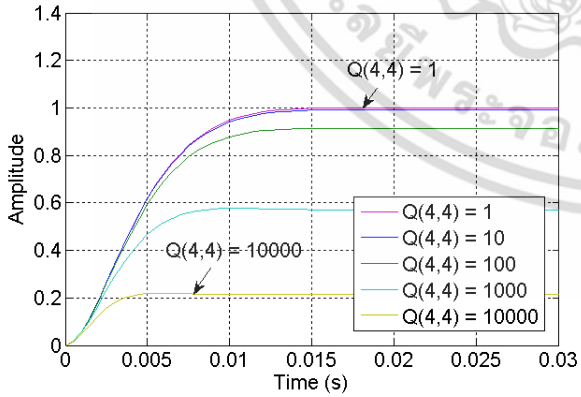


Fig. 10 Step response, vary the value of $Q(4,4)$

Figure 10 shows the result of varying element $Q(4,4)$. This element directly affect the value at steady state of the response. Lower value of $Q(4,4)$ (default value = 1) yield better steady state response.

C. *Summarize the Results*

By applying the results in previous section, we have:

$$Q = \begin{bmatrix} 11000 & 1100 & 0 & 0 \\ 1100 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0001 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

which results in,

$$K = [59.5471 \quad -2.8197 \quad 0.0100 \quad -0.0430]$$

Notice the value chosen for $Q(1,2)$ and $Q(2,1)$ are 1100, the highest value for matrix Q to remain symmetric positive semi-definite.

The step response of the system can be shown in Fig. 11. The response has no overshoot, settling time at t=0.0125s, and almost no steady state error.

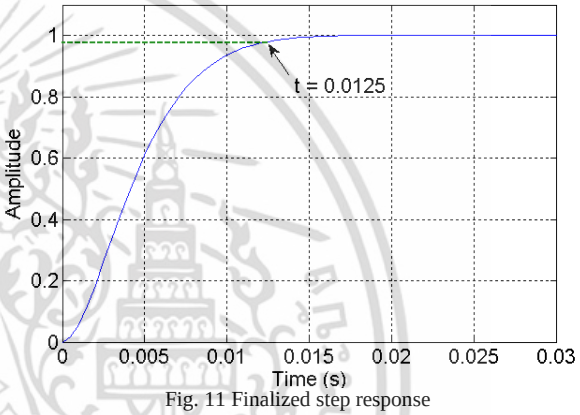


Fig. 11 Finalized step response

IV. Conclusion

In this paper, the process of applying LQR technique to find feedback gain for PI controller has been briefly described. The results show how this technique can be apply for this system, optimizing the speed control of Bearingless Brushless DC Motor. However, finer tune of the controller gain can yield even better results

References

[1] Weiyao, L. and Qi, Z.: Speed Control of DC Motor using Composite Nonlinear Feedback Control, *Control and Automation, 2009. ICCA 2009. IEEE International Conference on*, (2009), 2160–2164.

[2] Chiba, A., Fukao, T., Ichikawa, O., Oshima, M., Takemoto, M. and Dorrell, D.G.: *Magnetic Bearings and Bearingless Drives*, Elsevier Newnes Press (2005).

[3] Yan, G.-J., Hsu, L.-Y., Wang, J.-H., Tsai, M.-C., and Wu, X.-Y.: Axial-flux permanent magnet brushless motor for slim vortex pumps, *IEEE Trans Magn*, **45**-10 (2012), 4732–4735.

[4] Nussbaumer, T., Karutz, P., Zurcher, F., and Kolar, J. W.: Magnetically levitated slice motors—an overview, *IEEE Trans*. Ind. Appl., **47**- 2 (2011), 754–766.

[5] Gamazo-Real, J.C., Vázquez-Sánchez, E., and Gómez-Gil, J.: Position and Speed Control of Brushless DC Motors Using Sensorless Techniques and Application Trends, *Sensors*, **10** (2012), 6901-6947.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[6] Hashim, A. and Ahmed, O.: Optimal Speed Control for Direct Current Motors Using Linear Quadratic Regulator, *Journal of Science and Technology - Engineering and Computer Sciences*, **14**-2 (2013), 48-56.

[7] Inverted Pendulum: State-Space Methods for Controller Design (2011). Retrieved fromhttp://ctms.engin.umich. edu/CTMS/index.php?example=InvertedPendulum&section=ControlStateSpace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดกำลังสูญเสียสำหรับขับโหลดแบบมอเตอร์

A power loss reduction for drive the motor load

อานนท์ ศรีสว่าง[1], มารุต โคตรพันธ์[2], สุรีพร มีหอม[3]

สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
84 หมู่ 4 ถ.มิตรภาพ-หนองคาย ต.บ้านเกาะ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[1] arnon_sri@vu.ac.th
[2] marut_kro@vu.ac.th
[3] sureeporn_mee@vu.ac.th

บทคัดย่อ

การลดกำลังสูญเสียของแหล่งจ่ายกำลังขับโหลดแบบมอเตอร์ ที่เป็นสาเหตุการเกิดสูญเสียกำลังในวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ ได้แก่ ลักษณะการกระตุ้นสัญญาณพัลส์อินพุทของแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ ที่มีผลการการเกิดสัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ส่งผลให้เกิดสูญเสียกำลัง อีกส่วนที่เป็นสาเหตุสำคัญคือ วงจรกำลังเอาท์พุตที่มีโหลดแบบมอเตอร์ จะมีผลให้เกิดสัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวนำ (Conducted EMI) ในวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์แบบลิมิตสวิตช์ (Limit-Switch) แบบฮาฟบริดจ์ (Half-Bridge), และแบบฟูลบริดจ์ (Full-bridge) ทั้งนี้จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ และการลดกำลังสูญเสียของแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ของวงจรแต่ละแบบรวมทั้งอธิบายการทำงานของวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ที่สมบูรณ์ เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบแหล่งจ่ายกำลังชนิดสทิตชิ่งแบบอื่นได้

คำสำคัญ: กำลังสูญเสีย สนามแม่เหล็ก มอเตอร์

Abstract

To reduce the losses of supply are driving a motor load. The cause of the power loss in power supply circuit to the motor load included: the stimulation pulse input of the power source for motor. The effect of electromagnetic noise, effect to power lost. Another important part of the cause. Circuit output power with motor load. The resulting source of electromagnetic interference in the conductor (Conducted EMI). So, in the circuit Power source for motor with Limit Switch, Half-Bridge, and a full bridge. For to a comparative analysis of circuit power source for motor. And to reduce the losses of the power supply to the motor load of each circuit as well describe the different types of circuit power source for motor completely. Guidelines the design of the switching power supply of the other.

Key word: Power loss Electromagnetic Motor

1. บทนำ

แหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวัน จำพวกเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้กำลังสูง ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และโทรทัศน์ จำเป็นจะต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง แนวโน้มการนำแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งมาใช้ในเครื่องใช้อิเลคทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง เช่น การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยไฟตรง (HVDC) ที่มีกำลังไฟฟ้าไม่สูงนักจนถึงสูงมากในระดับเมกกะวัตต์ (MW) หรือเมกะวีเอ (MVA) เป็นต้น [1] นั่นคือกำลังไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้นี้จะแปรผันโดยตรงกับขนาดพิกัด (แรงดัน, กระแส) ของเซมิคอนดัคเตอร์ เพาเวอร์สวิตช์ [2] หมายถึงขนาดพิกัดของสวิตช์สารกึ่งตัวนำกำลังเป็นตัวชี้วัดถึงขนาดของการควบคุมกำลังไฟฟ้า

การควบคุมการขับโหลด ดีซี มอเตอร์ แบบ PWM (Pulse wide Modulation) หมุนทางเดียวด้วยเพาเวอร์มอสเฟ็ตตัวเดียวก็จะก่อให้เกิดความไม่สมดุลของการไหลกระแสไฟในวงจรได้ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนความถี่สูงได้ จึงทำให้เกิดกำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังแบบสวิตชิ่งได้ ด้วยเหตุผลนี้ สามารถวิเคราะห์การทำงานของวงจรเพื่อปรับการไหลของกระแสไฟฟ้าใหม่ด้วยการใส่ แอคทีพสวิตชิ่ง (Active Switching) เพิ่มเข้าไป เพื่อจัดการไหลของกระแสในส่วนของกราวนด์แท่นใหม่ เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนโหมดร่วมในวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง โดยทำการสมดุลแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งใหม่ แหล่งกำลังงานสวิตชิ่งแบบบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) เพื่อนำเอาวิธีควบคุมมาใช้ในวงจรฟูลบริดจ์สวิตชิ่งคอนเวอร์เตอร์ (FBC) ที่สามารถความคุมการหมุนของมอเตอร์ได้ 2 ทิศทาง พบว่าคุณสมบัติของ FBC สามารถสมดุลวงจรเพื่อขจัดสัญญาณรบกวนโหมดร่วมได้ดีกว่าและในส่วนของสัญญาณกระตุ้นออกแบบให้มีการทำงานเหมือนกับวงจรแบบบัคคอนเวอร์เตอร์ สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง [3] การออกแบบแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งอินเวอร์เตอร์ขนาด 3 เฟส (SPWM 3 Phase inverter) ด้วยการจำลองด้วย MATLAB สำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ ให้มีคุณภาพที่ดี จำเป็นต้องพัฒนาการควบควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์กำลัง [4] ซึ่งเทคโนโลยีของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมความ เอซี มอเตอร์ มีทั้งขนาด 1 เฟส และ 3 เฟส[5] ดังนั้นบทความนี้ จึงนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์กำลังสูญเสียในวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง จากรูปสัญญาณพัลส์กระตุ้นอินพุตของเพาเวอร์มอสเฟ็ตและสัญญาณเอาท์พุตที่ขับโหลดมอเตอร์ โดยวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดกำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง เริ่มจากส่วนที่หนึ่งคือ ลักษณะการกระตุ้นสัญญาณพัลส์กระตุ้นอินพุตอุปกรณ์เพาเวอร์มอสเฟ็ตและผลของกำลังเอาท์พุตของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง คือ วงจรแบบลิมิตสวิตช์ วงจรแบบฮาร์ฟบริดจ์ วงจรแบบฟูลบริดจ์ และวงจรสวิตชิ่งอินเวอร์เตอร์ เขียนเป็นสมการเพื่อคำนวนหาค่ากำลัง กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจึงนำผลการวิเคราะห์มาออกแบบวงจรช่วยขจัดสัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกำลังสูญในวงจรแหล่งจ่ายสวิตชิ่ง เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบวงจรขจัดกำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งต่อไป

2. วัตถุประสงค์

ศึกษาแนวทางการปรับปรุงกำลังสูญเสีย ของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง เมื่อขับโหลดแบบมอเตอร์ พัฒนาประสิทธิภาพลดกำลังสูญเสียของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง

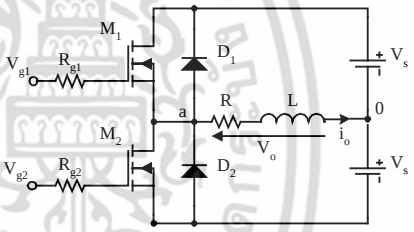
3. วิธีการวิจัย

ทำการศึกษาการขับมอเตอร์ด้วยวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง เป็นแบบลิมิตสวิตช์ (Limit-Switch) แบบฮาฟบริดจ์ (Half-Bridge), และแบบฟูลบริดจ์ (Full-Bridge) สำหรับใช้ควบคุมการทำงานของโหลดที่เป็นมอเตอร์ หรือมีลักษณะเดียวกันกับมอเตอร์ ซึ่งมีลักษณะสัญญาณเอาท์พุตเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตามแต่ชนิดของวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งสำหรับควบคุมการทำงานของโหลด ศึกษาการปรับปรุงวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง มาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อลดกำลังสูญเสียของระบบ ที่มีโหลดเป็นมอเตอร์ หรือมีลักษณะเดียวกันกับมอเตอร์เท่านั้น

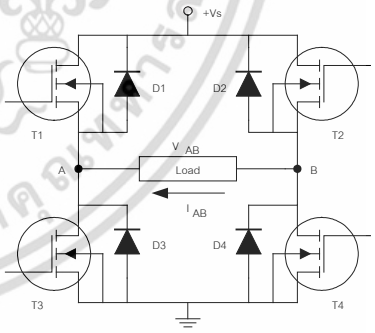
4. ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษากำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง สำหรับขับโหลดมอเตอร์ พิจารณาการวิเคราะห์กำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง ที่สัญญาณขับโหลดแบบ DC และ AC เพื่อเป็นพื้นฐานการเลือกใช้ชนิดของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาพบว่า เทคนิคการออกแบบวงจร Active Common-noise Canceller (ACC) สามารถลดกำลังสูญเสียของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง สำหรับขับโหลดมอเตอร์ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งให้ดีขึ้น

กำลังสูญเสียในแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิทชิ่ง คือ กำลังงานส่วนที่สูญเสียระหว่างใช้กำลังงานปกติ ส่วนค่าของประสิทธิภาพกำลังงานของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง คือ ค่าประสิทธิภาพของกำลังงาน หมายความว่า ค่าของประสิทธิภาพกำลังงานยิ่งมากเท่าไหร่ก็ยิ่งดี เนื่องจากจำนวนกระแสไฟฟ้า 220 V. ที่ไหลจากปลั๊กไฟผ่านเข้ามายังตัวสวิทชิ่งเพาเวอร์ ซัพพลาย เพื่อแปลงแรงดันไฟลงมาเป็นไฟแรงดันต่ำ เช่น 12 V., 5 V., 3.3 V. จะไม่สามารถแปลงได้ 100% เพราะ จะมีการสูญเสียของค่ากำลังงานในกระบวนการ ซึ่งการสูญเสียกำลังงานเหล่านี้อาจจะมาจากตัวเก็บประจุต่างๆ การรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าจากตัววงจรเองและอื่นๆ หรือจะอธิบายในอีกทางหนึ่ง คือ สมมุติว่าคอมพิวเตอร์ต้องการใช้กำลังไฟฟ้า 500 W. ตัว แหล่งจ่ายกำลังก็จะกินกำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ามากกว่านั้นนั่นเอง Power Efficiency คือ เปอร์เซ็นต์ของกำลังไฟ DC ที่จ่ายออกมา เทียบจากที่จ่ายกำลังไฟฟ้า AC เข้าไป เช่น ถ้า Power Efficiency = 80% ก็คือ ถ้าจ่ายไฟ AC เข้าไป 100 Watts จะได้ ไฟ DC ออกมาที่ 80 Watts ค่านี้ยิ่งสูงก็ยิ่งดี เพราะแสดงว่ามีกำลังสูญเสียน้อยกว่า และเกิดความร้อนน้อยกว่าด้วย เพราะว่ากำลังงานที่สูญเสียไฟฟ้า (Power Loss) จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปกำลังงานความร้อน ข้อดีอีกอย่างคือประหยัดค่าไฟฟ้ามากกว่าด้วย เพราะว่า load ของไฟ DC ที่เท่ากันจะกินไฟ AC น้อยกว่า มาตรฐานของ PSU (Power Supply Unit) รุ่นใหม่ๆ อยู่ที่ 80% เป็นอย่างต่ำ

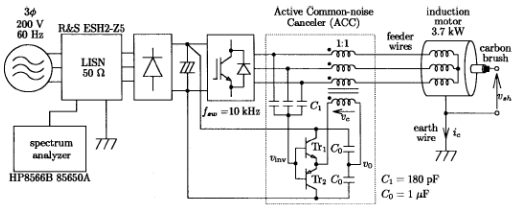


ก.วงจรแบบฮาร์ฟบริดจ์



ข. วงจรแบบฟูลบริดจ์

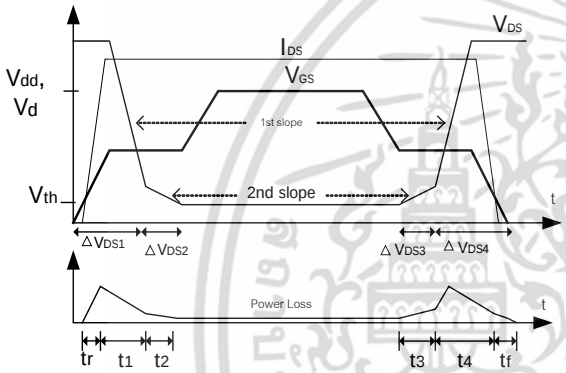
รูปที่ 1 โครงสร้างแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์



รูปที่ 2 โครงสร้างแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์กำลังสูญเสียของวงจรสวิตชิ่งในวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง สำหรับขับมอเตอร์ เลือกใช้วงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง แบบลิมิตสวิตช์ (Limit-Switch) แบบฮาฟบริดจ์ (Half-Bridge), แบบฟูล- บริดจ์ (Full-bridge) ดังรูปที่ 1 สำหรับการควบคุมการทำงานวงจรแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่งแบบลิมิตสวิตช์ จะใช้รวมกับวงจรแบบฟูลบริดจ์ ด้วยการจัดการกระตุ้นสัญญาณอินพุตแบบลิมิตสวิตช์ วงจรสวิตชิ่งอินเวอร์เตอร์ สามารถออกแบบวงจร ACC แสดงในรูปที่ 2 การพิจารณาการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิ่ง ในการศึกษาผลการลดกำลังสูญเสียของ อุปกรณ์สวิตชิ่ง ได้พิจารณาการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิ่งเพียงอุปกรณ์ตัวเดียว เนื่องจากมีหลักการทำงานเหมือนกัน หลักการวิธีการวิเคราะห์กำลังสูญเสียของอุปกรณ์สวิตชิ่ง มีลักษณะรูปสัญญาณ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สัญญาณช่วงเกตเปิด/ปิด และกำลังที่สูญเสีย

จากรูปที่ 3 สามารถคำนวณหาค่าสูญเสียกำลังได้จากสมการและมีขั้นตอนต่อไปนี้

$$\left[\frac{dI_{DS}}{dt}\right]_{on} \approx g_m \frac{V_{dd} - V_{th} - \frac{I_{Load}}{2g_m}}{C_{iss} R_{gon}} \quad (1)$$

$$\left[\frac{dI_{DS}}{dt}\right]_{off} \approx -g_m \frac{V_d - V_{th} - \frac{I_{Load}}{2g_m}}{C_{iss} R_{goff}} \quad (2)$$

$$\frac{dV_{DS}}{dt} = \frac{i_g}{C_{gd}} \approx \begin{cases} \frac{i_g}{C_{rss}}; & 1^{st} \text{ slope} \\ \frac{i_g}{C_{gdr}}; & 2^{nd} \text{ slope} \end{cases} \quad (3)$$

กระแสอินพุตขาเกตของอุปกรณ์สวิตชิ่ง

$$i_{gon} = \frac{V_{dd} - V_{Miller}}{R_{gon}} \quad (4)$$

$$i_{goff} = -\frac{V_d - V_{Miller}}{R_{goff}} \quad (5)$$

พลังงานสูญเสียช่วงขณะเปิด

$$W_{on} = \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS1})(t_r + t_1)] + \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS2})t_2] \quad (6)$$

พลังงานสูญเสียช่วงขณะปิด

$$W_{off} = \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS3})(t_3 + t_4)] + \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS4})t_f] \quad (7)$$

ดังนั้น จะได้สูญเสียกำลัง

$$P_{diss} = P_{on} + P_{off} \quad (8)$$

เมื่อ

$$P_{on} = \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS1})] + \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS2})]$$

$$P_{off} = \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS3})] + \frac{1}{2}[I_{DS}(V_S - \Delta V_{DS4})]$$

โดย

ΔV_{DS} คือ แรงดันตกคร่อมระหว่างเดรนกับซอต
V_S คือ แรงดันแหล่งจ่าย
t_r คือ ช่วงเวลาขาขึ้น
t_f คือ ช่วงเวลาขาลง
P_{diss} คือ สูญเสียกำลังรวมทั้งหมด (W)
g_m คือ ความนำของเพาเวอร์มอสเฟ็ต
V_d คือ แรงดันช่วงเกตเปิด
V_{dd} คือ แรงดันช่วงเก็ตปิด
V_{th} คือ อัตราส่วนแรงดันระหว่างเก็ตกับซอต
V_{Miller} คือ แรงดันคงที่ระหว่างเก็ตกับซอต
I_{DS} คือ กระแสไหลจากเดรนไปซอต
C_{iss} คือ ค่าประจุของเก็ต (ผลรวมค่าประจุเก็ต-ซอตกับเก็ต-เดรน)
C_{gd} คือ ค่าประจุเก็ตกับซอต
C_{rss} คือ ค่าประจุระหว่างเก็ตกับซอต
C_{grd} คือ ค่าประจุระหว่างเก็ตกับเดรน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาผลการลดสูญเสียกำลังของ อุปกรณ์สวิตชิ่ง ได้พิจารณาการทำงานของอุปกรณ์สวิตชิ่งเพียงอุปกรณ์ตัวเดียว เนื่องจากมีหลักการทำงานและวิธีการวิเคราะห์เหมือนกัน จากการศึกษาพบว่ามีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวน Conducted EMI ในอุปกรณ์สวิตชิ่ง จากรูปที่ 3 คือ การกระตุ้นของสัญญาณพัลส์ มีลักษณะส่วนประกอบของสัญญาณคือ ความกว้างสัญญาณต่อช่วงเวลาและขนาดสัญญาณสวิตชิ่ง สัญญาณด้านเอาท์พุตมีพารามิเตอร์สโลปของ I_{DS} และ V_{DS} สัญญาณรูปคลื่นของเพาเวอร์มอสเฟ็ต สามารถวิเคราะห์สัญญาณ Conducted EMI ได้จากสมการ (1)-(5) และวิเคราะห์สูญเสียกำลังในวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ ได้จากพลังงานในช่วงขณะรูปคลื่นของเพาเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอสเฟ็ต ขณะเริ่มทำงานและเริ่มหยุดทำงาน ดังสมการที่ (6) และ (7) โดยสามารถคำนวณสูญเสียกำลังในช่วงขณะเริ่มทำงานและเริ่มหยุดทำงาน ได้จากสมการที่ (8) เป็นกำลังสุญเสียทั้งหมด 1 ช่วงเวลา

6. ผลการวิจัย

กำลังสูญเสียของแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง อุปกรณ์ที่เป็นวงจรที่ประกอบด้วยเพาเวอร์มอสเฟ็ต แบ่งออกเป็นแหล่งจ่ายกำลังชนิดสวิตชิ่ง คอนเวอร์เตอร์แบบเฟสเดียว มีแรงดันอินพุตขนาด 24 โวลต์ โหลดเป็น ดีซี มอเตอร์ขนาด 24 วัตต์ มีสาเหตุการสูญเสียกำลังงานเอาท์พุตมาจากการทำงานของสัญญาณกระตุ้นที่ความถี่สูง ซึ่งมีระดับความรุนแรงของกำลังสูญเสีย และการปรับปรุงการทำงานใหม่ ดังผลการทดลองในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ คอนเวอร์เตอร์

แหล่งจ่ายกำลัง (โหลด ดีซี มอเตอร์)	สูญเสียกำลัง	
	วัตต์	เปอร์เซ็นต์
ลิมิตสวิตช์	0.98	4.1
ฮาฟบริดจ์	6.24	26
ฮาฟบริดจ์ + ACC	3.36	14
ฟูลบริดจ์	3.50	14.6
ฟูลบริดจ์ + ACC	1.37	5.71

ตารางที่ 2 ผลของสูญเสียกำลังของสวิตชิ่ง เพาเวอร์ ซัพพลาย อินเวอร์เตอร์ แบบ 3 เฟส กำหนดให้แรงดันอินพุตขนาด 240 โวลต์ มีโหลดเป็นมอเตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ จะพบว่าสูญเสียกำลังของกำลังเอาท์พุตจำลองผลการทดสอบที่ 3 เฟส ค่อนข้างจะรุนแรงกว่าแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ อินเวอร์เตอร์ แบบ 1 เฟส อันเนื่องมาจากการทำงานของเฟสแรงดันอินพุตมีระยะห่างลดลง 3 เท่า จึงส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กก่อกวนได้ง่ายกว่าแบบ 1 เฟสอย่างเดียว

ตารางที่ 2 แหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ 3 เฟส

แหล่งจ่ายกำลัง (โหลดมอเตอร์ 3 เฟส)	สูญเสียกำลัง	
	วัตต์	เปอร์เซ็นต์
อินเวอร์เตอร์	267	17.8
อินเวอร์เตอร์ 1 + ACC	218	14.53
อินเวอร์เตอร์ 2 + ACC	38	2.54

หมายเหตุ อินเวอร์เตอร์ 1 ไม่มีหม้อแปลง CM,
อินเวอร์เตอร์ 2 มีหม้อแปลง CM

4. สรุป

ผลการพิจารณาพบว่า การลดสัญญาณรบกวน Conducted EMI ในวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์แบบต่างๆ พบว่ายังไม่คำนึงถึงผลของ Power Loss มากนัก โดยเฉพาะในวงจรอินเวอร์เตอร์ ดังนั้น หากนำผลการวิเคราะห์การปรับปรุงการลดสูญเสียกำลังมาเป็นต้นแบบ เพื่อสำหรับใช้การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์แบบต่างๆ และสวิตชิ่งแบบอินเวอร์เตอร์ เนื่องจากการออกแบบการลดสูญเสียกำลังที่ขับเอาท์พุตกำลังสูงๆ จะเกิดสัญญาณรบกวน Conducted EMI ได้ง่ายกว่า เนื่องจากเป็นสัญญาณ AC ขนาด 3 เฟส จึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจ เนื่องจากวงจรแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ที่ขับเอาท์พุตสัญญาณ AC มีพื้นฐานการทำงานจากแหล่งจ่ายกำลังแก่โหลดมอเตอร์ แบบฟูลบริดจ์ ที่ให้สัญญาณเอาท์พุตขับโหลด AC ขนาด 1 เฟส สำหรับเป็นแนวทางการออกแบบแหล่งจ่ายกำลังชนิดสทิตชิ่งแบบอื่นได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ยุทธชัย ศิลปะวิจารณ์. 2556. อิเล็กทรอนิกส์กำลังกับงานไฟฟ้ากำลังสูง. ไทยแลนด์อินดัสตรี้ดอทคอม.

[2] Ahuja, R.K. 2014. Analysis Design and Control of Sinusoidal PWM Three Phase Voltage Source Inverter Feeding Balanced Loads at Different Carrier Frequencies Using MATLAB. International Journal of Advanced Research in Electrical: Electronics and Instrumentation Engineering, v. 3, Issue 5.

[3] Mohan, N. 2012. Electric Power Systems: A First Course. Wiley Print.

[4] Srisawang, A. 2012. Common Mode Noise in Comparison to the Full-bridge and Buck Converters for DC Motor Drive. Thanland: IEICE Electronics Express. v.9.

[5] Zhenyu, S. 2014. Classification of Auxiliary Circuit Schemes for Feeding Fast Load Transients in Switching Power Supplies. IEEE Transactions on Circuits and Systems—I: Regular Papers, v. 61.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A New Exponentially-Controlled Logistic Chaotic Map

Jeerana Noymanee, Wimol San-Um

Intelligent Electronic Systems (IES) Research Laboratory
Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology (TNI)
1771/1 Patthanakarn 37, Suanlaung, Bangkok, Thailand, 10250. Tel :(+66-2)-763-2600
wimol@tni.ac.th

***Abstract*— The typical logistic map has been utilized in a variety of applications such as in biological modeling and secure communications. Nonetheless, such a typical logistic map has only a single control parameter that sets all dynamic behaviors. This paper therefore introduces a new arbitrary power in the quadratic term in order to control stability of the system. The addition arbitrary power subsequently increases the degree of freedom of the logistic map and provides versatile responses as well as the flexibility of the system. Dynamic properties are described in terms of Cobweb plots, bifurcations, Lyapunov exponents, and chaotic waveforms in time domain. Experimental results utilize the Ardino microcontroller to generate chaotic waveforms with a relatively flat spectrum in frequency domain.**

Keywords—Generalization, Robust Chaos, Absolute Value nonlinearity, Bifurcation, Lyapunov exponent.

I. INTRODUCTION

Chaotic system is typically a dynamic system that possesses some significant properties, involving the sensitive dependence on initial conditions and system parameters, the density of the set of all periodic points, and topological transitivity. In particular, a chaotic map is the lowest one-dimensional evolution function in a discrete-time domain that can exhibits chaotic behaviors. The simplest chaotic map may be a logistic map which realizes quadratic polynomials as nonlinearity [1], i.e.

$$x_{n+1} = a - x_n^2 \tag{1}$$

where a is a control parameter. The well-known variant of (1) that has been employed in a variety of applications [2-4] is in the form

$$x_{n+1} = ax_n(1 - x_n) \tag{2}$$

In other words, it can be considered in (2) that the equation comprises two terms, i.e. linear and nonlinear terms as follows

$$x_{n+1} = ax_n - ax_n^2 \tag{3}$$

This equation normally utilizes for a classic example of nonlinear dynamic system behaviors. Originally, the Logistic Map is a discrete-time demographic model analogous to the first logistic equation created by Pierre François Verhulst. The variable x_n is a number between zero and one that represents the ratio of existing population to the maximum possible population. The coefficient a is a number means the sum of the rate of reproduction and malnutrition. This equation models the distribution of human populations and estimates the increasing in populations of other species under limited circumstances.

The common feature found in both (1) and (2) is a single changeable parameter a that sets overall dynamic behaviors of the overall system. Conventionally, the adaptive control of logistic map was therefore proposed using additional controller [5], i.e.

$$x_{n+1} = ax_n - bx_n^2 + u_k \tag{4}$$

where a and b are two system parameters and u_k is a contoller. Recently, a generalized Logistic Map has been proposed in the form

$$x_{n+1} = ax_n^{\alpha}(1 - x_n^{\beta}) \tag{5}$$

where α and β are arbritrary power of the variable x_n. It can be considered from (4) and (5) that the equations are complicated in terms of atleast three parameters that contol both linear and nonlinar terms.

This paper therefore presents a new technique for controlling stability of the logistic map through the use of fractional power in the nonlinear term. The dynamic behaviors can be controlled effectively. The addition arbitrary power subsequently increases the degree of freedom of the logistic map and provides versatile responses as well as the flexibility of the system. Dynamic properties will be described in terms of Cobweb plots, bifurcations, Lyapunov exponents, and chaotic waveforms in time domain. Experimental results utilize the Arduino microcontroller to generate chaotic waveforms with a relatively flat spectrum in frequency domain.

II. PROPOSED MODIFIED LOGISTIC MAP WITH ARBRITARY POWER IN NONLINEAR TERM

The proposed new technique for controlling stability of the logistic map through the use of fractional power in the nonlinear term is expressed as

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$x_{n+1} = ax_n(1 - x_n^{1-b}) \quad (6)$$

where a is a typical control parameter and b is a newly introduced parameter. Eq. (6) can be re-written as

$$x_{n+1} = ax_n - ax_n^{2-b} \quad (7)$$

It can be considered from (7) that the linear term (ax_n) is kept as original logistic map. However, the power of nonlinear term is reduced from 2 to frcational number. According to (8) the fixed point (x_p) can be found at

$$x_p = \left(\frac{1}{3-b}\right)^{\frac{1}{2-b}} \quad (8)$$

Generally, preliminary investigations of chaotic behaviors in chaotic maps can be achieved qualitatively and quantitatively through a bifurcation diagram and the Lyapunov Exponent (*LE*), respectively. The bifurcation diagram indicates possible long-term values, involving fixed points or periodic orbits, of a system as a function of a bifurcation parameter. The stable solution is represented by a straight line while the unstable solutions are generally represented by dotted lines, showing thick regions.

On the other hand, the *LE* is defined as a quantity that characterizes the rate of separation of infinitesimally close trajectories and is expressed as [5]

$$LE = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} \log_2 \frac{dx_{n+1}}{dx_n} \quad (9)$$

where N is the number of iterations. Typically, the positive *LE* indicates chaotic behaviors of dynamical systems and the larger value of *LE* results in higher degree of chaoticity. In this paper,

III. Simulation Results

A. Typical Logictic Map Characteristics

Dynamic behaviors of logistic map are investigated using MATLAB. Fig.1 shows an apparently chaotic waveform in time-domain where parameters were set at a = 3.99 and b = 0. It is seen from Fig.1 that the signal is random in both amplitude and frequency characteristics. Fig.2. shows the cobweb plot at a = 3.99 and b = 0.

The cobweb plot is typically used to investigate the qualitative behaviour of one-dimensional iterated functions. It can be seen in Fig.2 that a chaotic orbit shows a filled out area, indicating an infinite number of non-repeating values. Fig.3 show the period doubling bifurcation diagram in the region of [0,4] where chaos is induced from a gretaher than 3.5. Fig.5 shows the *LE* spectrum where chaos appears when *LE* is greater than zero.

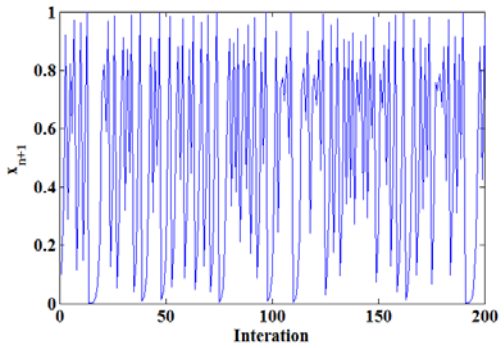


Fig.1. The pparently chaotic waveform in time-domain at a = 3.99 and b = 0.

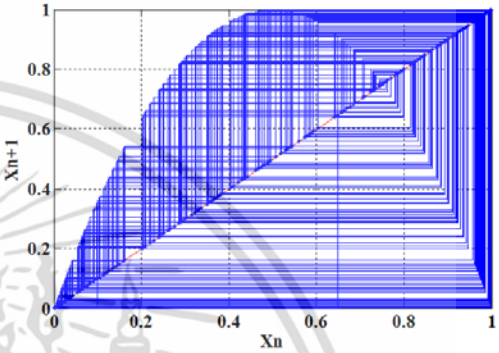


Fig.2. The cobweb plot at a = 3.99 and b = 0.

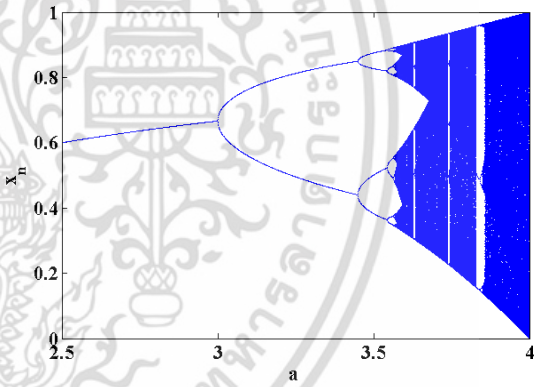


Fig.3. The period doubling bifurcation diagram in the region of [0, 4].

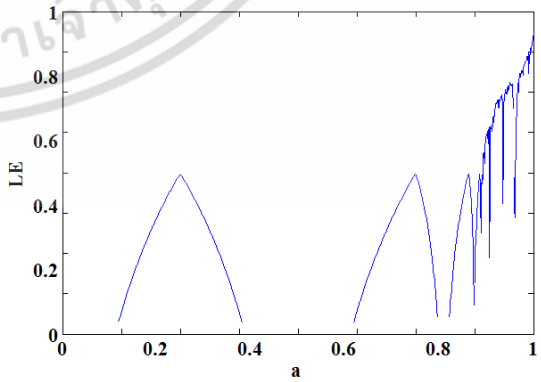


Fig.4 The *LE* spectrum where chaos appears when *LE* is greater than zero.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

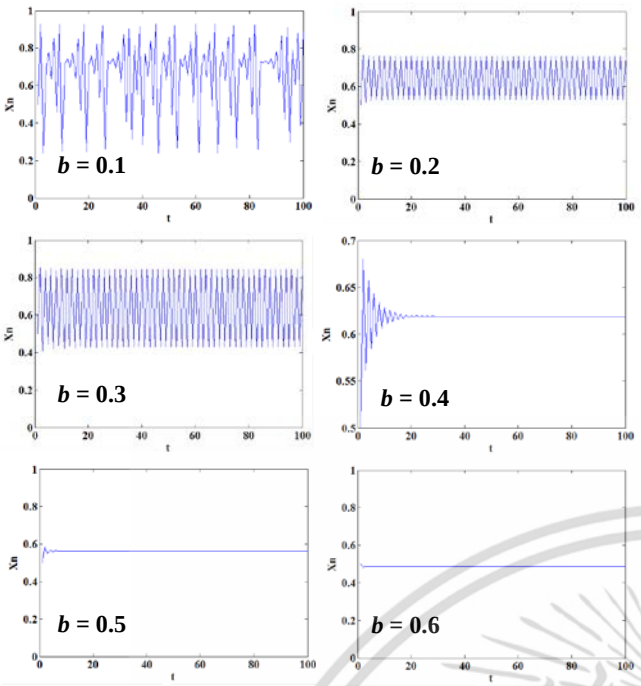


Fig.5. the time-domain waveforms of the modified logistic map at different value of the parameter *b*.

B. *Dynamic Behaviors of the proposed Modified Logistic Map*

Dynamic behaviors of the proposed modified logistic map can be investigated through the bifurcation of the parameter *b*. Fig.5.shows the period doubling bifurcation diagram of parameter *b* in the region of [0,1]. It can be seen that the bifurcation is inverse to the typical logistic map. In addition, the bifucation structure of parameter *a* versus *b* is shown in Fig.6. The system possesses relatively complex behaviors. In order to investigate the ability to control to behaviors, time domain waveforms are illustrated in Fig.7 It can be considered from Fig.7 that when the value of the parameter b is incresed, i.e. the power of the nonlinear term becomes fractional, the system become stable as indicated by the bifucation diagram shown in Fig.3 and the waveforms in Fig.7.

IV. Experimental Results

A. *Generation of Chaotic Signals Using Microcontroller*

The experimental results have been conducted using a cost effective Arduino with Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU as shown in Fig.6. The case where parameters *a* = 3.99 and *b*=0.1 was chosen as for demonstration. Fig. 7 shows the chaotic waveform generated from Arduino and Fig. 8. shows the Fast Fourier Transfrom (FFT) of the chaotic signal also showing a relatively flatspectrum over all frequency range. Other cases also exhibit the same characteristics in correspodance to the simulation results.

Fig.6 Arduino with Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU

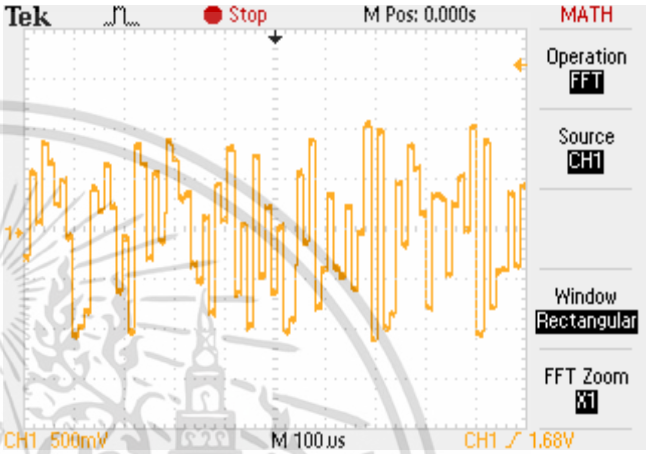


Fig.7. Chaotic waveform generated from Arduino.

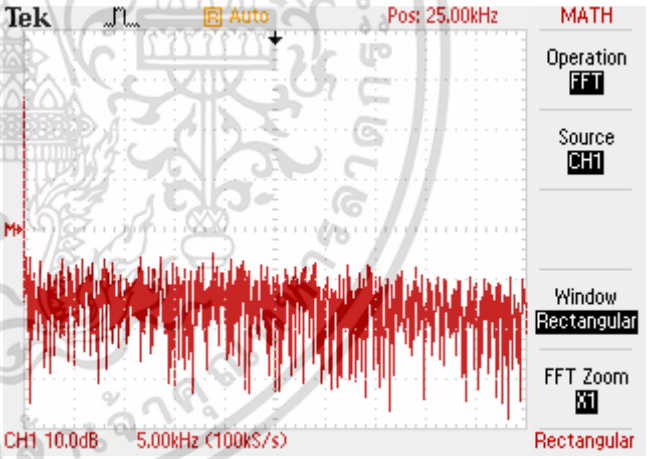


Fig.8 Fast Fourier Transfrom of the chaotic signal, showing a relatively flat spectrum over all frequency range .

V. Conclusion

This paper has presented a new arbritary power in the quadratic term in order to control stability of the system. The additial arbritary power subsequently increases the degree of freedom of the logistic map and provides versatile responses as well as the flexibility of the system. Dynamic properties are described in terms of Cobweb plots, bifurcations, Lyapunov exponents, and chaotic waveforms in time domain. Experimental results utilize the Ardino microcontroller to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

generate chaotic waveforms with a relatively flat spectrum in frequency domain. The application in random-bit generator that passes all NIST standard tests is also involved. The proposed chaotic map offer an alternative maps and random bit generator such as in cryptography or in communications

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Research and Academic Services Division of Thai-Nichi Institute of Technology (TNI) for research fund.

REFERENCES

[1] Yue Sun and Guangyi Wang, *"A study on relations between loops in sequences generated by the logistic map over integers and real numbers"*, IWSDA '09. Fourth International Workshop on Signal Design and its Applications in Communications, 19-23 Oct. 2009, pp. 165 - 168.

[2] Xuefeng Zhang and Jiulun Fan, *"Extended logistic chaotic sequence and its performance analysis"*, Tsinghua science and Technology, Volume 12, July 2007, pp. 156-161.

[3] Yue Sun and Guangyi Wang, *"An Image Encryption Scheme Based on Modified Logistic Map"*, 2011 Fourth International Workshop on Chaos-Fractals Theories and Applications (IWCFTA), 19-22 October 2011, pp. 179 - 182.

[4] Shih-Liang Chen, TingTing Hwang and Wen-Wei Lin, *"Randomness Enhancement Using Digitalized Modified Logistic Map"*, IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Volume: 57, Issue: 12, Dec. 2010, pp. 996 – 1000.

[5] E. Ott, Chaos in Dynamical Systems, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Performance Analysis of Automatic SPRT Module Calibration

Teerawat Thepmanee

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520
ktteeraw@kmitl.ac.th

***Abstract*— This paper aims to present a performance analysis of automatic calibration system of the standard platinum resistance thermometer module. The automatic method is based on the use of low thermal matrix scanners. Calibration results obtained from the automatic technique are compared with the results gotten by the conventional manual technique. The t-test, statistic hypothesis method, is used to assess whether the results of two techniques are statistically different from each other. The paired t-test analysis results show that there is no difference at the 95% confidence level. This confirms that the automatic technique using low thermal matrix scanner can be effectively employed. Moreover, it provides several advantages such as reduced errors caused by manual operation, reduced operating time, reduced paper usage, saving in labor cost, and obtaining benefits of electronic documents.**

***Keywords*— SPRT Module, Low Thermal Matrix Scanners (LTMS), Automatic Calibration, Hypotheses Test**

I. INTRODUCTION

In conventional method based on manual operations, the process of the SPRT (Standard Platinum Resistance Thermometer) module calibration takes long time and requires all employees' participation in the entire calibration process. It also requires an expert for calculating the results and measurement uncertainty. In order to minimize these limitations, an automatic technique for use in the calibration of SPRT is introduced. This proposed technique is based on the use of LTMS (Low Thermal Matrix Scanners) to interface between the SPRT module and standard resistors. However, the literature describes a technique for design and implementation of the calibration system and shows the calibration results with uncertainty only.[1]

The aim of this paper, therefore, is to analysis the performance of the automatic calibration technique proposed in for verifying its workability. In order to ensure that using LTMS to implement the automatic calibration can provide calibration results which are similar to the results achieved from the manual calibration procedure done by the expert. The statistic hypothesis method called t-test is employed to assess whether the results of automatic and manual calibration methods are statistically different from each other.

II. AUTOMATIC CALIBRATION METHOD

The SPRT module is an instrument which is usually connected to the thermometer readout for reading data from the SPRT in the digital format. In general, the calibration of the SPRT module is conducted by connecting standard resistors with the SPRT module for reading data by the thermometer readout. Then the precision of the SPRT module is analyzed and further reported in the format of calibration results included with measurement uncertainty.[2-4]

Based on manual operations, the calibration process starts from setting instrument parameters. The operator must check the instrument for readiness. After that, a standard resistor is connected with SPRT module for manually reading and recording the resistance values. The recorded data are used to calculate the errors, means, and uncertainty according to the standard of calibration. Unfortunately, the above calibration procedure is done for one standard resistor only. This means that the operator must take long time to perform the calibration process for all standard resistors used. Normally, it takes about 5 hours to complete the calibration process for 5 standard resistors. However, the time for reporting the results is not added. This implies that the report of calibration results could be obtained on the next day. For minimizing these limitation caused by manual operations, the LTMS is used to interface between the SPRT module and standard resistors for providing automatic calibration process as shown in Fig. 1 [1].

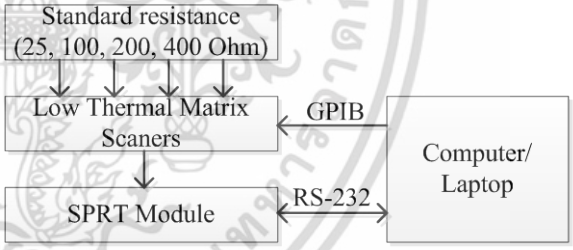


Fig. 1 Automatic SPRT module calibration.

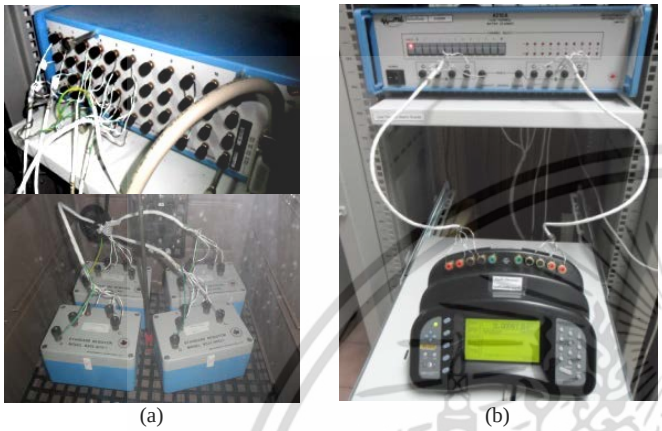
From Fig. 1, a computer is employed to control operations of the entire system. The SPRT module and LTMS are connected to the computer via RS-232 and IEEE-488(GPIB), respectively. The LTMS provides multi-channel connectors to interface with standard resistors. The software for automatic reading and recording the values of standard resistors of the SPRT module as well as automatic reporting the results is developed by the authors [1].

Table I. Shown specification of 4210A automated LTMS. Standard resistors wiring to an automated LTMS as shown in Fig.2(a), and connection automated LTMS to SPRT module as shown in Fig. 2(b).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE I
SPECIFICATION OF 4201 AUTOMATED LTMS.

Operation	Four Terminal Matrix
Thermal EMF's	< 50 nanovolts
Error Contribution	< 20 nanovolts
Contact Configuration	Relay - Two Coil Latching
Contact Resistance	<0.05 Ohms
Expected Relay Life	10^8 Operations
Insulation Resistance	$>10^{12}$ Ohms



(a) (b)

Fig. 2 The connection of LTMS to the SPRT module.

The automatic calibration system of the SPRT module can reduce the operation time of calibration from 5 hours, excluding time of recalibration, to 8 minutes which is the time for setting the program, connecting RS-232 cable with the thermometer readout, and linking GPIB (IEEE-488) cable to the automated LTMS. It also saves labor used in the calibration process, as well as reduces the complicated procedures that can cause errors in calibration. Time to wait for the process does not occur. A calibration program can be placed in advance to optimize the use of the standard. Lastly, this proposed method is easy to use and suitable for anyone inexperienced in calibration.

III. PROPOSED PERFORMANCE ANALYSIS

A. *Hypothesis test*

In some cases it is possible to pair the measurements. One member of each matched pair comes from one value or characteristic of a variable or design, and the other member of each pair comes from the other characteristic, but everything else is nearly the same (as closely as possible) for the two members of the pair. For example, we might have one member of each pair from an experimental type of equipment and the other member from a standard type. Aside from the variable used to form the pairs, factors which might have appreciable effects must be kept as constant as possible. We try to match the two items forming a pair. Randomization should still be used to minimize interference from other factors. Then the difference between the members of a pair becomes the important variable, which will be examined by a test of significance using the t-distribution. Is the mean difference significantly different from zero?[5].

This technique blocks out the effect of interfering variables. It is called a paired t-test or a t-test using a matched pair. Because both methods is how to calibrate SPRT module alike, but different in that the method presented has the equipment LTMS into the system to control input with SPRT module. Our approach uses t-test to compare the average of the two that were significantly different at 95% confidence level or not.

B. *Hypotheses Tests for a Difference in Means, Variances Unknown*

We now consider tests of hypotheses on the difference in means $\mu_1 = \mu_2$ of two normal distributions where the variances σ_1^2 and σ_2^2 are unknown. A t-statistic will be used to test these hypotheses. Two different situations must be treated. In the first case, we assume that the variances of the two normal distributions are unknown but equal; that is, $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$. In the second, we assume that and are unknown σ_1^2 and σ_2^2 not necessarily equal.

Suppose we have two independent normal populations with unknown means μ_1 and μ_2, and unknown but equal variances $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$. We wish to test.

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$$
$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq \Delta_0 \quad (1)$$

Let $x_{11}, x_{12},\ldots x_{1n1}$ be a random sample of n_1 observations from the first population and $x_{21}, x_{22},\ldots x_{2n2}$ be a random sample of n_2 observations from the second population. Let $\overline{x_1}$, $\overline{x_2}$, S_1^2 and S_2^2 be the sample means and sample variances, respectively.

It seems reasonable to combine the two sample variances S_1^2 and S_2^2 to form an estimator of σ^2. The pooled estimator of σ^2 is defined as follows.

$$S_p^2 = \left(\frac{(n_1-1)s_1^2+\left((n_2-1)s_2^2\right)}{n_1+n_1-2}\right) \quad (2)$$

Has a t distribution with $n_1 + n_2 - 2$ degrees of freedom (ν). The test statistic is

$$t_0 = \frac{(\bar{x}_1-\bar{x}_2)-(\mu_1-\mu_2)}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \quad (3)$$

The rejection criterion H_0

$$t_0 > t_{\alpha/2,\nu} \quad (4)$$

or

$$t_0 < -t_{\alpha/2,\nu} \quad (5)$$

The use of this information to test the hypotheses in Eq.(1) is now straightforward simply replace $\mu_1 - \mu_2$ by Δ_0, and the resulting test statistic has a t distribution with $n_1 + n_2 - 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

degrees of freedom under $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$. Therefore, the reference distribution for the test statistic is the *t* distribution with $n_1 + n_2 - 2$ degrees of freedom.

The location of the critical region for both two and one-sided alternatives parallels those in the one-sample case. Because a pooled estimate of variance is used, the procedure is often called the pooled t-test. [6]

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

In experiments, all equipment for calibration, as shown in Fig. 3. Start a manual calibration step A., and record the results in Table II.

Upon completion of this step, the process of automatic calibration step B and record the results in Table II., as well.

A. Calibration procedure

1) Manual calibrate procedure:

1.1) Standard resistor connected directly to the SPRT module Fig. 3(a).

1.2) Connect the standard resistor 25 Ω controlled temperatures at 23 °C with SPRT Module.

1.3) Read and record the number of SPRT Module 60 time. The result shown in Table II.

1.4) Change standard resistor 100, 200 and 400 Ω to steps 1.2 respectively.

2) Automatic calibrates procedure:

2.1) Connect the standard resistor with Low Thermal Matrix Scanner to SPRT Module show in Fig. 3(b).

2.2) Start the LTMS to scan input at 25 Ω.

2.3) Read and record the value of the SPRT Module 60 time. The result shown in Table II.

2,4) The LTMS scan input to the standard resistor 100, 200, and 400 Ω to steps (2) respectively.

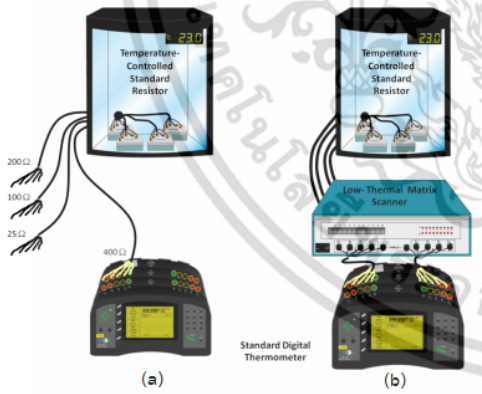


Fig. 3 Comparison between manual and automatic calibrations of the same SPRT module.

B. Numerical Illustration.

For an illustrative example, we consider standard resistor 25 Ω as shown in Table II., and the sample means and sample variances for all resistor as shown in Table III.

Table II.
RESULUT OF THE MANUAL AND AUTOMATIC CALIBRATIONS

Example : Resistor 25 Ω		
No.	Manual	Automatic
1	25.00025	25.00019
2	24.99993	25.00028
3	25.00036	24.99978
:	:	:
60	25.00005	25.00009

Table III.
RESULT OF THE SAMPLE MEANE AND SAMPLE VARIANCES

R (Ω)	Manual		Automatic	
	$\bar{x}_1$	S_1^2	$\bar{x}_2$	S_2^2
25	25.000119	1.84726E-08	25.0000751	1.48695E-08
100	99.999328	1.14607E-07	99.999298	1.40845E-07
200	200.000273	4.54192E-07	200.000326	4.14531E-07
400	399.999290	2.91176E-06	399.999541	2.94857E-06

C. Result of t-test

From Table III, we can calculate the value of t_0 according to equation 2 and 3, the result as follows.

$$S_p^2 = \left(\frac{(60\text{-}1)1.84726\text{E-}08 + \left((60\text{-}1)1.48695\text{E-}08\right)}{60 + 60\text{-}2} \right)$$

$$S_p^2 = 1.6671\text{E-}08$$

$$t_0 = \frac{(25.000119 - 25.0000751) - 0}{1.2911\text{E-}4\sqrt{\frac{1}{60} + \frac{1}{60}}}$$

$$t_0 = 1.880657$$

From t-distribution table is used to find the t-value such that $t_{\alpha/2,\nu}$ ($t_{0.025,118}$) approximately 1.98

Table IV.
RESULTS OF T-TEST

standard resistor (Ω)	t – stat (t_0)	t – critical ($t_{\alpha/2,\nu}$)
25	1.8806	1.9803
100	0.4598	1.9803
200	-0.4432	1.9803
400	-0.8053	1.9803

Conclusions: Since $-1.98 < t_0 = 1.88 < 1.98$, the null hypothesis cannot be rejected. That is, at the 0.05 level of significance, we do not have strong evidence to conclude that manual calibration results in a mean yield that differs from the mean yield when automatic calibration is used.

In this study, all of the experiments we use Excel program to calculate the value of t_0(t Stat), which reduces the computation time and accuracy in the experiment. The results were summarized in Table VI to VIII are as follows.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table V.
RESULTS OF T-TEST FOR STANDARD RESISTOR OF 25 Ω

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	25.0001195	25.00007517
Variance	1.84726E-08	1.48695E-08
Observations	60	60
Pooled Variance	1.6671E-08	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	118	
t Stat	1.880657019	
P(T<=t) one-tail	0.03124184	
t Critical one-tail	1.657869523	
P(T<=t) two-tail	0.062483679	
t Critical two-tail	1.980272226	

Table VI.
RESULTS OF T-TEST FOR STANDARD RESISTOR OF 100 Ω

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	99.99932833	99.99929833
Variance	1.14607E-07	1.40845E-07
Observations	60	60
Pooled Variance	1.27726E-07	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	118	
t Stat	0.459771711	
P(T<=t) one-tail	0.323263043	
t Critical one-tail	1.657869523	
P(T<=t) two-tail	0.646526085	
t Critical two-tail	1.980272226	

Table VII.
RESULTS OF T-TEST FOR STANDARD RESISTOR OF 200 Ω

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	200.0002733	200.0003267
Variance	4.54192E-07	4.14531E-07
Observations	60	60
Pooled Variance	4.34362E-07	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	118	
t Stat	-0.443234597	
P(T<=t) one-tail	0.32920381	
t Critical one-tail	1.657869523	
P(T<=t) two-tail	0.65840762	
t Critical two-tail	1.980272226	

Table VIII.
RESULTS OF T-TEST FOR STANDARD RESISTOR OF 400 Ω

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	399.99929	399.9995417
Variance	2.91176E-06	2.94857E-06
Observations	60	60
Pooled Variance	2.93017E-06	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	118	
t Stat	-0.805267288	
P(T<=t) one-tail	0.211142556	
t Critical one-tail	1.657869523	
P(T<=t) two-tail	0.422285113	
t Critical two-tail	1.980272226	

V. CONCLUSIONS

Performance analysis by comparison with the manual calibration of the same SPRT module as shown in Fig. 3. Tables 4 give the analysis results obtained from t-test when calibrating the SPRT module with standard resistors of 25 Ω, 100 Ω, 200 Ω, and 400 Ω, respectively. From all Tables 5-8, the values of t Stat are less than the values of t Critical two-tail, for example 1.8806 < 1.9803, it is shown that there is no difference at the significant level of 95% between two calibration results. This confirms the efficiency of the automatic calibration technique.

ACKNOWLEDGMENT

Special Thanks Mr. Sumetha Namsirilert for the Quality Analysis Department of the PTT Public Company Limited for data supporting.

REFERENCES

[1] Teerawat Thepmanee, Sumetha Namsirilert, Sawai Pongswatd, Ruedee Masuchun, “Automatic SPRT module calibration using Automated Low Thermal Matrix Scanners”, *International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, May 17-19, 2011, pp. 601 – 604.
[2] M. Cable, Calibration: A Technician’s Guide, ISA, 2007.
[3] J.V. Nicholas and D.R. White, Traceable Temperatures An Introduction to Temperature Measurement and Calibration, John Wiley & Sons, 1998.
[4] Hart Scientific, 1560 Black Stack User’s Guide, Hart Scientific
[5] W.J. DeCoursey, “Statistics and Probabilityfor Engineering Applications”, Newnes, 2003.
[6] Douglas C. Montgomery; George C. Runger , “Applied Statistics and Probability for Engineers”, Fifth Edition, August 16, 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์รูปร่างของลวดจัดฟันแบบลูปตัวทีด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Shape Analysis of T-Loops Orthodontic Wires by Finite Element Method

ภาณุพงศ์ หวังสุข[†1], เอกอุ ธรรมกรบัญญัติ[‡2]

[†]หลักสูตรปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] wa.panupong_st@tni.ac.th

[‡]ห้องปฏิบัติการวิจัยคณิตศาสตร์ประยุกต์และกลศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[2] ek-u@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของขนาดของลวดจัดฟันแบบลูปตัวทีต่อแรงดึง และอัตราส่วนของแรงต่อระยะเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องพิจารณาในการจัดฟันโดยใช้ลูป ทำการวิเคราะห์โดยปรับเปลี่ยนขนาดต่าง ๆ ของลูปตัวที แล้วใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเคลื่อนที่ของขาลูปกับแรงที่เกิดขึ้นในแนวระดับ พบว่า ระยะห่างระหว่างขาลูปไม่มีผลต่อแรงในแนวระดับและอัตราส่วนของแรงต่อระยะเคลื่อนที่ ความยาวในแนวระดับของลวดที่เป็นส่วนบนของลูปตัวทียิ่งมีค่ามาก ยิ่งทำให้ได้แรงในแนวระดับมีค่าน้อย นอกจากนี้ความสูงของลูปซึ่งประกอบด้วยความสูงของขารวมกับความสูงของส่วนที่ดัดโค้งเป็นตัวทีมีผลต่อแรงในแนวระดับอย่างมีนัยสำคัญ ลูปที่มีความสูงมากจะทำให้ได้แรงในแนวระดับมีค่าน้อย ข้อมูลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบขนาดของลูปตัวทีที่เหมาะสม และยังใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ขนาดของลูปแบบอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: ลูปตัวที, ลูปปิด, แรงต่อระยะเคลื่อนที่, ลวดจัดฟัน, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This research studies the effects of T-loop's size to the traction force and the load/deflection which will be considered in orthodontic loop design. The dimensions of T-loops are varied and the relations between deflection of loop legs and horizontal forces are analyzed using the finite element method. The results show that the distance between loop legs does not affect to the horizontal force and load/deflection. More horizontal length of T-loop will decrease the horizontal force. Furthermore, the total loop height significantly affect to the horizontal force. A loop with more height leads to a smaller horizontal force. The result of this research can then be used in an optimum T-loop design and also be acted as a guideline for an analysis of other closing loops.

Keywords:, T-loops, closing loop, load/deflection, orthodontic wire, finite element method

1. บทนำ

โดยทั่วไปผู้ที่มีปัญหาฟันเรียงตัวไม่สวยงามในลักษณะที่มีช่องว่างระหว่างฟันมักจะเข้ารับการจัดฟัน ซึ่งนอกจากจะแก้ปัญหาดังกล่าวแล้วยังช่วยป้องกันปัญหาฟันล้ม และเพื่อให้มีความมั่นใจในการเข้าสังคมมากขึ้นอีกด้วย การจัดฟันในลักษณะนี้ทันตแพทย์จะต้องใส่แรงกระทำผ่านแบร็คเก็ต (Bracket) ที่ติดอยู่บนซี่ฟันที่ต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่เพื่อปิดช่องว่างดังกล่าว การเลื่อนฟันในลักษณะดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็นสองวิธีขึ้นกับลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ คือ วิธีกลศาสตร์การเลื่อน (Sliding mechanics) และวิธีกลศาสตร์ลูปปิด (Closing loop mechanics) กล่าวโดยสังเขปได้ว่า วิธีแรกจะมองลวดจัดฟันเป็นรางที่แบร็กเก็ตจะเลื่อนไปตามราง และทำให้ฟันเลื่อนไปอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ทันตแพทย์มักใช้ยางเส้นขนาดเล็กคล้องระหว่างแบร็คเก็ตของฟันสองซี่เพื่อดึงฟันให้เลื่อนไปบนลวดในทิศทางที่ต้องการ ในขณะที่วิธีที่สองจะดัดลวดจัดฟันให้เป็นลูปรูปร่างต่าง ๆ เช่น ตัวยู ตัวที ตัวแอล หยดน้ำ และสามเหลี่ยม เป็นต้น ทันตแพทย์จะวางตำแหน่งของลูปให้อยู่ตรงช่องว่างระหว่างฟัน อาศัยการดึงขาลูปให้แยกออกทำให้เกิดแรงในลักษณะของสปริงที่พยายามคืนตัวดึงแบร็คเก็ตเพื่อให้ฟันเลื่อนเข้าหากัน

งานวิจัยนี้ให้ความสนใจไปที่วิธีจัดฟันโดยใช้ลูปปิดซึ่งที่ผ่านมามีการศึกษาและวิจัยทางด้านนี้มากมาย โดยส่วนใหญ่จะวิเคราะห์รูปร่างของลูปปิดที่มีผลต่อพฤติกรรมทางกลของลวด ได้แก่ อัตราส่วนโมเมนต์ต่อแรง (Moment-to-force ratio, M/F) อัตราส่วนแรงต่อระยะเคลื่อนที่ (Load/deflection) และแรงในแนวดิ่ง (Vertical force) ในตัวแปรทั้งสาม อัตราส่วนโมเมนต์ต่อแรงมีความสำคัญที่สุดต่อการเคลื่อนที่ของฟัน บทความส่วนใหญ่จะวิเคราะห์เน้นหนักไปที่ตัวแปรนี้โดยใช้วิธีของคาสติเกลียโน [1-2] วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [1-5] และวิธีทดลอง [3-4, 6] โดยสองตัวแปรที่เหลือมักจะถูกวิเคราะห์ร่วมไปในงานวิจัยดังกล่าว ในประเทศไทยมีการวิเคราะห์อัตราส่วนแรงต่อระยะเคลื่อนที่ของลวดสี่รูปแบบโดยการทดลองแล้วเปรียบเทียบ โดยมีเกณฑ์ว่ารูปร่างของลวดที่ดีที่สุดจะใช้แรงดึงให้ยืดน้อยที่สุด [7]

จากการค้นคว้าของผู้เขียน งานวิจัยดังกล่าวข้างต้นทำการวิเคราะห์รูปร่างของลวดโดยกำหนดขนาดของรูปร่างไปที่ค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะ เป็นการวิเคราะห์ว่ารูปร่างแบบใดมีพฤติกรรมทางกลเท่าไหร่และต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

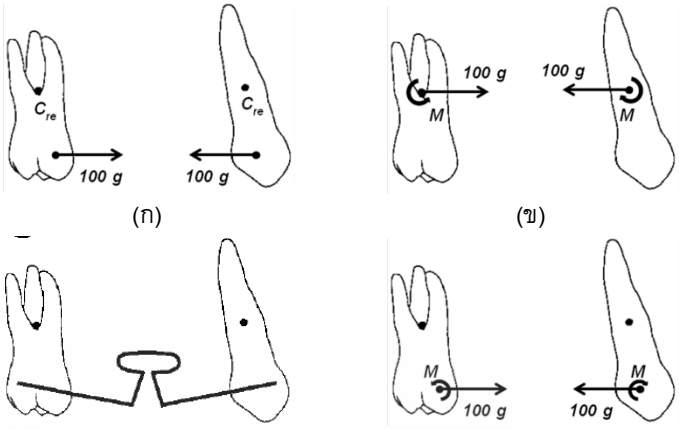
อย่างไร โดยไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนขนาดความยาว ความสูง และรัศมีความโค้งของรูปร่างนั้น ๆ อย่างครบถ้วนเพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้ใช้งานว่าตัวแปรหรือสัดส่วนใดของลูปปิดที่มีผลต่อพฤติกรรมทางกลของลูปนั้นบ้าง ในงานวิจัยนี้จะศึกษาผลกระทบของขนาดของลวดจัดฟันลูปตัวทีต่อพฤติกรรมทางกลของมันด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเลือกพิจารณาอัตราส่วนแรงต่อระยะเคลื่อนที่เป็นหลัก และใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ANSYS เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

2. ทฤษฎี

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงระบบของแรงที่ทำให้ฟันเคลื่อนที่ และหลักการของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยจะบรรยายให้ผู้อ่านเข้าใจในระดับพื้นฐานเท่านั้น

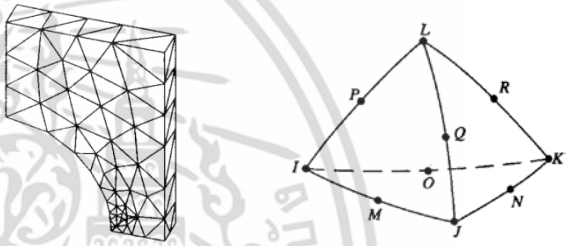
2.1 กลศาสตร์ของทันตกรรมจัดฟัน

เมื่อพิจารณาแรงทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยแรงกระทำที่แบร็คเก็ตและแรงต้านของเนื้อเยื่อบริเวณรากฟันที่กระทำกับฟัน จะพบว่า มีจุดอยู่จุดหนึ่งวางตัวอยู่ในแกนแนวดิ่งของฟัน ซึ่งถ้าใส่แรงกระทำในแนวนอนกับฟันโดยให้ผ่านจุดนี้ ฟันจะเลื่อนไปตามแนวแรงโดยไม่เกิดการหมุน จุดดังกล่าวนี้เรียกว่า จุดศูนย์กลางการต้านทาน (Center of resistance, C_{re}) [8] แต่ในทางปฏิบัติการเลื่อนฟันไม่ว่าจะใช้วิธีกลศาสตร์การเลื่อนหรือกลศาสตร์ลูปปิดจะต้องใส่แรงกระทำที่แบร็คเก็ตดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) โดยสมมุติให้ทราบว่าแรงที่ต้องใช้มีขนาด 100 กรัม จากความรู้ทางกลศาสตร์ในส่วนของสถิตยศาสตร์ จะมีระบบของแรงและโมเมนต์ (หรือแรงคู่ควบ) กระทำที่จุด C_{re} ดังรูปที่ 1 (ข) โมเมนต์ดังกล่าวเกิดจากแรง 100 กรัมคูณกับระยะทางระหว่างแบร็คเก็ตถึงจุด C_{re} ซึ่งโมเมนต์หรือแรงคู่ควบนี้จะทำให้รากฟันหมุนไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศที่ฟันจะเคลื่อนที่ไป สำหรับวิธีกลศาสตร์ลูปปิด ทันตแพทย์จะออกแบบลูปปิดที่ทำให้เกิดระบบของแรงและโมเมนต์ขึ้นที่แบร็คเก็ตในลักษณะดังรูปที่ 1 (ค) และ (ง) ตามลำดับ โดยโมเมนต์ที่เกิดจากลูปปิดจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับโมเมนต์ของแรง 100 กรัมที่เกิดขึ้นที่จุด C_{re} จากหลักการดังที่กล่าวมา การออกแบบลูปปิดจึงให้ความสำคัญกับ (1) ขนาดของแรงที่จะใช้ในการเลื่อนฟันให้พอดีที่จะสามารถเลื่อนฟันได้โดยไม่ทำลายเนื้อเยื่อหรือส่วนอื่น ๆ รอบฟัน และ (2) ขนาดของโมเมนต์ที่จะสามารถหักล้างกับแรงคู่ควบที่เกิดขึ้นที่จุด C_{re} ได้ โดยจะพิจารณาขนาดของโมเมนต์นี้ในรูปของตัวแปร M/F อนึ่งเนื่องจากแบร็คเก็ตติดอยู่ที่ผิวนอกสุดของฟัน ดังนั้นนอกจากจะเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบขึ้นตามรูปที่ 1 (ข) แล้ว ยังเกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบรอบแกนในแนวดิ่งของฟันด้วย ซึ่งโมเมนต์นี้จะพยายามหมุนฟันรอบแกนในแนวดิ่ง แต่ขนาดของโมเมนต์จะมีค่าน้อยกว่าโมเมนต์ในกรณีแรก บทความนี้จะไม่พิจารณาผลกระทบใด ๆ จากโมเมนต์นี้ และจะไม่นำไปเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์พฤติกรรมทางกลของลูปปิด



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 1 จุดศูนย์กลางความต้านทานและระบบของแรงเนื่องจากลูป (ปรับปรุงรูปจากบทความของ Lindauer [8])



(ก) (ข)

รูปที่ 2 การแบ่งโดเมนของปัญหาในวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (ก) โดยใช้เอลิเมนต์ทรงสี่หน้า และ (ข) ตัวอย่างเอลิเมนต์ทรงสี่หน้า 10 จุดต่อ [9]

2.2 วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

โดยทั่วไปในการวิเคราะห์ปัญหาทางกลศาสตร์ของแข็ง การหาคำตอบโดยใช้วิธีทางทฤษฎีอาจมีความยุ่งยากเนื่องจากความซับซ้อนของรูปร่างของวัตถุ หรือคุณสมบัติของวัสดุ การใช้วิธีเชิงตัวเลข (Numerical methods) ในการประมาณค่าหาคำตอบที่มีความถูกต้องเพียงพอจึงเป็นทางเลือกที่วิศวกรและนักวิทยาศาสตร์นิยมใช้กันมากขึ้น วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ก็เป็นวิธีเชิงตัวเลขวิธีหนึ่งที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และมีโปรแกรมให้ใช้งานเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นที่ยอมรับถึงความถูกต้องของผลลัพธ์ที่คำนวณได้ รวมไปถึงความสะดวกและความรวดเร็วในการใช้งาน

หลักการพื้นฐานของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือการแบ่งรูปร่างของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) โดยเอลิเมนต์ย่อยนี้อาจมีรูปร่างเป็นสองมิติ เช่น สามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม หรือสามมิติ เช่น รูปทรงสี่หน้า (Tetrahedral element) รูปอิฐบล็อก (Brick element หรือ hexahedral element) และรูปลิ่ม ก็ได้ เอลิเมนต์จะประกอบด้วยจุดต่อ (Node) ซึ่งที่แต่ละจุดต่อจะใช้อ้างอิงถึงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะใช้วิธีเชิงตัวเลขเปลี่ยนสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial differential equation) ที่ควบคุมพฤติกรรมและคุณสมบัติของเอลิเมนต์ย่อยให้กลายเป็นสมการพีชคณิตเชิงเส้น จากนั้นทำการประกอบสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยของแต่ละเอลิเมนต์เข้าด้วยกันเป็นระบบสมการรวมของปัญหา ซึ่งเมื่อจัดรูปแล้ว สมการสุดท้ายจะอยู่ในรูปของสมการยืดหยุ่นเชิงเส้น

$$[K]\{q\}=\{F\} \quad (1)$$

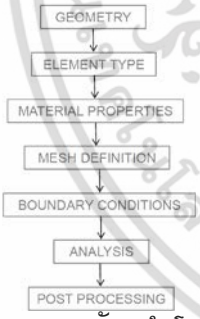
โดย $[K]$ เป็นเมทริกซ์ของความแข็งเกร็ง $\{q\}$ เป็นเวกเตอร์ของระยะกระจัดที่จุดต่อ และ $\{F\}$ เป็นเวกเตอร์ของแรงที่จุดต่อ อนึ่งในแต่ละเอลิเมนต์จะอาศัยฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์เพื่อคำนวณระยะกระจัดภายในเอลิเมนต์โดยประมาณ เช่น ประมาณเป็นสมการเส้นตรง เป็นต้น

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยโปรแกรม ANSYS มีขั้นตอนพอสรุปเป็นหลักการได้ดังแสดงในรูปที่ 3 คือ การสร้างแบบจำลองของปัญหา การเลือกชนิดของเอลิเมนต์ การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ การสร้างเมช (Mesh generation) การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตซึ่งรวมไปถึงการกำหนดภาระที่กระทำ การคำนวณตัวแปรเบื้องต้น และสุดท้ายคือการนำตัวแปรเบื้องต้นที่คำนวณได้ไปคำนวณตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป

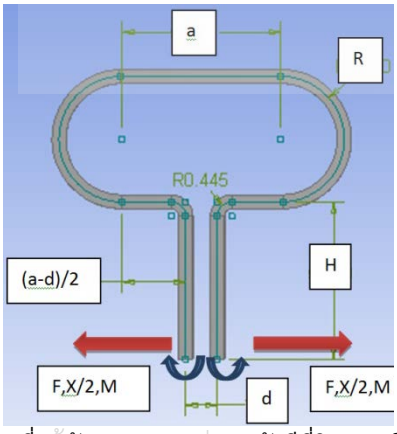
3. การวิเคราะห์ลูปตัวทีด้วยโปรแกรม ANSYS

3.1 ขนาดของลูปตัวที และตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลูปตัวทีที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มีลักษณะรูปร่างและการกำหนดตัวแปรของขนาดดังแสดงในรูปที่ 4 โดยจะจำกัดขนาดสูงสุดในแนวนอนและในแนวดิ่งให้ไม่เกินด้านละ 10 มม. เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในช่องปาก [2] หน้าตัดของลวดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 × 5 ตร.มม.



รูปที่ 3 ขั้นตอนการจำลองปัญหาในโปรแกรม ANSYS



รูปที่ 4 ตัวแปรของขนาดลูปตัวทีที่วิเคราะห์

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าลูปจะมีการดัดโค้งคล้ายพยัญชนะตัว T ในภาษาอังกฤษ ตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์ คือ ความยาวของลูปในแนวนอน a รัศมีความโค้ง r ความสูงของขาลูป h และระยะห่างระหว่างขาลูป d งานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ตัวแปรเหล่านี้โดยนำมาเทียบกันเพื่อให้ทราบว่า ตัวแปรใดมีผลต่อพฤติกรรมทางกลของลูปเท่าใด ดังกรณีต่อไปนี้

3.1.1 วิเคราะห์ d เทียบ a โดยกำหนดให้ r = 1 มม. h = 8 มม. และ a = 8 มม. แล้วปรับเปลี่ยนค่า d จาก 1 ถึง 5 มม.

3.1.2 วิเคราะห์ r เทียบ a โดยกำหนดให้

- h = 4 มม. d = 1 มม. และ a = 3 มม. แล้วปรับเปลี่ยนค่า r จาก 0.5 ถึง 3 มม.
- h = 8 มม. d = 1 มม. และ r = 1 มม. แล้วปรับเปลี่ยนค่า a จาก 2 ถึง 8 มม.

3.1.3 วิเคราะห์ r เทียบ h โดยกำหนดให้ a = 8 มม. d = 1 มม. และ r = 1 มม. แล้วปรับเปลี่ยนค่า h จาก 2 ถึง 8 มม.

3.2 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS

ข้อมูลที่ต้องป้อนให้กับโปรแกรม ANSYS อาจเรียงลำดับตามรูปที่ 3 โดยประมาณ แต่ด้วยความยืดหยุ่นของโปรแกรม ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูลสลับขั้นตอนก่อนหลังได้ในระดับหนึ่ง ส่วนที่สำคัญในการวิเคราะห์คือ รูปร่างของลูปตัวทีซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 4 และการปรับเปลี่ยนขนาดต่าง ๆ สามารถทำได้โดยแก้ไขตัวเลขบอกขนาดในส่วนของ CAD ซึ่งโปรแกรมจะปรับขนาดให้โดยอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เอลิเมนต์ SOLID95 ซึ่งเป็นเอลิเมนต์สี่เหลี่ยมสามมิติ 20 จุดต่อในการคำนวณ และให้โปรแกรมกำหนดจำนวนเอลิเมนต์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ โดยจำนวนเอลิเมนต์และจำนวนจุดต่อที่ใช้ในการคำนวณจะอยู่ระหว่าง 40 000 - 80 000 เอลิเมนต์ และ 20 000 - 35 000 จุดต่อตามลำดับ ส่วนการให้ภาระกับโครงสร้างลูป สำหรับงานวิจัยนี้จะกำหนดระยะยืดที่ขาลูปทั้งสองข้างให้เคลื่อนออกไปเป็นระยะ x/2 แล้วให้โปรแกรมคำนวณหาแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น โดยจะปรับเปลี่ยนระยะยืดตั้งแต่ 0.25 ถึง 3 มม. หมายเหตุว่า งานวิจัยนี้จะมุ่งพิจารณาที่อัตราส่วนแรงต่อระยะเคลื่อนที่เป็นหลัก

4. ผลและการวิเคราะห์ผล

กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ d เทียบ a ได้ผลดังรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะระหว่างขาลูปทั้งสองไม่มีผลต่อแรงดึงของลวด ทันตแพทย์สามารถเลือกกำหนดระยะระหว่างขาลูปได้ตามความเหมาะสมกับลักษณะในช่องปากของคนไข้โดยจะไม่กระทบต่อแรงที่ขาของลูป หรือแรงที่จะกระทำที่แบร็คเก็ต

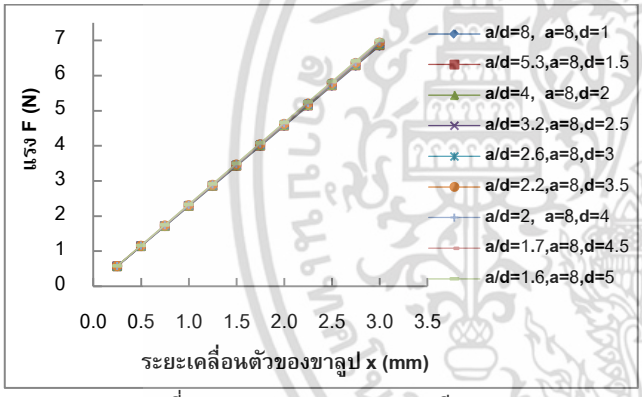
กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ r เทียบ a ซึ่งมีการกำหนดความสูงของขาลูปสองค่า คือ 4 และ 8 มม. จะแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปคือ รูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ เนื่องจากขนาดของแรง F ที่คำนวณได้ของทั้งสองรูปมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก จากผลการคำนวณทั้งสองรูปจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

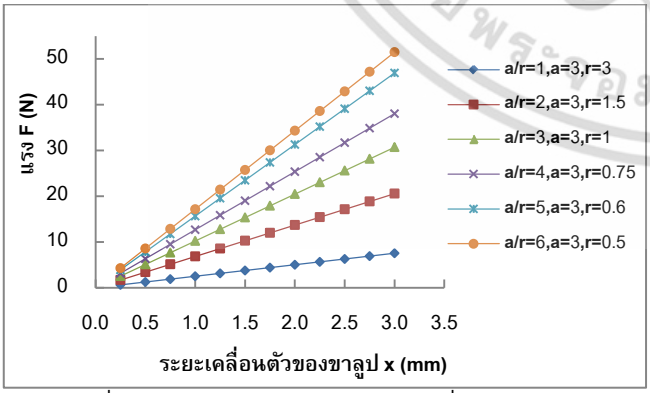
สามารถประเมินได้ว่า เมื่อความสูงของขาลูปมีค่าไม่มากพอ แรง F ที่ขาลูป จะมีค่าค่อนข้างสูง ในขณะที่แรงที่ใช้ในการเลื่อนฟันอาจมีค่าไม่ถึง 5 นิวตัน โดยในรูปที่ 6 เมื่อความสูงของขาลูปมีขนาดปานกลางพบว่า เมื่อให้ a มีค่าคงที่ ค่า r ที่มีค่ามากจะใช้แรง F ที่มีขนาดน้อยกว่าน่าจะเหมาะกับการใช้งานจริงมากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kosonittikul และคณะ [7] ที่แนะนำให้ใช้แรง F น้อย ๆ จะดีกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าถ้าค่า h น้อย ควรจะเลือกใช้ค่า r ที่มากขึ้นเพื่อให้ได้แรง F ที่เหมาะสม และจากรูปที่ 7 จะได้ว่า เมื่อค่า h มากเพียงพอ และค่า r น้อย ค่า a ที่มากกว่าจะให้แรง F ที่มีขนาดน้อยกว่า

กรณีที่ 3 การวิเคราะห์ r เทียบ h จะได้ผลการคำนวณดังรูปที่ 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่า h ที่มากกว่าจะให้แรง F ที่มีขนาดน้อยกว่า

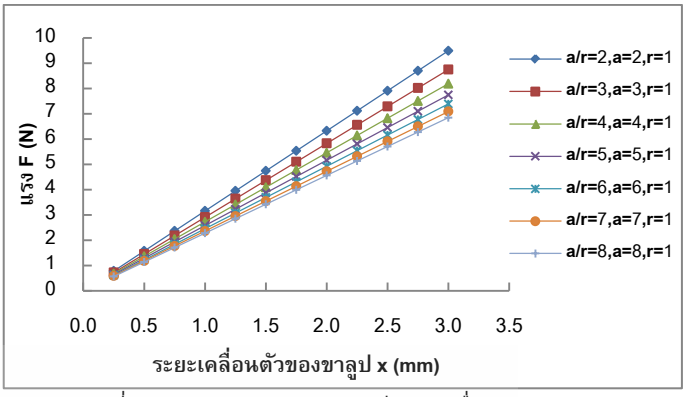
จากทั้ง 3 กรณี แม้ว่าจะยังมีบางแง่มุมที่งานวิจัยนี้ยังไม่ได้วิเคราะห์ เช่น ความสูงของลูปโดยรวม (h + r) แต่พอจะสังเกตได้คร่าว ๆ ว่า ความสูงโดยรวมของลูปมีผลอย่างมากต่อขนาดของแรง F โดยควรจะให้ลูปมีความสูงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ไม่ว่าจะกำหนดให้ h มีค่ามาก หรือ r มีค่ามากก็ตาม



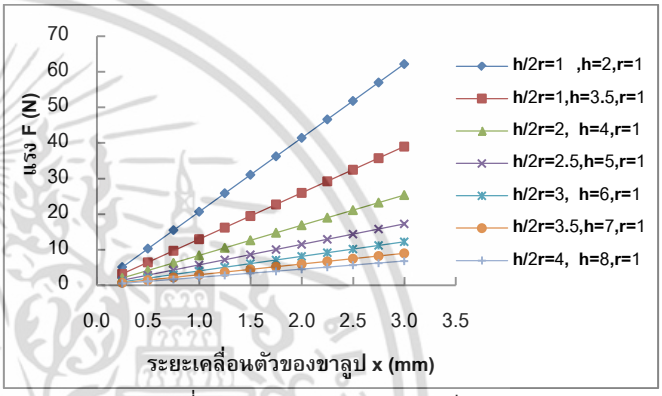
รูปที่ 5 ผลการคำนวณระยะ d เทียบ a



รูปที่ 6 ผลการคำนวณระยะ r เทียบ a เมื่อ h = 4 ม.ม.



รูปที่ 7 ผลการคำนวณระยะ r เทียบ a เมื่อ h = 8 ม.ม.



รูปที่ 8 ผลการคำนวณระยะ r เทียบ h

5. สรุป

งานวิจัยนี้อธิบายความรู้พื้นฐานเบื้องต้นในการจัดฟันโดยวิธีกลศาสตร์ของลูป และใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ANSYS วิเคราะห์ขนาดของลูปตัวที่ว่ามีผลอย่างไรต่อแรงที่ขาลูปในแนวนอน ซึ่งแรงนี้เป็นแรงที่จะกระทำที่แบร็คเก็ตและทำให้ฟันเลื่อนไปในทิศทางที่ต้องการ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะระหว่างขาลูปทั้งสองไม่มีผลต่อแรงดังกล่าว ความยาวในแนวระดับและความสูงโดยรวมของลูปควรมีค่ามากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้แรงที่ใช้เลื่อนฟันมีค่าน้อย และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทันตแพทย์หญิงรัชฎา ลิ้มวัฒนพรชัยที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] R. E. Siatkowski, "Continuous arch wire closing loop design, optimization, and verification. Part I," Am J Orthod Dentofac Orthop, vol.112, pp. 393-402, 1997.

[2] V. Ungbhakorn, V. Ungbhakorn, and P. Techalertpaisarn, “Assessment of Castigliano’s theorem on the analysis of closing loop for canine retraction by experiment and finite element method. Part I,” Thammasat Int J Sc Tech, vol.10, no.2, pp. 28-37, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[3] V. Ungbhakorn, V. Ungbhakorn, and P. Techalertpaisarn, “Assessment of Castigliano’s theorem on the analysis of closing loop for canine retraction by experiment and finite element method. Part II,” Thammasat Int J Sc Tech, vol.10, no.2, pp. 38-44, 2005.

[4] R. Setiawan, M. Idris, and T. D. Prakasa, “Mechanical behavior of various orthodontic retraction springs,” ITB J Eng Sci, vol.43, no.3, pp. 227-243, 2011.

[5] P. Techalertpaisarn and A. Versluis, “Mechanical properties of Opus closing loops, L-loops, and T-loops investigated with finite element anlaysis,” Am J Orthod Dentofacial Orthop, vol.143, pp. 675-683, 2013.

[6] R. E. Siatkowski, "Continuous arch wire closing loop design, optimization, and verification. Part II," Am J Orthod Dentofac Orthop, vol.112, pp. 487-495, 1997.

[7] P. Koson-ittikul, M. Manosudprasit, K. Godfrey, S. Chartchaiwiwatana, and S. Piyasin, “The analysis of load/deflection of four simple closing loop designs by using universal testing machine,” KKU Res J (GS), vol.8, no.2, pp. 56-64, 2008.

[8] S. J. Lindauer, “The basics of orthodontic mechanics,” Semin Orthod, vol.7, no.1, pp. 2-15, 2001.

[9] S. Moaveni, “Finite element analysis Theory and application with ANSYS,” Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์โฟลว์ขนาดเล็ก

Small-Scale Plasma Arc Flow Gasifier

ตรีรัตน เมตต์การุณจิต
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง กรุงเทพ 10250
triratana@tni.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และครัวเรือน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเป็นแท่งกราไฟต์ น้ำ และพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้จะให้เห็นถึงการออกแบบและกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่มีขนาดเล็ก รวมถึงการทดสอบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เพื่อหาค่าของ อัตราการไหลของน้ำ และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่เหมาะสม ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่ดีที่สุด และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

คำสำคัญ: พลาสมาอาร์คโฟลว์, ก๊าซเชื้อเพลิง, แมกเนกุล

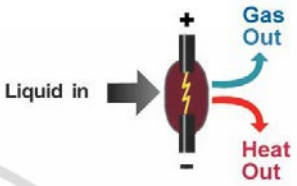
Abstract

This article objective is to introduce the development of small-scale plasma arc flow gasifier which is designed and invented for household and domestic industries. The gasifier materials consist of graphite, water and electric energy. This research shows the design and process of the small-scale plasma arc flow gasifier, as well as gasification to test water flow rate and electric power that is used in the plasma arc flow reaction for the best coefficient of performance and the chemical compositions of the produced fuel gas analysis.

Keywords: plasma arc flow, fuel gas, magnecule

1. คำนำ

ในปัจจุบันพลังงานที่สะสมอยู่ในธรรมชาติกำลังจะหมดไปไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน โดยพลังงานในรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้คือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) ในประเทศไทยได้มาจาก 3 แหล่งก็คือ อ่าวไทย โรงกลั่นน้ำมัน และการนำเข้าจากต่างประเทศ ก๊าซ LPG ได้ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหลากหลายภาคส่วน เช่น ภาคครัวเรือน ภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น ก๊าซ LPG เป็นที่นิยมใช้เพราะมีค่าความจุพลังงานที่สูง และสามารถกักเก็บไว้ในสถานะที่เป็นของเหลว ทำให้สะดวกในการขนส่งและใช้งานได้นานต่อหน่วยปริมาตรความจุ อย่างไรก็ตามราคาขาย LPG ที่มีแนวโน้มปรับราคาสูงขึ้นทุกปี ก็ทำให้ผู้บริโภคประสบปัญหา ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็กที่สามารถนำไปผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ณ บริเวณที่ใช้งานได้ เพื่อเป็นพลังงานทางเลือกให้กับ อุตสาหกรรมขนาดเล็กและครัวเรือน การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ (Plasma Arc Flow) สะดวก เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เป็น แท่งกราไฟต์ น้ำ และพลังงานไฟฟ้า เพียงแค่เสียบปลั๊กก็จะสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงให้ใช้ได้ และมีต้นทุนการผลิตในราคาถูก



รูปที่ 1 หลักการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ ถูกคิดค้นขึ้น ในปี ค.ศ.1999 โดยศาสตราจารย์ Ruggero Maria Santilli ประธานสถาบันงานวิจัยพื้นฐาน (Institute for Basic Research) มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด โดยวิธีของพลาสมาอาร์คโฟลว์นั้น ได้มาจากหลักการพื้นฐานของวิธีการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ ในขณะที่วิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ปรับปรุงวิธีการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซที่สูงขึ้น เพียงพอที่จะนำไปผลิตก๊าซในเชิงพาณิชย์ได้ ในปัจจุบันเครื่องผลิตก๊าซพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่นำมาใช้งานจริงมีขนาดใหญ่ โดยใช้กำลังไฟฟ้าในผลิตมากกว่า 100 kW ก๊าซสังเคราะห์นี้มีชื่อเรียกในทางการค้าว่า แมกเนก๊าซ (Magnegas) โดยแมกเนก๊าซส่วนใหญ่นำไปใช้ในการทดแทนก๊าซอะเซติลีน ในอุตสาหกรรมการตัดเหล็ก

ในบทความนี้ส่วนแรกกล่าวถึง ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance : COP) ส่วนถัดไปกล่าวถึงการออกแบบ เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดเล็กด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องผลิต และส่วนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง

2. ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

2.1 วิธีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ นั้นเป็นกระบวนการส่งผ่านของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำ ลำเลียงเข้าไปยังบริเวณอาร์คไฟฟ้ากระแสตรง ที่ใช้แท่งกราไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และแคโทดดังรูปที่ 1 การอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำนั้นจะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23 – 35 โวลต์ ผ่านขั้วไฟฟ้ากราไฟต์ จะทำให้เกิดการเบรคดาวน์ระหว่างขั้วไฟฟ้าภายใต้ของเหลว โดยกระแสอิเล็กตรอนทำให้เกิดความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 1,000 C° และอิเล็กตรอนจะชนเข้ากับขั้วไฟฟ้าแอโนด ทำให้ผิวแท่งคาร์บอนจะระเหิดเป็นไอ และถูกไอออไนซ์ (ionize) เกิดพลาสมาของอะตอม H O และ C ที่มีอุณหภูมิสูง ภายใต้สนามแม่เหล็กความเข้มสูงระหว่างขั้วไฟฟ้า กราไฟต์ทั้งสอง จะมีรังสีอัลตราไวโอเลตความเข้มสูงแผ่ออกมาด้วย เมื่อพลาสมาไหลผ่านออกไปจากบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา พลาสมาจะเย็นตัวลงโดยถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำบริเวณรอบ ๆ ทำให้เกิดฟองก๊าซเชื้อเพลิงลอยขึ้นไปบริเวณผิวน้ำ ก๊าซที่ได้จะมีองค์ประกอบของ H_2 ประมาณ 50 % และ CO 50 %

ทั้งนี้ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง จะขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลักดังนี้ [1]

1) อัตราการเกิดปฏิกิริยา ที่แปรผันต่อ ความดันและอุณหภูมิ ในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา ถ้าความดันสูงขึ้นก็จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นตามไปด้วย ถ้ามีอุณหภูมิในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น ก็ทำให้อัตราการเกิดปฏิกริยาสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

2) ปริมาตรของขอบเขตที่เกิดปฏิกิริยา ที่แปรผันกับขนาดของพลาสมาอาร์ค และบริเวณที่ในส่วนที่มีความร้อนสูง ถ้ากำลังไฟฟ้าที่ใช้อาร์คสูงขึ้น ขนาดของพลาสมาอาร์คก็จะมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ถ้าความต่างศักย์ ระหว่างแคโทด และแอโนด สูงขึ้น ก็จะทำให้ขนาดของพลาสมาอาร์คเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

3) ชนิดของเหลว อัตราการลำเลียงของเหลวเข้ามาในบริเวณ์อาร์ค และอัตราลำเลียงก๊าซ CO และ H_2 ออกไปจากบริเวณอาร์ค ที่สำพันธ์กับโครงสร้างทางเรขาคณิตของกราไฟต์และรูปแบบการลำเลียงของเหลว

2.2 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ [1]

ในปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์นั้นใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำ และแท่งกราไฟต์ ทำให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิง โดยมีความร้อนแผ่ออกมา จากหลักอนุรักษ์พลังงาน ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ในทางวิทยาศาสตร์ เขียนได้เป็น

$$\text{Scientific Efficiency} = \frac{\text{Total energy produced}}{\text{Total energy avaliable}} = \frac{E_{gas} + E_{heat}}{E_{electr} + E_{liq}} < 1 \quad (1)$$

โดย E_{gas} เป็นพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซสังเคราะห์ที่ผลิตได้ส่วน E_{heat} เป็นพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาระหว่างการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ E_{electr} เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปสำหรับการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ และ E_{liq} เป็นพลังงานของเหลวที่ถูกลำเลียงเข้าไปยังบริเวณการอาร์ค รวมกับพลังงานของขั้วไฟฟ้ากราไฟต์ ทั้งนี้ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ในสมการที่ (1) มีค่าไม่มากกว่า 1 ตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์หาสมรรถนะของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ที่จะนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ จะไม่ใช้ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ในสมการที่ (1) โดยตรง เนื่องจากของเหลวที่ใช้ในการลำเลียงสู่บริเวณอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำนั้น สามารถนำมาจาก น้ำในเหล่งต่างๆ น้ำเสีย และสารละลายน้ำมันที่เหลือทิ้งจากโรงานอุตสาหกรรม อีกทั้งต้นทุนสำหรับของเหลวและขั้วไฟฟ้ากราไฟต์มีราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับต้นทุนของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ ดังนั้นการประเมินสมรรถนะของ ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ เพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์ในเชิงพาณิชย์ ถูกกำหนดให้เป็น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่เขียนได้ดังนี้

$$\text{Coefficient of Performance (COP)} = \frac{E_{gas} + E_{heat}}{E_{electr}} \quad (2)$$

ในกรณีที่ไม่รวมผลผลิตที่ได้จากความร้อนที่แผ่ออกมาระหว่างการอาร์ค ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะจะเปลี่ยนไปเป็น COP = Egas / Eelectr

เราสามารถคำนวณหาขีดจำกัดบนของ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะได้ในทางทฤษฎี โดยยังไม่ได้รวมกลไกของปฏิกิริยาในส่วนของ อุณหพลศาสตร์ กลศาสตร์ของไหล และ จลพลศาสตร์เคมี ที่กำหนดให้ อุณหภูมิก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ T = 25 C° ที่ความดัน P = 1 atm ในงานวิจัยนี้จะคำนวณเฉพาะกรณีที่ใช้น้ำเป็นของเหลวที่ส่งผ่านไปยังบริเวณอาร์ค

ปฏิกิริยาเคมีจากการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ ที่ลำเลียงน้ำส่งผ่านไปยังบริเวณการอาร์คไฟฟ้าระหว่างแท่งกราไฟต์ ทำให้เกิดก๊าซที่มีองค์ประกอบของ H_2 และ CO เป็นไปตามปฏิกิริยาดังนี้

$$C(solid) \rightarrow C(gas) \quad \Delta H = -171.7, \quad (3)$$

$$H_2O(liquid) \rightarrow H_2O(vapor) \quad \Delta H = -10.4, \quad (4)$$

$$H_2O(vaper) + C(gas) \rightarrow H_2(gas) + CO(gas) \quad \Delta H = +138.8, \quad (5)$$

ค่าพลังงานที่ใช้ในการคำนวณในหน่วย kcal/mol สมการที่ (5) ได้มาจากการคำนวณค่าพลังงานยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ในตาราง 1 และจากสมการ (3) (4) และ (5) เราสามารถจัดสมดุลสมการเคมีได้เป็น

$$H_2O(liquid) + C(solid) \rightarrow H_2(gas) + CO(gas) \quad \Delta H = -49.3, \quad (6)$$

สมการที่ (6) เป็นปฏิกิริยาจากการอาร์คใต้น้ำทำให้ได้ก๊าซ H_2 และ CO เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) 49.3 kcal/mole

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม (kcal/mol. T = 25 C°)

Diatomic molecules		Diatomic molecules	
H-H	104.2	C=O	255.8
O=O	119.1	N ≡ N	192.0
Manyatomic molecules		Manyatomic molecules	
C-O	85.5	O-H	110.6
C=O in CO_2	192.0	O-O	35

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การแปลงหน่วยพลังงานและปริมาตร

1 kcal	=	3.9685 BTU
1 kcal	=	1.1628×10^{-3} kW•h
1 BTU	=	0.25198 kcal
1 BTU	=	2.930×10^{-4} kW•h
1 kW•h	=	3413.0 BTU
1 kW•h	=	859.99 kcal
1 m^3	=	35.314 cf
1cf	=	28.317 liters

จากตารางที่ 2 ในกรณีที่ให้พลังงานเข้าไปในปฏิกิริยาเคมีตามสมการที่ (6) เท่ากับ 1 kW•h = 860 kcal สามารถผลิตไฮโดรเจนได้

$$H_2 \text{ (mole)} = 860 \text{ (kcal)} / 43.9 \text{ (kcal/mol)} = 19.6 \text{ moles} \quad (7)$$

ที่ความดัน 1 atm และอุณหภูมิ 25 C° จะได้ไฮโดรเจนที่มีปริมาตรเท่ากับ

$$H_2 \text{ (Volume)} = 19.6 \text{ (mole)} \times 22.41 \text{ (liter/mole)} = 493.1 \text{ liter} \quad (8)$$

จากตารางที่ 2 1 cf = 28.317 liters ปริมาตรก๊าซไฮโดรเจนที่ได้เท่ากับ 493.3 / 28.317 = 15.5 cf ปริมาตรของก๊าซ CO ในสมการที่ 4 จะมีปริมาตรเท่ากับ 15.5 cf เช่นเดียวกับก๊าซไฮโดรเจน

ในการเผาไหม้ของก๊าซ H_2 และ CO นั้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ตามสมการดังนี้

$$CO + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2(gas) \quad \Delta H = +68.7, \quad (9)$$

$$H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O(vapor) + 57.5, \; H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + (liquid) + 67.9, \quad (10)$$

$$CO + H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O(vaper) \quad \Delta H = +126.2, \quad (11)$$

$$CO + H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O(liquid) \quad \Delta H = +136.6, \quad (12)$$

เราสามารถหาปริมาณความจุพลังงาน (energy content) หรือค่าความร้อนสุทธิ ของส่วนผสมก๊าซ H_2 + CO ในกรณีที่ส่วนผสมก๊าซ มีอัตราส่วน 50% + 50% ตามสมการ (12) จะคายพลังงานความร้อนออกมาเท่ากับ 136.6 / 2 = 68.3 kcal/mol = 271.2 BTU/mol = 342.8 BTU/cf

ปฏิกิริยาในสมการ (11) และ (12) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่มีไอน้ำ และน้ำ ออกมาตามลำดับ ในกรณีที่ใช้ก๊าซ H_2 และ CO ปริมาณ 19.6 โมล จากสมการ (11) ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ที่ให้ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์จะคายความร้อนออกมาเท่ากับ

$$\text{Exothermic heat (vapor)} = 19.6 \text{ (mole)} \times 126.2 = 2{,}473.5 \text{ kcal หรือ } 2.88 \text{ kW•h} \quad (13)$$

ในกรณีของการเผาไหม้ก๊าซสังเคราะห์ ที่ได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จากสมการ (12) ปฏิกิริยาคายความร้อนออกมาเท่ากับ

$$\text{Exothermic heat (liquid)} = 19.6 \text{ (mole)} \times 136.6 = 2{,}677.4 \text{ kcal หรือ } 3.11 \text{ kW•h} \quad (14)$$

จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ก๊าซ H_2 และ CO ที่คายความร้อนออกมาในสมการ (13) และ (14) คือค่าความจุพลังงาน (Energy Content) ของก๊าซสังเคราะห์ ทั้งนี้การเผาไหม้ที่ได้น้ำ จะมีค่าความจุพลังงานมากกว่ากรณีที่ได้ไอน้ำ ดังนั้นเราสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี โดยใช้ปฏิกิริยาการเผาไหม้ก๊าซ H_2 และ CO อย่างละ 19.6 โมล ในกรณีที่ได้ไอน้ำ มีความร้อนออกมาในปริมาณ 2.88 kW•h และในกรณีที่ได้น้ำมีความร้อนออกมาปริมาณ 3.11 kW•h และทั้งสองกรณีนี้จะต้องใช้พลังงานจำนวน 1 kW•h ในการได้มาของ H_2 และ CO อย่างละ 19.6 โมล ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงสุดในทางทฤษฎี ที่ไม่รวมผลผลิตที่เป็นพลังงานความร้อนที่ได้ E_{heat} ในกรณีที่เผาไหม้ก๊าซ H_2 และ CO ได้น้ำออกมา มีค่าเท่ากับ

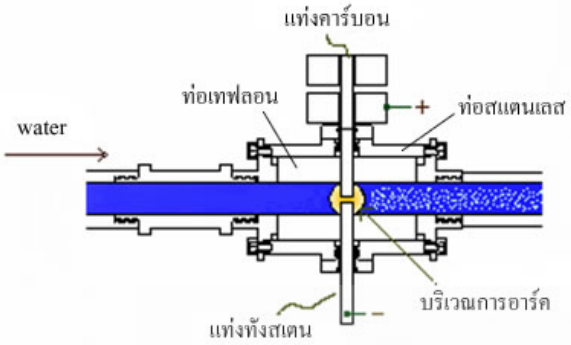
$$\text{Coefficient of Performance} = E_{gas} / E_{electr} = E_{gas} / E_{endot} = 3.11 \text{ kW•h} / 1 \text{ kW•h} = 3.11 \quad (15)$$

E_{endot} เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ไปในการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ เฉพาะส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาในสมการที่ (6) ให้ได้ก๊าซ H_2 และ CO ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปสำหรับอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือพลังงานที่ใช้ไปการทำให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมา E_{heat} สำหรับในกรณีที่รวม E_{heat} เข้าไปในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ สมการที่ (15) เปลี่ยนไปเป็น

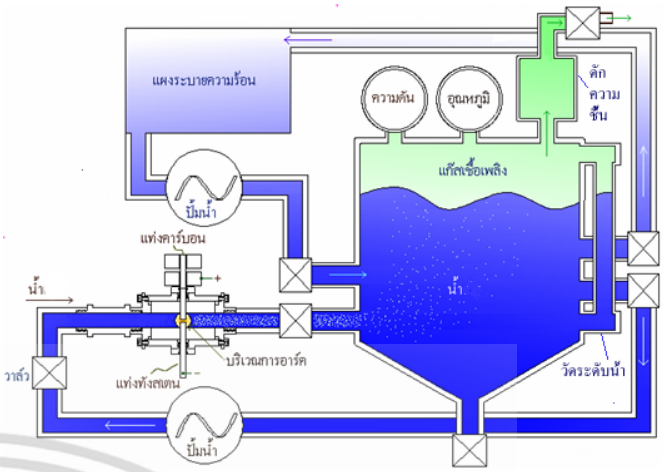
$$\text{Coefficient of Performance} = E_{gas} / E_{electr} = E_{gas} / (E_{endot} + E_{heat}) = 3.11 \bullet k \quad (16)$$

ค่า k เป็นตัวแปรที่เปลี่ยนตามปริมาณความร้อนที่แผ่ออกมาจากการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำโดยที่ $k < 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ตัวทำปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก

3. ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ให้มีขนาดเล็ก ในขณะที่ยังได้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่ดี และมีปริมาณการผลิตที่เหมาะสม และใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 3.5 kW

3.1 ตัวทำปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์

การออกแบบตัวทำปฏิกิริยพลาสมาอาร์คโฟลว์ให้มีขนาดเล็กนั้น จะคำนึงถึงความสะดวกในการป้อนแท่งกราไฟต์ได้อย่างต่อเนื่อง รวมถึงการซ่อมบำรุงตัวทำปฏิกิริยาอีกด้วย สำหรับตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่มีขนาดเล็ก จะถูกจำกัดประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซเนื่องจากถูกจำกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอาร์คไฟฟ้า ที่แปรผันตรงกับประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามเราจำเป็นต้องออกแบบตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้ฟองก๊าซที่ได้จากบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาลดอุณหภูมิได้เร็วที่สุด

โครงสร้างของตัวทำปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่ออกแบบขึ้น อยู่ในรูปที่ 2 ที่ออกแบบให้การไหลของน้ำเป็นแบบเชิงเส้น เพื่อป้องกันไม่ให้ฟองก๊าซกลับเข้ามาที่บริเวณของการอาร์ค และลดความซับซ้อนในกระบวนการผลิต โดยควบคุมการเคลื่อนที่เฉพาะแท่งกราไฟต์ที่เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด ส่วนขั้วไฟฟ้าคาโทดใช้แท่งทังสเตนที่ติดตั้งอยู่กับที่ เนื่องจากบริเวณปลายขั้วไฟฟ้าแอโนดจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าขั้วไฟฟ้าคาโทดมากขณะเกิดอาร์คไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าทั้งสองถูกำหนดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 8 มิลลิเมตร ที่สำพันธ์กับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถใช้ในการอาร์คได้ถึง 3.5 kW ที่ได้มาจากการทดลองอาร์คไฟฟ้าในขณะที่มีของเหลวไหลผ่านบริเวณการอาร์ค

ขั้วไฟฟ้าคาโทดทังสเตนถูกยึดให้อยู่กับที่ ในขณะที่แท่งขั้วไฟฟ้ากราไฟต์แอโนดสามารถถูกป้อนเข้าในบริเวณอาร์คได้ ทั้งนี้ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองจะได้รับความต่างศักดิ์ 20 ถึง 27 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สูงสุด 130 แอมป์ จากอินเวอร์เตอร์ ทั้งนี้อุณหภูมิในบริเวณการอาร์คจะขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยคือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอาร์ค ความเร็วของเหลวที่ผ่านบริเวณการอาร์คและชนิดของเหลว ในกรณีนี้อุณหภูมิที่ขั้วไฟฟ้าทังสเตนแคโทดขณะอาร์คไฟฟ้า ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 3.5 kW และน้ำเป็นของเหลวมีค่าประมาณ 1,000 C° ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าคาโทดแท่งทังสเตนมีจุดหลอมเหลว 3,422 C° จึงสามารถทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นในการอาร์คได้ จึงไม่จำเป็นต้องป้อนขั้วไฟฟ้าขั้วแคโทดเข้าไปเพื่ออาร์คไฟฟ้า ทำให้ความซับซ้อนในการควบคุมน้อยลง นอกจากนี้แท่งกราไฟต์แอโนดที่อยู่ภายนอกสามารถป้อนเข้าไปในตัวทำปฏิกิริยาได้ ทำให้สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง

ตัวทำปฏิกิริยาในรูปที่ 2 ประกอบด้วยท่อสแตนเลสยาว 55 มิลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 31 มิลลิเมตร และภายนอก 40 มิลลิเมตร โดยภายในบรรจุท่อเทฟลอน เพื่อป้องกันการลัดวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12 มิลิเมตร และภายนอก 30 มิลิเมตร โดยท่อเทฟลอนมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 372 C° และมีคุณสมบัติที่มีผิวลื่นและมีความต้านทานไฟฟ้าสูง เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อเทฟลอนถูกกำหนดให้มีขนาด 1.5 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางแท่งคาร์บอน เพื่อที่ต้องการกำหนดขอบเขตของบริเวณการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมและที่ด้านบนของท่อสแตนเลส มีอุปกรณ์ป้อนแท่งคาร์บอนใช้ดีซีมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังผ่านทางเกลียว ทำให้แท่งกราไฟต์สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ โดยการทำปฏิกิริยาให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิงนั้น น้ำจะถูกลำเลียงผ่านเข้าไปยังบริเวณการอาร์ค ระหว่างขั้วไฟฟ้ากราไฟต์แอโนดอยู่ที่ด้านบน และขั้วไฟฟ้าทังสเตนคาโทดที่อยู่ด้านล่าง โดยการควบคุมปฏิกิริยาการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ จะใช้มอเตอร์ที่ต่อกับเฟืองขับให้ แท่งกราไฟต์ขึ้น-ลง ควบคุมให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

3.2 กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก

กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ ขนาดเล็กที่ออกแบบและสร้างขึ้นอยู่ในรูปที่ 3 กระบวนการผลิตก๊าซเริ่มจากลำเลียงน้ำเข้าไปในถังเก็บน้ำแบบไม่เต็มถัง เพื่อเหลือปริมาตรให้กักเก็บก๊าซได้ จากนั้น เปิดปั๊มน้ำเพื่อลำเลียงน้ำจากถังเก็บผ่านเข้าไปยังตัวทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก ที่สร้างขึ้น

ปฏิกริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ โดยน้ำจะถูกลำเลียงกลับเข้าไปในถังเก็บน้ำอีกครั้งหนึ่ง ถัดไปเปิดเครื่องอินเวอร์เตอร์ ส่งแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าในตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ ทำให้มีการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำอย่างต่อเนื่องและเกิดฟองก๊าซเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิสูง ด้วยแรงดันน้ำจะทำให้ฟองก๊าซไหลออกจากตัวทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วเข้าไปยังถังเก็บน้ำ ฟองก๊าซจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว และลอยขึ้นไปด้านบนของถังเก็บน้ำ เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบว่าน้ำในถังเก็บมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 C° ปั๊มน้ำระบายความร้อนจะลำเลียงน้ำในถังเก็บน้ำ ออกไปยังแผงระบายความร้อนเพื่อระบายความร้อน ให้กับน้ำในถังเก็บน้ำ และส่งกลับเข้ามายังถังเก็บน้ำอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้เมื่อความดันในถังเก็บน้ำเพิ่มสูงขึ้นถึง 7 bar วาล์วด้านบนถังเก็บน้ำจะถูกเปิดออก เพื่อให้ก๊าซเชื้อเพลิงถูกลำเลียงเข้าไปในถึงเก็บก๊าซเชื้อเพลิงภายนอก โดยเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก ที่สร้างขึ้นอยู่ในรูปที่ 4

4. การทดสอบเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

4.1 การทดสอบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงและหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะหรือ COP ของเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คขนาดเล็ก ตามสมการที่ (2) ทำได้โดยวัดปริมาตรของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้คำนวณเป็นค่าพลังงานจากเผาไหม้ก๊าซ หรือ E_{gas} รวมกับพลังงานความร้อน E_{heat} ที่แผ่ออกมาในปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ และหารด้วยพลังงานไฟฟ้า E_{electr} ที่ใช้ไปสำหรับตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และปั๊มน้ำ ในการทดสอบนี้กำหนดให้ความดันในระบบให้คงที่ที่ 7 bar ที่เป็นขีดจำกัดบนของความดันในตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ และรักษาอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บไว้ที่ 40 C° เพื่อให้ฟองก๊าซเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ที่ไม่ต้องสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการลดอุณหภูมิมากเกินไป ในการทดลองจะปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำ ที่ส่งผ่านเข้าไปยังตัวทำปฏิกริยา ตั้งแต่ 3 ml/min ถึง 15 ml/min และปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในอาร์คไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 50 ถึง 130 แอมป์ ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 23 – 27 โวลต์ ในการทดสอบในแต่ละค่าอัตราการไหลของน้ำและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ จะถูกทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 30 ครั้ง เพื่อที่จะหาค่ากระแสไฟฟ้า และอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม ที่ทำได้ปริมาตรก๊าซสูงสุด เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป จากผลการทดสอบได้ค่าที่ดีที่สุดคือ กระแสไฟฟ้า 70 แอมป์ และอัตราการไหลของน้ำที่ 12 ml/min เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้าไป 1 kW•h ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ 204.656 litter ที่ ความดัน 1 atm และอุณหภูมิ 25 C° นอกจากนี้การอาร์คไฟฟ้าทำให้น้ำในระบบมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อวัดอุณหภูมิของน้ำและโครงสร้างของเครื่องผลิตคำนวนเป็นปริมาณความร้อนเท่ากับ 2,229 BTU ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 kW•h

ทั้งนี้ค่าความจุพลังงานของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ถ้าคำนวนจากองค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรเจน 50 % และคาร์บอนมอนนอกไซด์ 50 % จะได้ค่าความจุความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ 315 BTU/cf อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของก๊าซที่ผลิตได้จากวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ มีโครงสร้างไม่เหมือนโมเลกุลของก๊าซทั่วไป โดยอะตอมและโมเลกุลก๊าซถูกยึดเหนี่ยวไว้ในรูปแบบของ แมกนิคูลา (Magnecular) [2],[3] ที่อะตอมของ H C และ O จะถูกยึดไว้ด้วยแรงแม่เหล็ก เราจะเรียกโมเลกุลแบบใหม่นี้ว่าเรียกว่า แมกเนกุล (Magnecule) โดยน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) ของแมกเนกุลไฮโดรเจน จะมีค่าสูงกว่าน้ำหนักโมเลกุลของไฮโดรเจนทั่วไปถึง 7.47 เท่า [4] ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะนำค่าความจุความร้อน ที่ได้จากการทดสอบการเผาไหม้จริง โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบของ Motorfuelers, Inc. เมื่อนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ไปเผาไหม้ในอากาศ ได้ปริมาณความร้อน 871 BTU/cf [2] หรือ 30.759 BTU/litter ดังนั้นพลังงานไฟฟ้า 1 kW•h ที่ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ 204.656 litter เมื่อเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงได้พลังงานเท่ากับ 204.656 litter × 30.759 BTU/litter = 6,295 BTU ในขณะที่พลังงานไฟฟ้า 1 kW•h มีค่าพลังงานเท่ากับ 3,412.3 BTU ดังนั้นค่า COP ในกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงของงานวิจัยนี้ ตามสมการที่ (2) มีค่าเป็น

$$COP = \frac{6295\ \text{BTU} + 2229\ \text{BTU}}{3412.3\ \text{BTU}} = 2.498 \qquad (17)$$

ในกรณีที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ โดยไม่รวม E_{heat} โดยเครื่องผลิตก๊าซไม่ได้นำผลผลิตความร้อนนั้นไปใช้งาน สมการที่ (17) จะเปลี่ยนไปเป็น COP = 6295 BTU / 3412.3 BTU = 1.845 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ที่คำนวณได้ มีค่าไม่เกินขีดจำกัดบน 3.11 ตามทฤษฎีที่ คำนวนไว้ในสมการ (15) จากผลการทดลองเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็กนี้ มีประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดขณะใช้กำลังไฟฟ้าในการผลิต 2.25 kW ในอัตราการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 460.475 liter / hour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 การทดสอบเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

4.2 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ เพื่อนำตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงไปทดสอบกับ เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรมิเตอร์ (Gas Chromatography - Mass Spectrometer : GC-MS) ที่หน่วยเครื่องมือกลาง (Central Instrument Facility) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทั้งนี้เครื่อง GC-MS สามารถวิเคราะห์โมเลกุลที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 5 a.m.u. ถึง 300 a.m.u ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ควรจะแสดงผลค่า peak ของก๊าซ CO_2 ที่มีมวลโมเลกุล 44 a.m.u. เพียงค่าเดียว ส่วนผลของก๊าซไฮโดรเจนจะไม่ปรากฏ เนื่องจาก มวลโมเลกุลไฮโดรเจนมีค่าน้อยกว่าที่เครื่อง GC-MS จะสามารถตรวจพบได้

แต่ผลการวิเคราะห์จากเครื่อง GC-MS พบเฉพาะสารประกอบที่มีมวลโมเลกุลสูง เช่น ไอโซเบนโซฟูรานไดโอนี (Isobenzofurandione) และฟีนอล (Phenol) ที่มีค่าคุณภาพ 93 และ 91 ตามลำดับ ในความเป็นจริงจะเป็นไปไม่ได้ ที่จะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลสูงดังกล่าวอยู่ในก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เนื่องจากการอาร์คไฟฟ้าจะทำให้เกิดอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 C° ซึ่งในกรณีนี้สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ไอโซเบนโซฟูรานไดโอนี และ ฟีนอล จะไม่สามารถคงอยู่ได้

อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับผลการทดสอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ ของงานวิจัย [2],[3] ด้วยเครื่อง GC-MS ก็ไม่พบสารประกอบ CO_2 เช่นเดียวกัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ก๊าซเชื้อเพลิงนี้กับเครื่อง GC-MS ยังไม่สามารถสรุปได้ถึงองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากองค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ไม่เหมือนกับโมเลกุลก๊าซเชื้อเพลิงทั่วไป แต่อยู่ในรูปแบบของแมกเนกุล ที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมและโมเลกุลด้วยแรงแม่เหล็ก นอกจากนี้ในงานวิจัย [2] ได้นำก๊าซเชื้อเพลิงไปทดสอบกับเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคป (Infrared Spectroscopy : IR) พบว่า IR signatures peak หนึ่งใกล้เคียงกับ ฟีนอล และ IR signatures อีก peak หนึ่งใกล้เคียงกับก๊าซ CO_2 และเมื่อนำก๊าซเชื้อเพลิงไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแปลงฟูริเยร์อินฟราเรดสเปกโทรสโคป (Fourier Transform Infrared Spectroscopy : FTIS) พบองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจน เมื่อวิเคราะห์หามวลโมเลกุลของก๊าซไฮโดรจน พบว่ามีมวลโมเลกุล 15.2 amu โดยก๊าซที่ผลิตได้จากวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่ใช้น้ำเป็นของเหลวนี้ ประกอบด้วย อะตอมของ H 66% O 22% และ C 11% และมีความถ่วงจำเพาะ 0.3387 เมื่อเทียบกับอากาศแห้ง [2] ทำให้การเก็บก๊าซเชื้อเพลิงนี้ปลอดภัย เพราะเมื่อก๊าซรั่วไหลจะลอยขึ้นสู่ด้านบน

เมื่อนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ไปเผาไหม้ในอากาศ ดังรูปที่ 5 พบว่าเปลวไฟของก๊าซเชื้อเพลิง มีสีน้ำเงิน และสีฟ้าอมแดง นั้นแสดงว่าการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงนี้จะให้อุณหภูมิที่สูง สอดคล้องกับสเปกตรัมของไฮโดรเจนที่มี สีม่วง สีน้ำเงิน สีน้ำทะเล และ สีแดง และการทดสอบของมหาวิทยาลัยซิตี้แห่งนิวยอร์ค ได้เผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์กับออกซิเจนให้อุณหภูมิเปรวไฟสูงถึง 5,816 C° [5] นอกจากนี้การเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงนี้ในอากาศจะไม่เกิดเขม่า โดยผลการทดสอบเผาไหม้ก๊าซในงานวิจัย [2] ไอเสียประกอบด้วย ไอน้ำ 60% ออกซิเจน 12% และ คารบอนไดออกไซด์ 7% จะเห็นได้ว่าการเผาไหมก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์นี้ จะให้ออกซิเจน และไอน้ำ กลับคืนสู่บรรยากาศอีกด้วย

5. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดเล็กด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ จากผลทดสอบเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่ดีที่สุด จะต้องใช้ค่ากระแสไฟฟ้า 70 แอมป์ และอัตราการไหลของน้ำที่ 12 ml/min ที่มีอัตราการผลิตก๊าซ 460 ลิตรต่อชั่วโมง ให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเท่ากับ 2.498 โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อเผาไหม้มีอุณหภูมิเปรวไฟที่สูง และไอเสียไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในบ้านเรือน และอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ได้สนับสนุนให้งานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] A. K. Aringazin and R. M. Santilli, “A study of the energy efficiency of hadronic reactors of molecular type,” *Hadronic Journal*, pp. 273–298, 2004.

[2] R. M. Santilli, “Hadronic Mathematics, Mechanics and Chemistry,” *Theoretical Advances and Industrial Applications in Chemistry*, Palm Harbor, U.S.A.*: International Academic Press*, Vol 5, 2008.

[3] R. M. Santilli and A. K. Aringazin, “Structure and Combustion of Magnegases,” *Hadronic Journal*, pp. 299-330, 2004.

[4] Y. Yang a, J.V. Kadeisvili, S. Marton, “Experimental confirmations of the new chemical species of Santilli MagneHydrogen,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 20, pp. 5003–5008, March. 2013.

[5] H. Ahmar, Y. Budansky, M. Sharonov, R.Alfano, “Magnegas Flame Spectra,” The City University of New York, New York, Rep. to Magnegas Corp, March. 23, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Study of Effects of Hydrogen Loading Time to the Fluctuation of FBG Wavelength

Phimolphan Rutthongjan[†‡1], Phaisarn Sudwilai[†2], Ong-arj Tangmettajittakul[‡3], Phattamon Samanworakit[§4]

[†]*Advanced Magnetic and Motor Drive Research Laboratory (AMDRL)*
Master Program of Engineering Technology, Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology
Patthanakarn 37, Suanlaung, Bangkok, Thailand, 10250
[1] ru.phimolphan_st@tni.ac.th
[2] phaisarn@tni.ac.th

[‡]*Furukawa FITEL (Thailand) Co., Ltd., Rojana Rd., Tambol Kanharm, Amphur U-Thai, Ayutthaya, Thailand, 13210*
[3] Ongarj@fitel.co.th

[§]*Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, 2 Prannok Rd., Bangkoknoi, Bangkok, Thailand, 10700*
[4] Phattamons@gmail.com

***Abstract*—This paper studies effects of hydrogen loading time for four conditions, which control hydrogen loading pressure at 13 MPa to the fluctuation of FBG wavelength at final optical inspection process. Hydrogen loading technique is a major technique to enhance photosensitivity and refractive index of optic fiber. FBG reflective target at 9% of writing process leads to a small refractive index change and a small distribution of UV exposure time affect to the high stability of FBG wavelength. Therefore, the fluctuation of FBG wavelength at final optical inspection process was the a similar manner for four hydrogen loading times conditions.**

***Keywords:* Fiber Bragg Grating, Hydrogen loading, Photosensitivity, Refractive index, and Fiber optic.**

I. INTRODUCTION

Recently, optical communication technology has been developed to enable communication between people in globalization edge. One important device that is implemented to improve the performance of optical communication is Fiber Bragg Grating (FBG). The FBG is used in several applications such as in fiber laser, optical amplifiers, fiber sensing, and Dispersion compensator [1]. The FBG is periodically changed corresponding to the refractive index of fiber core through the ultraviolet radiation process. The ability to change the refractive index with radiation of the UV light is referred to photosensitivity.

Several studies have been made in terms of the UV photosensitivity, including, for example, the color center model and photoelastic model [2]. These theories are relatively complicated. One major technique to enhance photosensitivity in fiber core is a hydrogen loading technique.

The fiber in hydrogen loading process is soaked with hydrogen gas in the chamber at room temperature. Hydrogen molecule penetrates into fiber glass network and makes a physical reaction in fiber core. This reaction affects to refractive index of fiber core and photosensitivity increase.

Exposing UV radiation to hydrogen loading fiber lead to dissociation of molecule, resulting in the formation of Si-OH and Ge-OH bonds. Based on the formation of Si-OH and Ge-OH bonds, there is formation of Ge oxygen-deficient centers [2,3]. However, the FBG wavelength shifts to shorter wavelength during fabrication process caused by the diffusion of hydrogen [4]. Such an effect leads to the required wavelength at writing process, which needs to include the wavelength shift from hydrogen diffusion. Therefore, the wavelength shift is an important factor for FBG fabrication.

The wavelength shift quantity mainly depends on hydrogen concentration in a fiber core. According to gas diffusion equation (1) [5] , the factors that affect to hydrogen concentration at hydrogen loading process are hydrogen loading pressure, hydrogen loading temperature, and hydrogen loading time. Hydrogen loading temperature and hydrogen loading pressure are controlled from the chamber designs while hydrogen loading time is an important to productivity of production in term of fabrication.

In this paper, the effects of wavelength shift at different cases of hydrogen loading time will be studied in terms of wavelength fluctuation at final optical inspection process. In the experiment processes, hydrogen loading time will be varied at 48, 72, 120, and 192 hours hydrogen loading pressure will be controlled at 13 MPa. under room temperature.

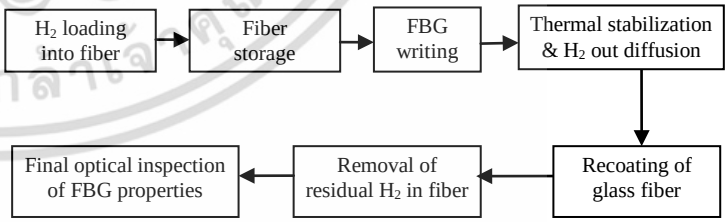


Fig.1 FBG fabrication processes flow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. EXPERIMENTS

A. *Hydrogen loading process, Hydrogen absorption loss at wavelength 1.24 µm.measurement and FBG fabrication*

In this experiment, Hydrogen gas was loaded into a single-mode optical fiber (Corning HI1060) at 13 MPa and room temperature for 48, 72,120 and 192 hours measure hydrogen absorption loss which observes a minimum value at 1.24 µm.

The experiment starts with writing the grating on this study was performed using solid state laser at 266 nm and phase mask technique. Laser power was 0.398 watt. Laser power expose to fiber glass was 0.16 watt. The tension control was set at 150 gf. Reflectivity target for all test conditions were controlled at 9%. Figure 2 shows Optic configuration at writing process.

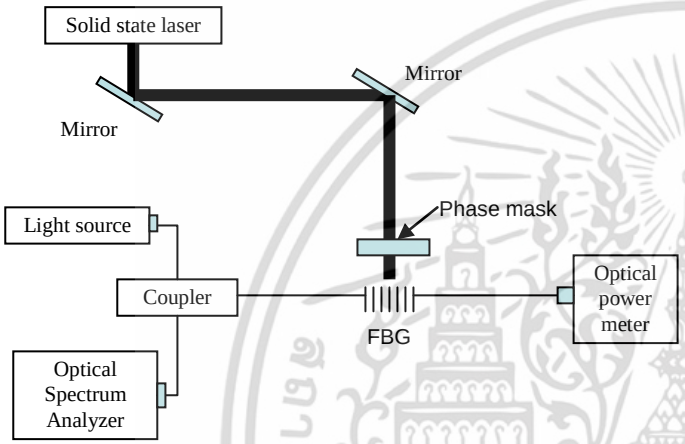


Fig.2 Optic configuration at writing process

Grating was subsequently proceeded into thermal stabilization process. This process was heat grating at high temperature. Then, grating was prevented from failures by coating UV resin at grating area, which is called a recoating process. All hydrogen of fiber length was removed by input fiber in the oven. Lastly, all important FBG parameter such as wavelength, reflectivity, and bandwidth were measured at final optical inspection process. All of these experiments were shown in Fig.1

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, hydrogen concentrations in fiber core were evaluated by three methods, involving the hydrogen absorption loss at wavelength 1.24 µm, wavelength shift, and UV exposure time method. FBG wavelengths at final optical inspection process were reported in term of fluctuation.

A. *Loss-increase spectrum due to molecular hydrogen at wavelength 1.24 µm.*

Hydrogen absorption loss technique can be used for evaluating hydrogen concentration in fiber core due to the spectrum of loss increase of hydrogen molecule at 1.24 µm. [6].

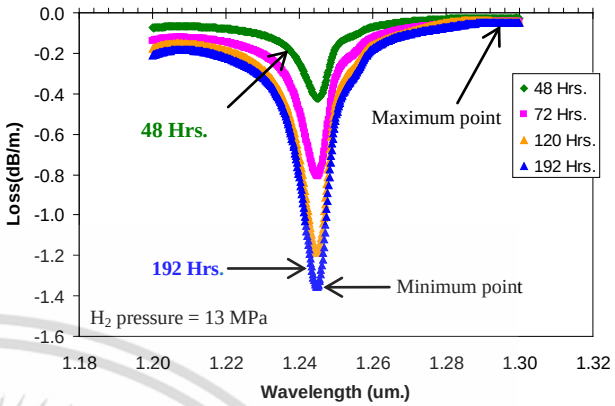


Fig.3 Hydrogen absorption loss peak at 1.24 µm. at hydrogen loading time 48, 72,120, and 192 hour

Figure 3 shows hydrogen absorption loss peak at 1.24 µm. at hydrogen loading time 48, 72, 120, and 192 hours. As seen in Fig. 3, there is a minimum value at 1.24 µm. due to molecular-hydrogen vibration and O-Si-O vibration in silica. Hydrogen absorption loss quantity was calculated from a different of loss at minimum point and loss from maximum point.

The result of hydrogen absorption loss shows that hydrogen loss increases when hydrogen loading time is long, indicating that the long hydrogen loading time affect to high concentration of hydrogen molecule in fiber core. However, hydrogen absorption loss quantity at hydrogen loading time 192 and 120 hours were not different when compare with the other hydrogen loading condition. This results reveals the quantity of hydrogen in fiber core of that both hydrogen loading time were not different.

B. *FBG wavelength shift cause hydrogen out diffuse.*

The wavelength was shifted during fabrication process due to hydrogen diffusion. Fabrication process, which affects to the shift on wavelength, is FBG thermal stabilization and removal residual hydrogen process.

Figure 4 shows the plots of H_2 loading time (Hr.) versus wavelength blue-shift (nm).

It can be seen in Fig. 4 that the solid points is referred the wavelength shift, which estimate from experimental data were obtained from the difference between FBG wavelength at writing process and FBG wavelength at final optical inspection process. The dash lines in this figure is calculated values obtained through equation (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

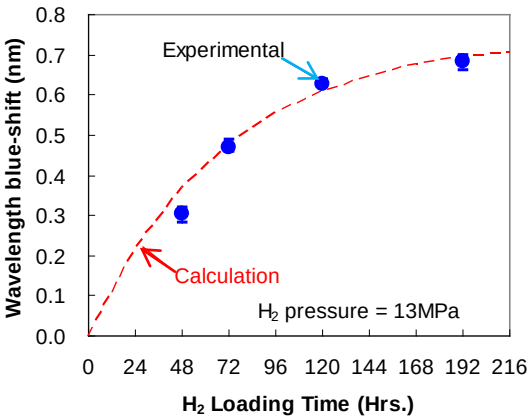


Fig.4 shows the plots of H_2 loading time (Hr.) versus wavelength blue-shift (nm). of target FBG reflectivity at 9 % at hydrogen loading time 48,72,120, and 192 hours.

Gas diffusion equation as follows;

$$C = C_{sat}\left[1-\exp(-\lambda_i^2 D_H t / b^2)\right] \qquad (1)$$

Where C is the hydrogen concentration at the fiber-core c enter, C_{sat} is the saturated value of C, λ is the i^{th} root, which depends on the zeroth order Bussel function, D_H is diffusivity of hydrogen into silica, t is hydrogen loading time, and b is the fiber radius [5]. Based on gas diffusion equation (1), hydrogen concentration is proportional to hydrogen loading time. Therefore, hydrogen loading time is long, which affects to the increase in FBG wavelength shift. However, wavelength shift of the last hydrogen loading condition was a few higher than hydrogen loading condition at 120 hours. This mean, The saturation of hydrogen gas diffusion at hydrogen loading pressure 13 MPa under room temperature is around 192 hours.

C. UV exposure time due to photosensivity effect.

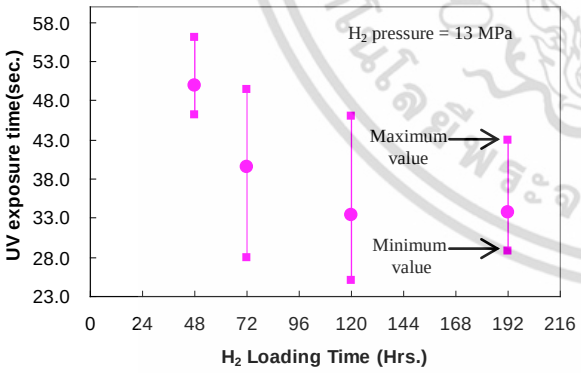


Fig.5 UV exposure time of target FBG reflectivity at 9 % at hydrogen loading time 48,72,120, and 192 hours.

Reflectivity target was controlled during writing process at 9%. Laser power radiates to fiber core is 0.16 watts. These two conditions were controlled for all writing test. Figure 5 shows the graph of UV exposure time at H_2 loading pressure at 13 MPa. The graph shows The UV exposure time was long when hydrogen loading time was short. The results can be described by photosensitivity effects. The radiation of UV to a fiber core leads to a dissociation of Si-O-Ge site, and therefore the hydrogen molecule can react to that site.

Based on such phenomena, there are formations of Si-OH and Ge-OH bonds, which can be called Ge oxygen-deficient centers. This formation affects to a refractive index change, and therefore hydrogen loading time is long, leading to high refractive index change. UV exposure time of hydrogen loading condition 120 and 192 hours was in a similar manner. This results reveals the hydrogen concentration of the last two loading condition was a similar.

The result of three methods, which use for evaluation the hydrogen concentration in fiber core were similar trend. Hydrogen loading time is proportional to hydrogen concentration in fiber core however hydrogen concentration in fiber core will be saturated at one value of hydrogen loading time.

D. Fluctuation of FBG wavelength shift, FBG wavelength at writing and final optical inspection process

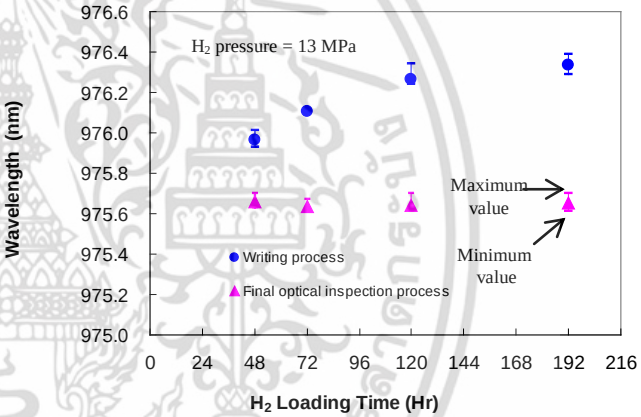


Fig.6 The average FBG wavelength at writing and final optical inspection processes of target FBG reflectivity at 9 % at hydrogen loading time 48,72,120, and 192 hours.

Figure 6 shows the average FBG wavelength at writing, which refer from the circle dot and final optical inspection process, which refer from the triangle dot. The result from Fig. 6 indicates that the FBG wavelength at writing process was long when hydrogen loading time was long. This result reveals the relationship of wavelength and refractive index as follow;

$$\lambda_{FBG} = 2n_{eff}\Lambda_{FBG} \qquad (2)$$

where λ_{FBG} is FBG wavelength, n_{eff} is effective index of refractive index of fiber core, and Λ_{FBG} is FBG pitch. $\Lambda_{\text{phase mask}}$ is a half of Λ_{FBG}. Hydrogen loading time is long, affect to high hydrogen concentration in fiber core.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Therefore, refractive index of fiber core high change from penetration of hydrogen molecule

In contrast, The FBG wavelength at final optical inspection process was in a similar manner in all hydrogen loading conditions, causing by hydrogen molecule diffusion from FBG, which leads to refractive index of fiber core reduction.

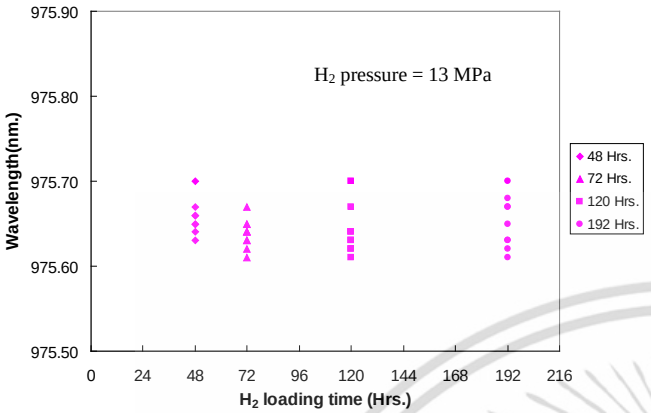


Fig.7 The average FBG wavelength at final optical inspection process of of target FBG reflectivity at 9 % at hydrogen loading time 48,72,120, and 192 hours.

The fluctuation of FBG wavelengths at final optical inspection processes was the a similar manner for four hydrogen loading times conditions as shown in Fig. 7 The two reasons to describe such result due to FBG reflectivity writing target at 9% and The few distribution of UV exposure time of four hydrogen loading conditions. The first reason due to FBG reflectivity writing target at 9%. This affects to a small changing of refractive index change. The refractive index change of FBG was shown in Fig. 8

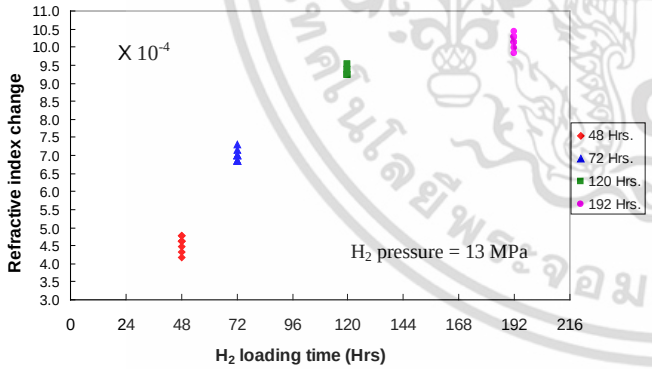


Fig. 8 The FBG refractive index change of target FBG reflectivity at 9 % at hydrogen loading time 48,72,120, and 192 hours.

The relation of FBG wavelength for both process and FBG wavelength shift as shown as follow;

$$\lambda_A = \lambda_B - \lambda_C \qquad (3)$$

$$2n_A\Lambda_{FBG} = 2n_B\Lambda_{FBG} - 2n_C\Lambda_{FBG} \qquad (4)$$

Where λ_A is FBG wavelength at final optical inspection process, λ_B is required FBG wavelength, λ_C is FBG wavelength shift from hydrogen diffusion, n_A is a refractive index change, n_B is a refractive index change after finished writing process, and n_C is a refractive index change due to hydrogen molecule. Refractive index change at final optical inspection process (n_A), which can calculate from equation (4). The result is shown in fig8. The result show, that FBG reflectivity at 9% of writing process requires a small change of refractive index. Refractive index was changed around 4.17×10^{-4} to 10.42×10^{-4} therefore FBG wavelength at final optical inspection process become a similar manner in all hydrogen loading conditions. The second reason that the small distribution of UV exposure time of four hydrogen loading conditions as shown in fig. 9

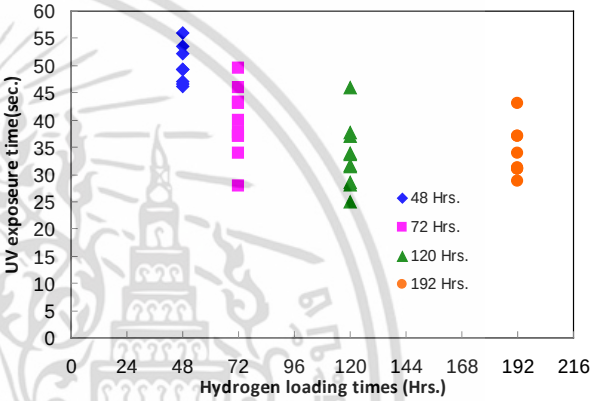


Fig. 9 The UV exposure time distribution UV exposure time of target FBG reflectivity at 9 % at hydrogen loading time 48,72,120, and 192 hours.

It can be seen in Fig. 9 that the distribution of UV exposure time was the similar manner for four hydrogen loading times conditions therefore FBG wavelength at writing process becomes stable. This phenomenon affect to small distribution of FBG wavelength at final optical process.

IV. CONCLUSIONS

The hydrogen adsorption loss, the FBG wavelength shift, and the UV exposure time technique can be used for evaluating hydrogen concentration in fiber core at four hydrogen loading time conditions. The hydrogen concentration in the fiber core increases when hydrogen loading time is long, which is corresponding to gas diffusion equation. The saturation of hydrogen gas diffusion at hydrogen loading pressure 13 MPa under room temperature is around 192 hours. The four conditions of hydrogen loading time at hydrogen loading pressure 13 MPa and room temperature has no significant impact on a fluctuation of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FBG wavelength 974-976 nm range at writing, and final optical inspection process due to a small of refractive index change at reflectivity 9 b% and the a small distribution of UV exposure time.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Stabilizer production and R&D section of Furukawa fitel Thailand, which support knowledge and equipment for testing.

REFERENCES

[1] Kenneth O. Hill and Gerald Meltz, " Fiber Bragg Grating Technology Fundamentals, Overview Joural of lightwave technology, Vol. 20, No.11, November 2002

[2] Raman Kashyap, "Fiber Bragg Grating", Elsevier press, P.15-45, 2010.

[3] L. B. Fu, G. Tan, W. J. Xu, H. L. An, X. M. Cui, X. Z. Lin, and H. D. Liu, "Ultraviolet-initiated reactions of H2 with germonosilicate fibers and H2 concentration dependence of the Bragg wavelength of a fiber grating", Vol. 25, No. 8, Optical Society of America, 2000.

[4] Yuji Masuda, Mitsuo Nakamura, Chisa Komatsu, Keio Fujita, Makoto Yamauchi, Masanori Kimura, Yasuo Mizutani, Susumu Kimura, Yoshifumi Suzaki, Takashi Yokouchi, Kiyoshi Nakagawa,and Seiki Ejima, "Wavelength Evolution of Fiber Bragg Gratings", Journal of lighwave technology, Vol. 22, No. 3, March 2004.

[5] Kazuhiro Noguchi, Nori Shibata, Naoshi Uessugi, Yukiyasu Negishi "Loss Increase for Optical Fibers Exposed to Hydrogen Atmosphere", Journal of Lightwave technology, No. 2, April 1985

[6] Paul J. Lemaire "Reliability of optical fibers exposed to hydrogen : prediction of long-tern loss increase", Optical Engineering, Vol. 30 No. 6, p. 780-789, June 1991.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Numerical Investigation on Water Transport in Polymer Electrolyte Fuel Cells in Different Flow Field Configurations

Patcharawat Charoen-amornkitt[1], Nuttapol Limjeerajarus[2]

Research Center for Advanced Energy Technology, Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology
1771/1 Pattanakarn Rd., Suan Luang, Suan Luang, Bangkok, Thailand, 10250
[1] ch.patcharawat_st@tni.ac.th
[2] nuttapol@tni.ac.th

***Abstract*— Water management in a membrane electrode assembly (MEA) is one of the crucial problems which prevents a polymer electrolyte fuel cell (PEFC) from a wide-scale commercialization due to its consequent effect on cell durability and degradation. One of the main components of PEFC which directly deals with the water management problems is the reactants gas flow channel (GFC). A well designed GFC must provide a uniform distribution of water concentration which reduces flooding in catalyst layer and gas diffusion layer as well as drying of the membrane. This work highlights the water transport inside the PEFC, including membrane water content and water saturation of three different commercial flow fields, namely single channel serpentine, three channel parallel in series and z-type parallel by using finite volume method via ANSYS FLUENT software. The results indicated that, for a small-scale PEFC, the single channel serpentine was the best flow field among the studied flow fields with the recommended operating voltage of 0.6.**

***Keywords*— PEFC, CFD, Multiphase flow, Water Transport, Fuel cell modeling**

I. Introduction

Polymer electrolyte fuel cell (PEFC) is a device which converts chemical energy into electrical energy directly by releasing heat and water as a by-product. However, there are several technological barriers needed to be overcome before competing in the global energy market such as heat and water management problems. Water management problems can be classified into 2 main categories, i.e., the drying problem and the flooding problem. The drying out of the membrane leads to a high protonic resistivity, resulting in the increase of local hot spots. The increased hot spot accelerates the drying further and thus the lower cell performance and the membrane lifetime. A PEFC, typically, operates under low temperatures and therefore the water may condense and form liquid water blocking the gas diffusion passage, resulting in the flooding in the electrodes, which prevent the reactants to reach the reaction site and hence the reduction of the cell performance. In the membrane, generally, there are 2 kinds of the water transport involved, which are the electro-osmotic drag (EOD) and the back diffusion (BD), as depicted in Fig.1. The water flooding mentioned earlier is likely to occur in the cathode catalyst layer (CL) since the water is produced on this side due to the electrochemical reaction and the water also migrates from the anode by the EOD. While the cathode side of the membrane electrode assembly (MEA) has to deal heavily with the water flooding problem, the anode side has a problem of the membrane drying out caused by the EOD. However, when the water concentration at the cathode is higher, the water diffuses back to the anode by the BD. To keep the membrane in the hydration state and avoid the flooding in the electrodes, the effects of those 2 types of water transport are needed to be in balance.

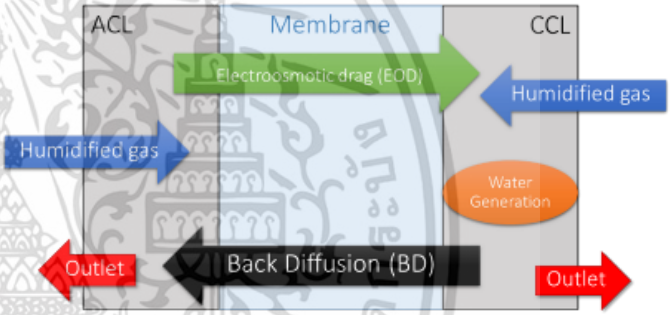


Fig. 1 Schematic of the water transport in the PEFC

Among several components of a PEFC, the gas flow channel (GFC) on the bipolar plates (BPs), which performs several functions affecting PEFC performance and its lifetime, directly relates to the water management. After the reactants are fed into the GFC, the reactants are consumed non-uniformly along the GFC and hence the maldistribution of temperature and water production. Besides its function of distributing the reactants to the reaction site, the GFC is also used to remove the surplus water out through the channel. Therefore, the design of the GFC plays an important role on PEFC performance and stability. The computational fluid dynamics (CFD) has been accepted so far as a powerful tool for PEFC performance evaluation and parametric design optimization. There are several studies using the CFD techniques to investigate the effect of different GFC designs on the PEFC performance [1 – 3].

In this work, the numerical modeling for the water transport investigation in three different commercial flow field configurations, namely single channel serpentine, three channel parallel in series and parallel of 5 cm^2 PEFC which

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

operates by using air was carried out via CFD techniques. The objective of this study is to explore the effects of different flow configurations on the water transport inside the MEA which greatly affects the PEFC performance and durability. The results would provide an useful information for a design optimization and suggest the flow field with an appropriate operating cell voltage at which the cell can operate with stability.

II. Model Development

The model, in this work, was carried out through ANSYS FLUENT PEMFC add-on module based on the finite volume method by which the phenomena occurring inside the PEFC are numerically solved. The equations used in this model are including the mass conservation equation, the Navier-Stoke's equations, the conservation of energy equation, the multiphase model equation and a set of several equations, which are a combination of theoretical and experimental derived equations [4]. Note that the multiphase model used in this work assumed the liquid water velocity in the GFC to be equal to the reactants velocity and thus flooding in the GFC cannot be predicted by this model. The 3-D geometries, including BPs, GFCs, gas diffusion layers (GDLs), catalyst layers (CLs), and membrane, of 5 cm^2 PEFCs were generated in ANSYS WORKBENCH and imported into ANSYSY ICEMCFD for discretizing the created geometries into small volume elements. Hexahedral cells were chosen to be the computational cell for the sake of quick convergence rate, good solution accuracy and low required computational time. A grid independent analysis on each layer of the MEA (i.e., GDLs, CLs and membrane) was also carried out to ensure the quality of the solution in our previous work [5]. Finally, 5 cells lined in the through-plane direction of each layer were used since the maximum difference of the cell voltage obtained from the different cell numbers was within 1% of the case of 5 cells in each layer but a higher computational time. Therefore, the computational cells of approximately 680,000 hexahedral cells with a maximum aspect ratio of 94 were used for the final simulation.

The realistic properties and parameters obtained from manufacturers' catalogue and experiments conducted in previous studies were used and summarized in our previous work [5] and will not be repeated here. The boundary conditions of this model were selected based on the real application which uses air as the oxidant for a sake of convenience for which the oxidant storage is not required. Therefore, the stoichiometric flow rates of 1.1/1.1 with 90% RH in both H_2/Air were used in this study. The cell and reactants temperature were set to maintain at 60ºC which was the operating temperature. Since the cell operated under the atmospheric pressure, the pressure at outlet of GFCs was set at 1 atm. Finally, galvanostatic boundary conditions were used since they represented the real operation mode of the experimental test station.

III. Results and Discussion

Since the membrane water content reflected both cell lifetime and performance, the simulation results of the average amount of water content in the membrane of each flow field at each current density are shown in Fig. 2. The results revealed that the water content at the low current densities (below 0.2 A cm^{-2}) increased as the current density increased, while it decreased after 0.2 A cm^{-2}. It was also found that the parallel flow field provided the highest average membrane water content among the three flow fields in the entire current density while the single channel serpentine flow field delivered the lowest water content in most parts of the current density. Note that the membrane in the parallel flow field suffered a severe flooding problem and thus its water content after 1.4 A cm^{-2} could not be simulated. This result was confirmed by the I-V polarization curve presented later in Fig. 7.

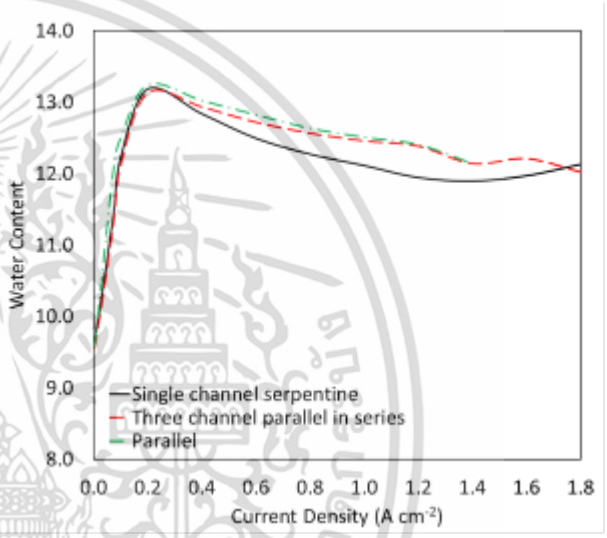


Fig. 2 Average water content at each current density

However, the driving mechanism behind the increasing and decreasing of the water content in each current density were not yet well understood. Fig. 3 shows the amount of transferring water due to the membrane water transport and oxygen reduction reaction (ORR) to clarify those ambiguities. It was clearly seen that the amount of water at the anode side decreased rapidly after 0.2 A cm^{-2} which indicated that the EOD became significantly dominant. Although the EOD increased the amount of water on the cathode side, the much higher amount of water on the cathode side was mainly caused by the water generation via ORR since the increased water on the cathode has to be equal to the decreased water on the anode if the ORR is neglected. From Fig. 3, it could be implied that while the water was being generated at the cathode side and almost no water was being moved from the anode to the cathode via the EOD at the low current densities, the membrane humidification was increased and thus the increasing of the membrane water content. In the region after 0.2 A cm^{-2}, the amount of water at the anode side reduced significantly, resulting in the lower average water content.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Therefore, it can be concluded that although the transportation of proton mainly depends on the water content, the transportation of proton also significantly influenced bi-directionally the water transport in the membrane and thus the water content.

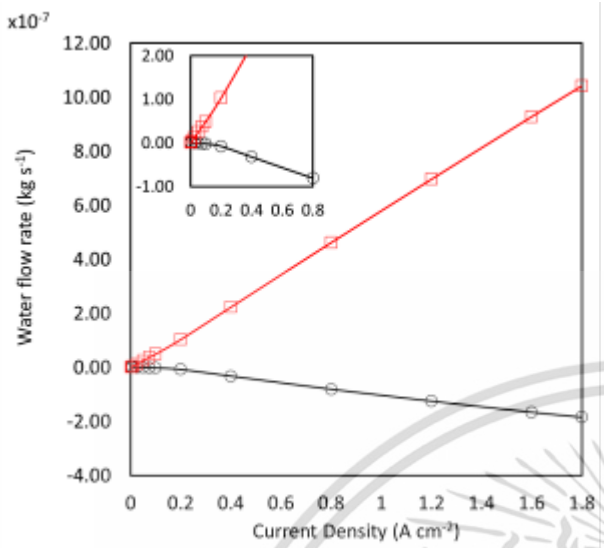


Fig. 3 The amount of transferring water in the electrodes (○) Anode (□) Cathode

In each flow field, there were differences in the water transport since the amount of fed and generated water was the same by the boundary conditions, but the average membrane water content was different and hence the water distribution. To prevent the local hot spots which may lead to the problems of cell degradation and durability, the uniform distribution of the water content is needed. Since the anode side of the membrane has to deal with the drying problem, the investigation on the anode water content distribution at different cell voltages was conducted and presented in Fig. 4.

It was found that the results were in concurrence with the average water content (see Fig. 2) in which the anode side of the membrane was getting drier when the load was increased. Additionally, the parallel flow field was also found providing the highest membrane water content followed by the three channel parallel in series and the single channel serpentine flow field, respectively. The single channel serpentine flow field delivered the most uniform water content distribution among the flow fields, while the parallel provided the worst uniformity. From this uniform distribution, it could be implied that the reaction occurred evenly all over the cell area. The areas at the anode side where the hydrogen oxidation reaction (HOR) did not take places were where the water content areas were high since there were no protons to drag the water from the anode to the cathode side via the EOD. Besides the drying of the membrane at the anode side, the flooding at the cathode side could also bring a direct impact on PEFC durability.

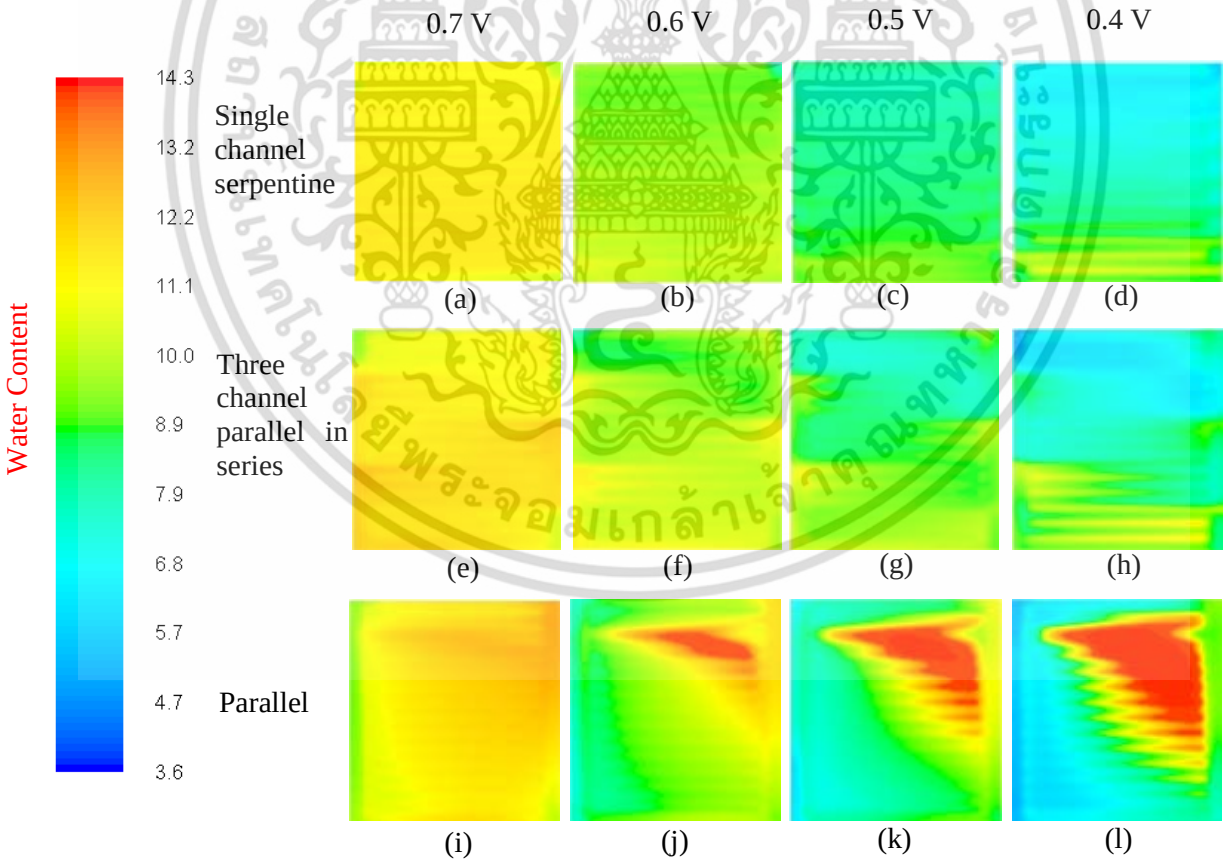


Fig. 4. The anode water content distribution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

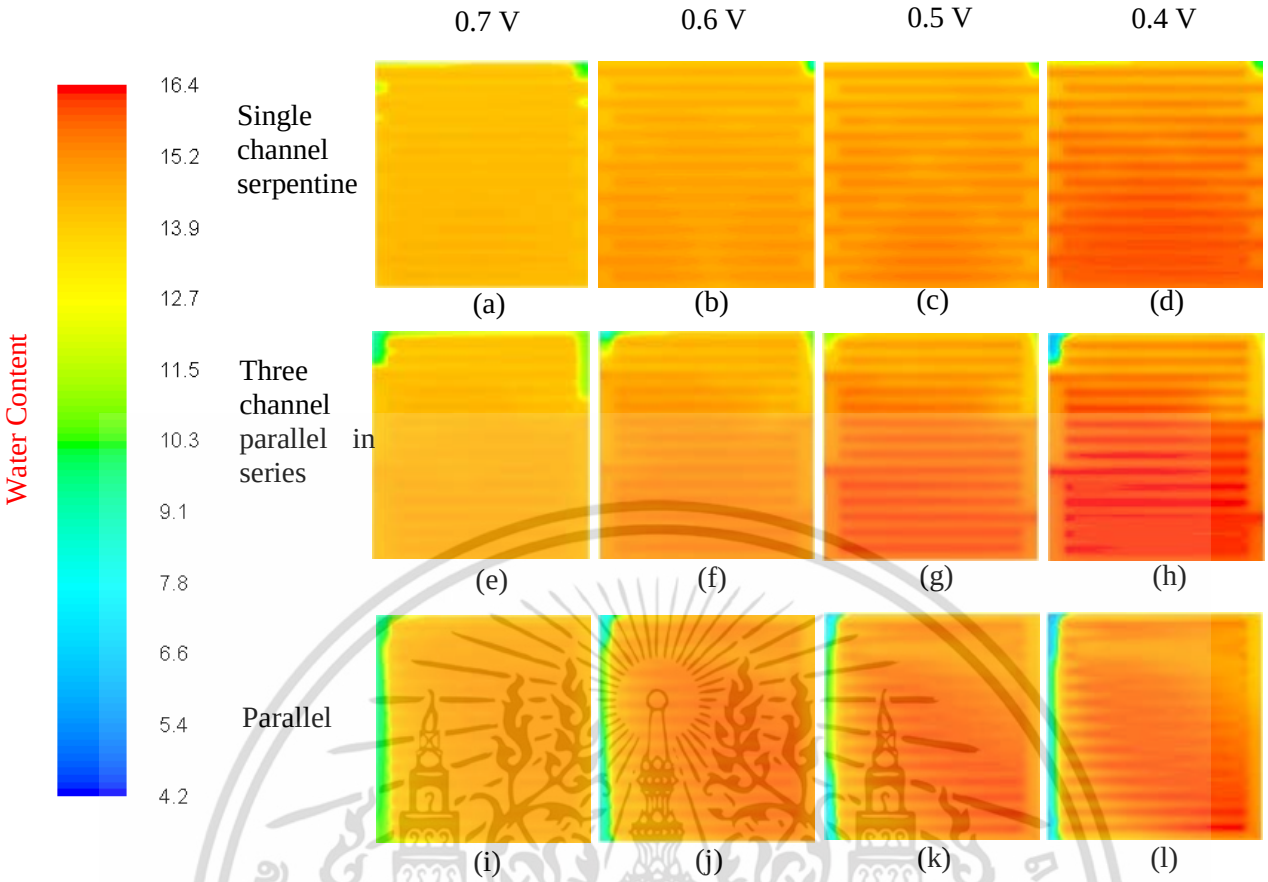


Fig. 5 The cathode water content distribution

Therefore, the cathode membrane water content distribution of each flow field at different cell voltages was also studied and displayed in Fig. 5.

The results coincided with the amount of transferring water in the electrodes in Fig. 5 in which, at the cathode side, the amount of water increased as the increasing of the current density and thus the decreasing of the cell voltage. However, the results of the parallel flow field were found contradictory to the statement mentioned earlier since its water content increased slightly when the cell voltage was decreased, which indicated that the flow field suffered a flooding situation and the voltage fell rapidly. As found earlier, the single channel

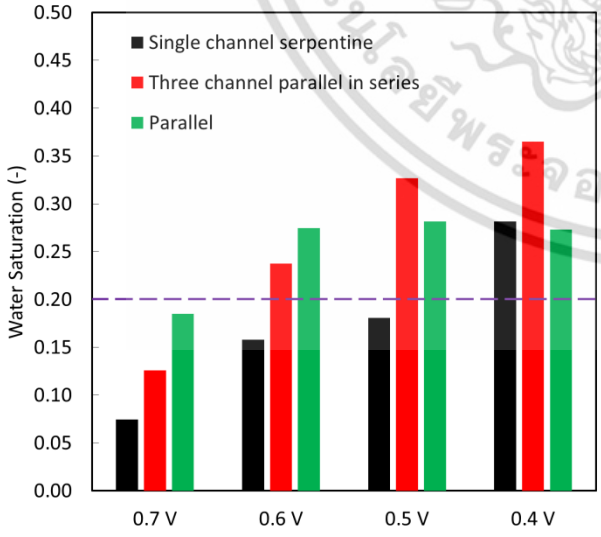


Fig. 6 The average cathode water saturation

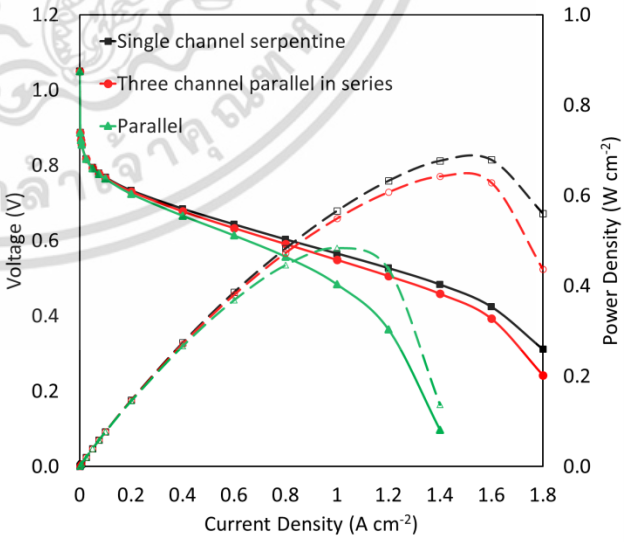


Fig. 7 IV Polarization curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

serpentine flow field provided the best uniformity in the cathode water content distribution, while the parallel contributed the worst. Note that the areas where the water content was higher than 14 was the area that full of liquid water based on the relation suggested by Springer at al. [6].

Fig. 6 displayed the average water saturation (volume fraction of liquid water) over the cathode CL volume. Since Wang and Van Nguyen [7] stated that the cell voltage would not stable if the average water saturation was higher than 0.2 during the operation, all flow fields would operate with stability at approximately 0.7 V. However, the single channel serpentine flow field could also be operated at the lower cell voltage (0.5-0.6 V) which can provide a higher power density as shown in Fig. 7. Although the voltage of 0.5 V was approximately the voltage which provided the highest power density, from the previous study [8], hydrogen peroxide can be formed electrochemically at potentials less than 0.6 V and thus the reduction of membrane durability. Therefore, the operating cell voltage of lower than 0.6 V was not recommended. Considering all studied aspects, the single channel serpentine flow field was suggested to be the best among the studied flow fields due to its higher power density, more uniform water content distribution, and lower amount of liquid water in the cathode CL. The suggested cell operating voltage was 0.6 V since it provided a much higher power density, had no stability problem in an operation, and was not affected by hydrogen peroxide. However, the real PEFC stacks used in a commercial-scale application used much larger cell areas. Therefore, a further study on the transport phenomena, including both heat and water, in much larger cell areas should be carried out and is ongoing in our research group.

IV. Conclusions

The model of PEFC with the different flow fields to investigate the water transports inside the PEFC was successfully developed. The results revealed that the membrane water content increased as an increasing current density at the low current density due to the low effect of electroosmotic drag. While the effect increased significantly after 0.2 A cm^{-2}, the membrane water content increased. Those results were also confirmed by the distribution of the water content at the both sides. However, there were some liquid water inside the MEA indicated by the water content and water saturation which would affect greatly on the cell performance, durability, stability and degradation. The single channel serpentine flow field was suggested to be the optimum designs for using with a small-scale PEFC MEA since it could be operated at the voltage lower than 0.7 V with stability. Since operating with the voltage lower than 0.6 V was found affecting the cell durability, the voltage of 0.6 V was recommended to be the operating cell voltage.

Acknowledgment

The authors would like to express our special thanks for the financial support funded by Thai-Nichi Institute of Technology under the project ID: 1408/A003.

References

[1] E. Birgersson and M. Vynnycky, “A quantitative study of the effect of flow-distributor geometry in the cathode of a PEM fuel cell,” *Journal of Power Sources*, vol. 153, no. 1, pp. 76–88, Jan. 2006.

[2] A. Kumar and R. G. Reddy, “Effect of gas flow-field design in the bipolar/end plates on the steady and transient state performance of polymer electrolyte membrane fuel cells,” *Journal of Power Sources*, vol. 155, no. 2, pp. 264–271, Apr. 2006.

[3] Y. Ferng and A. Su, “A three-dimensional full-cell CFD model used to investigate the effects of different flow channel designs on PEMFC performance,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 32, no. 17, pp. 4466–4476, Dec. 2007.

[4] ANSYS, *ANSYS FLUENT Fuel Cell Modules Manual*. USA: ANSYS, 2011.

[5] P. Charoen-amornkitt and N. Limjeerajarus, “Numerical study on the effect of flow field configurations on PEFC performance,” in *Proc. JCREN’14*, 2014.

[6] T. E. Springer, T. A. Zawodzinski, and S. Gottesfeld, “Polymer electrolyte fuel cell model,” *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 138, no. 8, pp. 2334–2342, Aug. 1991.

[7] X. Wang and T. V. Nguyen, “An experimental study of the liquid water saturation level in the cathode gas diffusion layer of a PEM fuel cell,” *Journal of Power Sources*, vol. 197, pp. 50 – 56, Jan. 2012.

[8] W. Liu and D. Zuckerbrod, “In Situ Detection of Hydrogen Peroxide in PEM Fuel Cells,” *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 152, no. 6, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stability of mixed-phase alumina catalysts for ethanol dehydration reaction

Jarurat Sumphanwanich[1], Bunjerd Jongsomjit

Center of Excellence on Catalysis and Catalytic Reaction Engineering
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
[1] gainn25@gmail.com

***Abstract*— Dehydration reaction is an important and basic technology for converting ethanol into ethylene product which temperature is less than pyrolysis reaction. It is also considered as alternative energy for future. Many researches improve and modify catalyst in order to obtain high selectivity. The selectivity factor mostly depends on acidity on a catalyst and temperature, which is catalytic early degradation.**

In this present study, the mixed gamma and chi crystalline phases of alumina catalyst calcined at 600 °C was employed for ethanol dehydration to ethylene. The mixed γ- and χ-crystalline phase alumina was prepared by solvothermal method. The catalyst was performed for ethanol dehydration reaction under atmospheric pressure at temperature of 200-400 °C in a fixed-bed reactor. They exhibited both high conversion and high selectivity to ethylene more than 90% of interval temperature 350-400 °C. The catalyst was characterized by several techniques. However, the stability of these catalysts will be further investigated by reaction test at the specified temperature (300-400 °C) within time-on-stream (TOS) around 6 hrs. The coke formation will appear on the surface of spent catalysts. After TOS 12 hrs., the coke content reaches very high level, which affects to catalyst deactivation. Therefore, the operating condition (such a TOS and temperature) leads to generate coke deposited on the catalysts significantly. The different characteristics of the fresh and spent catalysts will be compared and discussed further.

***Keywords*— Deactivation, Ethanol dehydration reaction, Mixed-phase alumina, Optimum temperature, Stability**

I. Introduction

Ethylene is an important preliminary product of petrochemical industry and many requirements in the world. Because ethylene is mostly used in reactant for produced a variety of polymers such as polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC) and so on. Moreover, it is also used as intermediate compounds of ethylene dichloride, ethylene oxide and ethyl benzene as well as fibres and other organic chemicals [1]-[3]. However, these products are launched on consumer markets such as the packaging, transportation, electrical/electronic, textile and construction industries as well as consumer chemicals, coatings and adhesives.

Normally, ethylene is produced in the petrochemical industry by steam thermal cracking of hydrocarbon such as naphtha, liquefied petroleum gas and gas oil. The steam thermal cracking or pyrolysis method requires high thermal temperature around 750-900°C because of its endothermic reaction [4]. Nowadays, crude oil petroleum is concerned about non-renewable resource and limited consumer. Therefore, a new wave of produced ethylene is being created from definition of "Green chemical process technologies". The classified of green process based on natural bioethanol which produced from fermentation of sugar cane or corncob, avoiding the use of food products. Ethylene is obtained by dehydrating bioethanol vapor using a catalyst containing a mixture of magnesium oxide, alumina, silica and so on that can reduce the thermal energy, cost and also friendly environment to enhance yield in chemical process development.

The main catalysts which are used for ethanol dehydration reaction are based on γ-Al_2O_3 and HZSM-5 zeolite. Generally, the former required higher reaction temperature and lower product selectivity than zeolite. However, zeolite catalyst rapidly deactivated by coke formation. Therefore, researchers concentrate on alumina modification because γ-Al_2O_3 catalyst has excellent thermal stability, fine particle size, high surface area in adsorb and inhibit side reaction.

The objective of this research is to study stability of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina for optimal operating condition via ethanol dehydration reaction that related to temperature and time on stream. The result is investigated physicochemical properties by using several techniques which were X-ray diffraction (XRD), N_2 physisorption (BET), NH_3-temperature programmed desorption (NH_3-TPD), thermogravimetric analysis (TGA), scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX).

II. Materials and Methods

A. Materials

Aluminum isopropoxide : $AIP[(CH_3)_2CHO]_3Al$ (Aldrich 98%), Toluene($C_6H_5CH_3$) (Merck 99%), 1-Butanol($C_4H_{10}O$) (Merck 99%), Methanol(CH_3OH) (Merck), Ultra high purity nitrogen gas (TIG 99.99%), and Ethanol C_2H_5OH (J.T.Baker 99.99%).

B. Synthesis of mixed-phase alumina catalysts

The mixed gamma and chi crystalline phases of alumina were prepared via the solvothermal method. Aluminum isopropoxide (AIP) 25g was suspended in 100ml mixed solution (50ml toluene and 50ml 1-butanol) in a test tube. After that bring it in a 300ml autoclave and then added 30ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

solvent (15ml toluene and 15ml 1-butanol) in the gap between the test tube and the autoclave wall. The mixture is purged with nitrogen at pressure 20 bar. The operating condition is heated up to 300°C at 2.5°C/min heating rate and holding for 2 hrs. After it cooled down to room temperature, the resulting powder was washed with methanol several times by centrifugal machine at 20 rpm for 5 minutes and air drying overnight. The catalyst powder was calcined in a tube furnace for temperatures at 600°C with a heating rate 10°C/min and holding in the air for 6 hrs.

C. Catalytic characterization

1) X-ray diffraction (XRD): The bulk crystal structure and X-ray diffraction (XRD) patterns of the catalysts will be determined by the SIEMENS D5000 X-ray diffractometer connected with a personal computer with Diffract ZT version 3.3 programs for fully control of the XRD analyzer. The experiment will be carried out by using Cu Kα radiation source with Ni filter in the 2θ range of 20 to 80° with a resolution of 0.02°. The mean crystallite size was calculated from the Scherrer equation [5].

2) Nitrogen physisorption: The BET surface area, pore volume and pore diameter of catalysts will be determined by nitrogen gas adsorption at liquid nitrogen temperature (-196°C) using Micromeritics ChemiSorb 2750 Pulse chemisorption System instrument. Before characterization, the sample will be thermally treated at 150°C for 1 hr.

3) Temperature programmed adsorption (NH_3-TPD): The acid properties of catalysts will be investigated by temperature programmed adsorption of ammonia (NH_3-TPD) equipment by using Micromeritics chemisorp 2750 Pulse Chemisorption System. In an experiment, a packed quartz wool and 0.1 g of catalyst will be loaded in a quartz tube and pretreated at 500°C under helium flow. The sample will be saturated with 15%NH_3/He. After saturation, the physisorbed ammonia will be desorbed under helium gas flow about 30 min. and then the sample will be heated from 40°C to 800°C at heating rate 10°C.min^{-1}. The amount of ammonia in effluent will be measured via TCD signal as a function of temperature.

4) Thermal gravimetric analysis (TGA): The spent mixed-phase alumina catalysts will be subjected to the thermal gravimetric analysis (Diamond Thermogravimetric and Differential Analyzer, TA Instruments SDT Q600) to determine the carbon content in the sample, as well as their thermal behaviors in the range of 30 to 800°C. The analysis will be performed at heating rate of 10°C.min^{-1} in 100ml.min^{-1} flow of air.

5) Scanning electron microscopy and Energy X-ray Spectroscopy (SEM-EDX): Scanning electron microscopy was observed the morphologies of catalysts after TGA checked by using JEOL JSM-35 CF model. The elemental dispersion over the catalysts surface were determined by energy x-ray spectroscopy (EDX) which it was perform on Link Isis Series 300 program.

D. Catalyst tests in ethanol dehydration reaction

This experiment use 0.05 g. catalyst which was packed in a continuous down-flow fixed-bed reactor with an inner diameter size 0.7 mm. at 200°C under ambient pressure. The catalyst was placed on 0.01 g. quartz wool in the middle of a borosilicate glass reactor. Previous in situ activation was performed under argon (50 ml.min^{-1}) for 1 hr. at 200°C and 190 volt. The gas flow was kept during reaction, while absolute ethanol was fed into the reactor. The reaction was detected at temperature 300°C, 350°C and 400°C for mixed-phase alumina.

Reaction products were continuously monitored by online gas chromatography using a Shimadu GC8A gas chromatography equipped with FID detector connected to DB-5 capillary column at 150°C every 1 hr. for cycle.

III. Results and Discussion

A. Catalytic characterization

1) X-ray diffraction (XRD): Transitional alumina phase was characterized by using X-ray diffraction technique in order to prove and identify the structure of catalysts. XRD patterns of mixed-phase alumina catalysts synthesized via solvothermal method of AIP compound in 50:50 solution between toluene and 1-butanol were obtained. The catalysts were properly calcined at 600°C. The characteristic peaks of alumina reflect γ-phase at 2θ = 32°, 37°, 39°, 45°, 61° and 66° and χ-phase at 2θ = 37°, 40°, 43°, 46°, 60° and 67° confirms the transformation of mixed-phase as shown in Figure 1 [6].

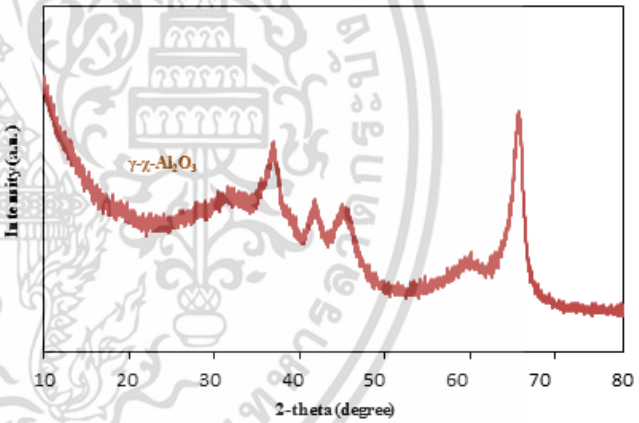


Fig. 1 XRD patterns of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina

2) Nitrogen physisorption: The pore structure and the BET surface area of γ-χ Al_2O_3 sample were analysed on the basis of nitrogen adsorption-desorption isotherms as shown in Fig. 2, exhibited IV-type isotherms, indicating the existence of well-developed mesopores [7]. The pore diameter (D) is divided into three categories; macropores (D > 50 nm), mesopores (2 nm < D < 50 nm) and micropores (D < 2 nm) [8]. Therefore, the pore size distribution curve of the sample confirms to sort of unimodal with mesopores as shown in Fig. 3 (2-28 nm). The pore structure parameters of the γ-χ Al_2O_3 sample are listed in Table I.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE I
BET SURFACE AREA, PORE VOLUME AND PORE SIZE DIAMETER OF THE MIXED Γ- AND X-CRYSTALLINE PHASE ALUMINA CATALYSTS.

Sample	BET surface area	Pore volume	Pore size diameter
	S_{BET} (m^2/g)	P_V (cm^3/g)	P_d (nm)
γ-χ Al_2O_3	200	0.69	8.26

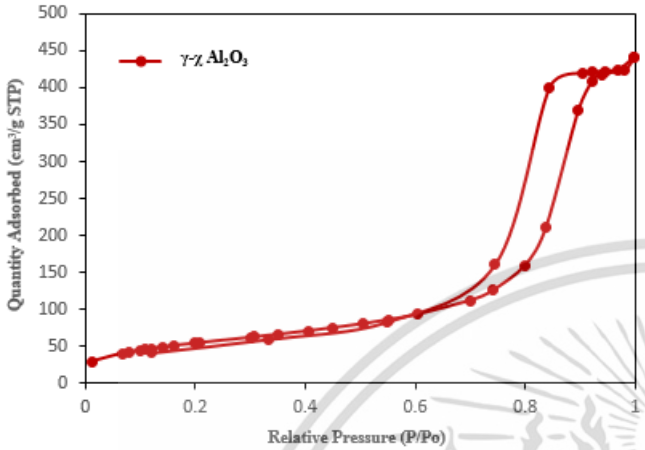


Fig. 2 The N_2 adsorption–desorption isotherms of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts with calcined 600°C

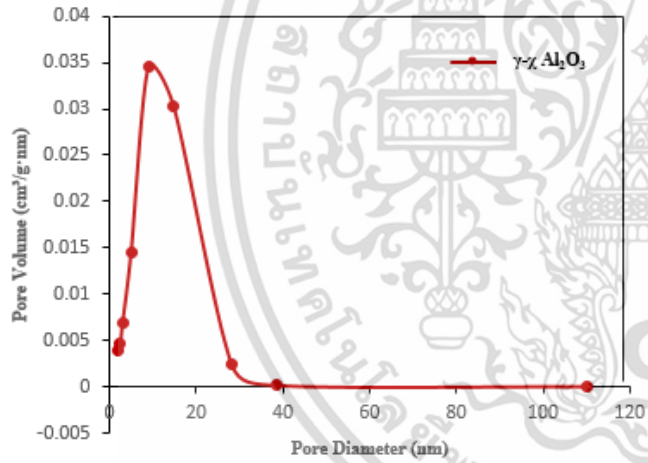


Fig. 3 Pore size distribution of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts with calcined 600°C

3) Temperature programmed adsorption (NH_3-TPD): NH_3-TPD is one of the powerful techniques for characterizing surface acidity of heterogeneous catalysts. The higher desorption temperature identifies to strong acid site, corresponding to amount of NH_3 desorbed from under NH_3–TPD peak as shown in Table II. In Fig. 4, Mixed-phase alumina shows two peaks at 100-220 °C and 220-800 °C. The former indicates weak and the latter presents medium to strong acid site, consecutively. They are typically known as Lewis acid sites [9]. Moreover, the acid site was important to catalytic activity for ethanol dehydration into ethylene.

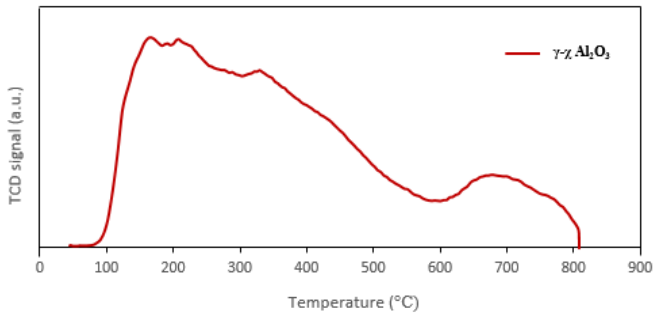


Fig. 4 NH_3-TPD of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts

TABLE II
AMOUNT OF NH_3 DESORBED MEASURED BY AREA UNDER THE PEAK IN DIFFERENT TEMPERATURE RANGE IN THE NH_3-TPD PROFILES OF MIXED Γ- AND X-CRYSTALLINE PHASE ALUMINA CATALYSTS

Sample	NH_3 desorption (mmol NH_3/g cat.)		Total acidity (mmol NH_3 /g cat.)
	weak	medium to strong	
γ-χ Al_2O_3	2.71	6.20	8.91

B. Catalytic Activity

The catalytic performances of mixed phase alumina in ethanol dehydration was investigated using different reaction temperature in the fixed-bed reactor and the results are given in Fig. 5, 6 and 7 respectively. Fig. 5 and 6 show the relationship of selectivity versus time on stream over mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts. The selectivity of ethylene almost keep constant over 90% in during test time 12 hrs. at 350°C and 400°C. On the contrary, at temperature 300°C, it is observed slightly inconsistent selectivity of product. It favours DEE selectivity more than main product at low temperature, corresponding with thermodynamic potential for ethanol dehydration reaction as shown below.

$$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O \qquad \Delta H^{298} = +44.9 \text{ kJ/mole} \quad (1)$$
$$2C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5OC_2H_5 + H_2O \quad \Delta H^{298} = -25.1 \text{ kJ/mole} \quad (2)$$

The enthalpy change (ΔH) is positive in endothermic reaction and negative in heat-releasing exothermic process. Therefore, the selectivity of DEE is high at low temperature, while selectivity of ethylene increases by rising temperature.

Fig 7 indicates the catalyst under different temperature, which shows a transient period before reaching a stable performance. The GC analysis was carried out at time on stream of 8 minutes and the ethanol conversion increased around within the first 2 hrs. of reaction time. As a result, the catalyst performance is considered at stable profile after the transient period. Therefore, the mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts need to pre-treat by the flowing gaseous reactants for activation before steady catalytic performance is reached.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In preliminary experiment results, the modification of mixed-phase alumina catalysts can improve activity to higher selectivity and conversion than main alumina catalyst (γ-Al_2O_3). Obviously, pure gamma alumina displays ethanol conversion around 70%. On the other hand, the mixed-phase alumina displays ethanol 85-90% of conversion which shift to more ethylene product.

1) TGA of spent catalyst: The TG analysis is performed in an oxidative atmosphere (air) with linear temperature ramp up. The maximum temperature is selected so that the sample weight is stable at the end of the experiment. Carbon is burn off leaving aluminium oxides. The removal of coke deposits on mixed-phase catalyst can be calculated into weight loss (%). During the temperature less than 200 °C, the weight loss is attributed to the physically adsorbed water in the porous materials. Moreover, the weight loss of the light coke and the heavy coke are attributed to desorption in temperature between 200–550 °C and 550–800 °C, respectively [10]. In Fig. 8, the TG expose two weight loss evident. The first evident represents water loss and the second evident represents coke content by two features in the derivative curve. The amount of coke deposition on spent catalysts tends to increase after rising temperature and also increased reaction time. We can summarize the coke content in Table III where T-400,12hrs. is the highest coke content among all condition.

TABLE III
SUMMARIZED THE AMOUNT OF COKE DEPOSITION ON SPENT MIXED Γ- AND X-CRYSTALLINE PHASE ALUMINA CATALYSTS

Sample	Light coke weight loss (wt.%)	Heavy coke weight loss (wt.%)	Total weight loss (wt.%)
Temp = 300 °C TOS = 6 hrs.	3.14	0.79	6.98
Temp = 350 °C TOS = 6 hrs.	3.72	0.88	8.2
Temp = 400 °C TOS = 6 hrs.	3.89	0.84	7.21
Temp = 300 °C TOS = 12 hrs.	3.18	0.79	7.01
Temp = 350 °C TOS = 12 hrs.	4.3	0.96	8.64
Temp = 400 °C TOS = 12 hrs.	6.43	0.94	9.63

2) SEM-EDX of spent catalyst: The Morphology of fresh and spent mixed phase alumina catalysts observed by SEM technique is shown in Fig. 9. As a result, the surface of spent catalyst after TG analysis affects the morphologies compared with a fresh catalyst. It possibly affects from coke formation after run reaction. The coke content can be detected using EDX technique and elemental composition of mixed phase alumina is listed in Table IV.

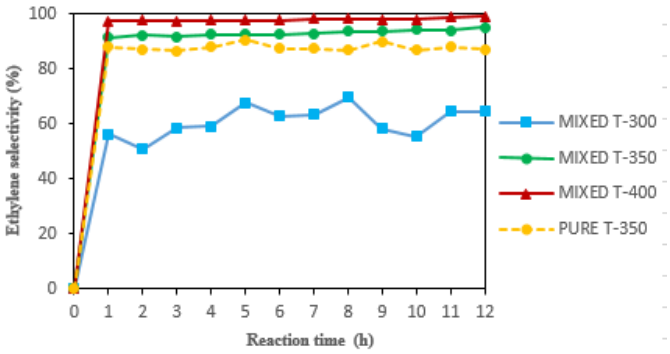


Fig. 5 Ethylene selectivity of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts at 300°C, 350°C and 400°C for TOS 12 hrs.

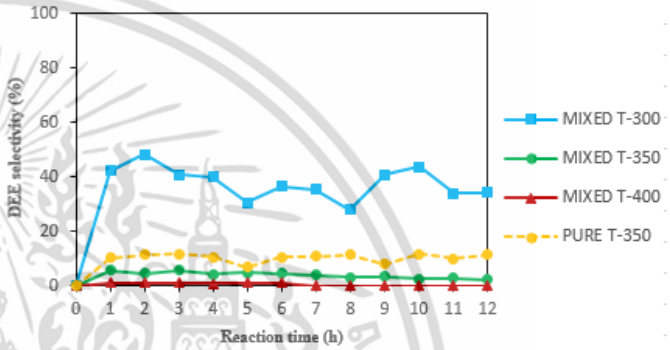


Fig. 6 DEE selectivity of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts at 300°C, 350°C and 400°C for TOS 12 hrs

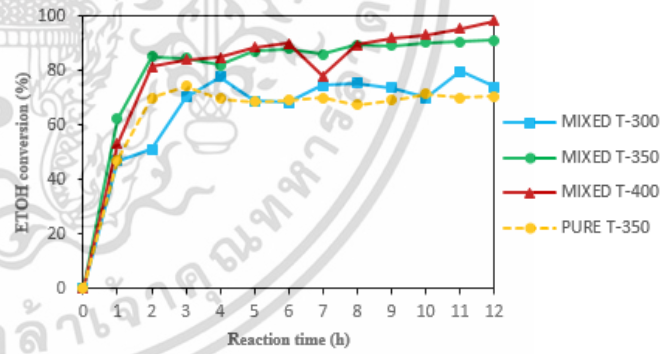


Fig. 7 Ethanol conversion of mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts at 300°C, 350°C and 400°C for TOS 12 hrs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

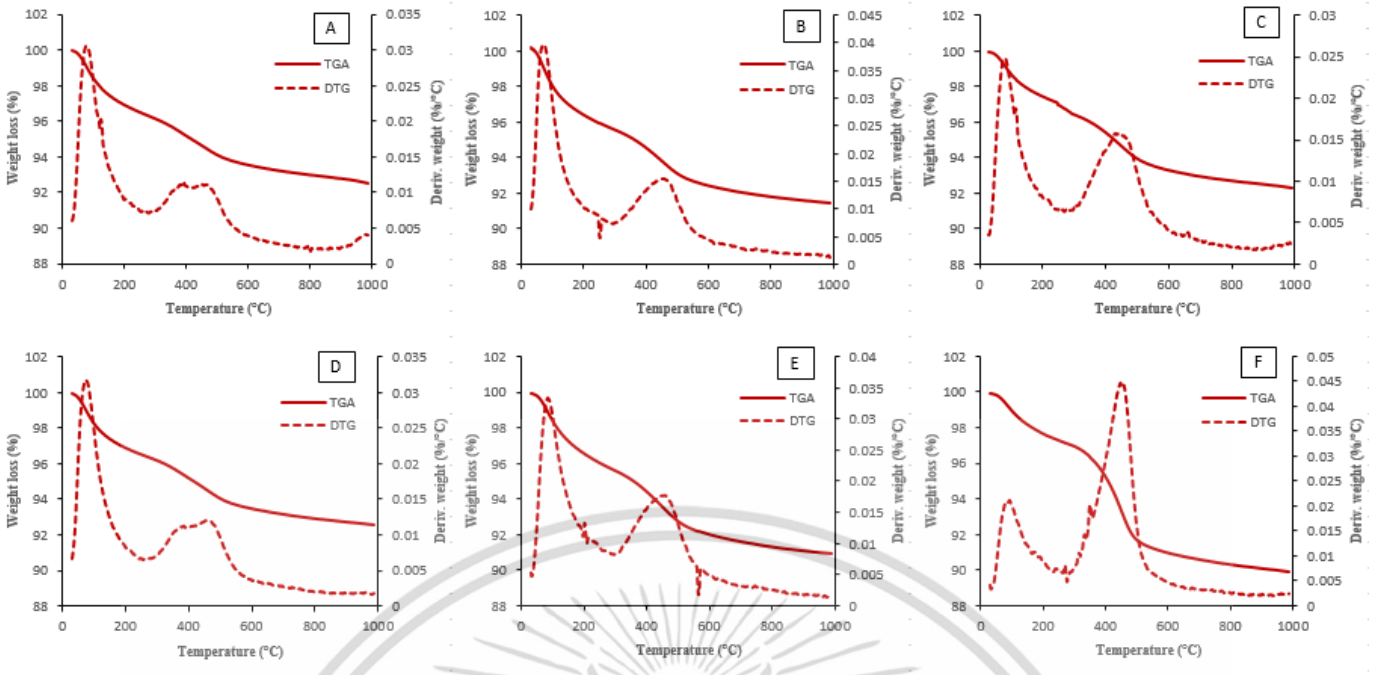


Fig. 8 TG profile of spent mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts in different reaction temperature: (A) T-300,6hrs., (B) T-350,6hrs., (C) T-400,6hrs., (D) T-300,12hrs., (E) T-350,12hrs. and (F) T-400,12hrs.

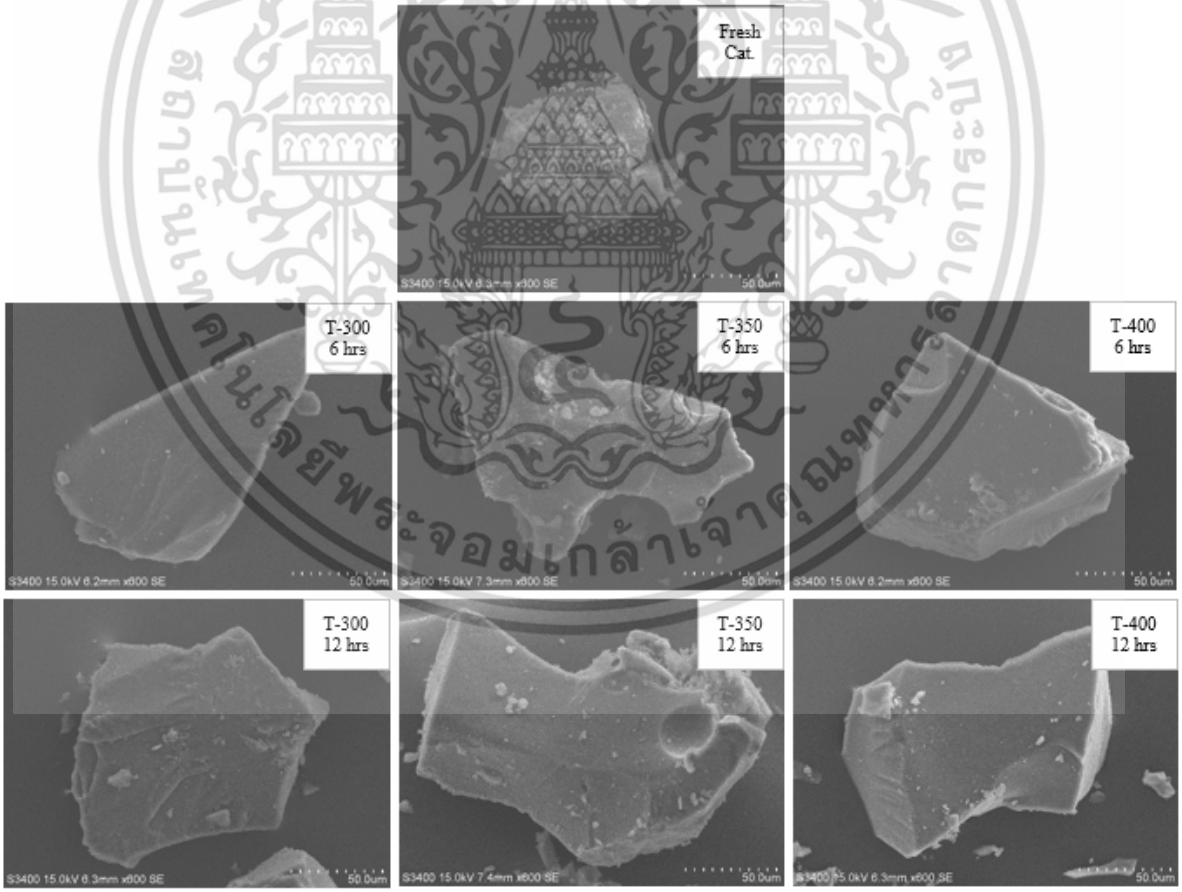


Fig. 9 SEM micrograph of fresh mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts and spent mixed γ- and χ-crystalline phase alumina catalysts after TGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE IV
EDX COMPOSITION ON SPENT MIXED Γ- AND X-CRYSTALLINE PHASE ALUMINA CATALYSTS AFTER TG ANALYSIS

Sample	%Weight			%Atom		
	Al	O	C	Al	O	C
Fresh γ-χ Al_2O_3	53.29	46.71	-	40.35	59.65	-
Temp = 300 °C TOS = 6 hrs.	67.84	29.56	2.60	54.91	40.36	4.73
Temp = 350 °C TOS = 6 hrs.	59.85	37.08	3.07	47.47	47.28	5.25
Temp = 400 °C TOS = 6 hrs.	59.28	37.32	3.40	45.65	48.47	5.88
Temp = 300 °C TOS = 12 hrs.	64.84	31.95	3.21	51.49	42.78	5.72
Temp = 350 °C TOS = 12 hrs.	65.34	30.93	3.73	51.91	41.44	6.65
Temp = 400 °C TOS = 12 hrs.	66.48	28.73	4.79	52.89	38.54	8.57

IV. CONCLUSIONS

The catalytic performance for ethanol dehydration reaction revealed that the highest ethanol conversion and ethylene selectivity were around 90% and 98% in the stable period at T-400, respectively. On the contrary, stability of T-400 was less than T-350 because the spent catalysts were observed that coke formation increases with a function of temperature and time-on-stream condition. It affects to degrade catalyst rapidly. The ethanol conversion increased within the first 2 hrs. of reaction time after pre-treat catalysts. In all condition, the activity of fresh catalysts was maintained over 12 hrs. Therefore, the optimum condition of stability of mixed phase alumina catalyst is possibly suitable at T-350 and greater than pure gamma alumina catalyst.

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to thank Chula Uniserch, Chulalongkorn University (CU-56-654-AM) for the financial support of this project.

REFERENCES

[1] Starokon, E. V., et al. (2014). "Epoxidation of ethylene by anion radicals of α-oxygen on the surface of FeZSM-5 zeolite." Journal of Catalysis 309(0): 453-459.
[2] Shi, Y.-f., et al. (2001). "Kinetics for benzene+ethylene reaction in near-critical regions." Chemical Engineering Science 56(4): 1403-1410.
[3] Sastri, V. R. (2014). 6 - Commodity Thermoplastics: Polyvinyl Chloride, Polyolefins, and Polystyrene. Plastics in Medical Devices (Second Edition). V. R. Sastri. Oxford, William Andrew Publishing: 73-120.
[4] Sadrameli, S. M. (2015). "Thermal/catalytic cracking of hydrocarbons for the production of olefins: A state-of-the-art review I: Thermal cracking review." Fuel 140(0): 102-115
[5] Korsunsky, A. M., et al. (2011). "Strain tomography of polycrystalline zirconia dental prostheses by synchrotron X-ray diffraction." Acta Materialia **59**(6): 2501-2513.
[6] Khom-in, J., Praserthdam, P., Panpranot, J., and Mekasuwandumrong, O. Dehydration of methanol to dimethyl ether over nanocrystalline Al_2O_3 with mixed γ- and χ-crystalline phases. Catalysis Communications 9(10) (2008): 1955-1958.
[7] Chakraborty, A. and B. Sun (2014). "An adsorption isotherm equation for multi-types adsorption with thermodynamic correctness." Applied Thermal Engineering **72**(2): 190-199.
[8] Radovic, L. R. (Ed.). (2004). Chemistry & Physics of Carbon (Vol. 29). CRC Press.
[9] Santacesaria, E., et al. (1977). "Basic behavior of alumina in the presence of strong acids." Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 16(1): 45-47.
[10] Wang, F., et al. (2011). "Corrigendum to "Coking behavior of a submicron MFI catalyst during ethanol dehydration to ethylene in a pilot-scale fixed-bed reactor" [Appl. Catal. A: Gen. 393 (2011) 161–170]." Applied Catalysis A: General 398(1–2): 195.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายสำหรับบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพในเขตกรุงเทพมหานคร

Design and installation of PV grid connect system for Bio-Climatic home in Bangkok

ปิยบุตร ดวงสวัสดิ์[†], นพดล มณีรัตน์[†], สุภาวดี รัตนมาศ[‡]

[†] สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[‡] สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางการใช้พลังงาน ระหว่างพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ และพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง ในเขตกรุงเทพฯ โดยนำบ้านที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้าฯซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯได้พร้อมกัน บ้านที่วิจัยเป็นบ้านที่มีสภาพแวดล้อมแบบเชิงภูมิอากาศชีวภาพมีการใช้ต้นไม้และภูมิสถาปัตย์สร้าง Micro climate เพื่อลดอุณหภูมิการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ต้องมีการออกแบบ ให้สอดคล้องกับภูมิสถาปัตย์ คำนวณความสามารถการผลิตไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้สอดคล้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงสรุปกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ พื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ สำหรับการวิจัยนี้ได้ว่า บ้านหลังนี้ติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดกำลังการผลิต 3.3 กิโลวัตต์สามารถติดตั้งแผงได้ 40 ตารางเมตร เนื่องจากต้องอาศัยพื้นที่เปิดโล่งในบริเวณบ้านในช่วงที่แผงโซลาร์เซลล์รับแสงอาทิตย์ ซึ่งพื้นที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เป็นพื้นที่บริเวณหลังคา ทำมุม 5 องศากับพื้นราบทางทิศเหนือ ซึ่งพื้นที่นี้สามารถติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 285 วัตต์พีคได้ 15 แผง ทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯได้ เฉลี่ย 12 หน่วยต่อวัน หรือ 360 หน่วย/เดือน คิดเป็น 30% ใกล้เคียงกับการออกแบบ สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 3.22 ตันต่อปี

คำสำคัญ : บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ , พลังงานทดแทน , พลังงานไฟฟ้าสองแหล่งร่วม , Solar Inverter, Grid connected

Abstract

The research for study of the utilization of energy, which comprises of solar electrical energy and electrical energy in Bangkok, This features the installation of solar energy system in connection with MEA's grid. The houses that are chosen for study are those that have bio-climatic type surrounding. For this reason, the installation of solar panels requires proper installation design, as well as calculation of the electricity generation capacity energy consumption of the home inhabitants. Based on listed requirements.Solar energy system of Grid Connected inverter type with generation capacity of 3.3 kilowatts effective installation area of 40 square meters from total area, as it requires for open area without the presence of shading from tall surrounding trees during the interval of sunlight collection by the solar panels. The area for installation of solar panels is rooftop area that features metal sheet roofing material, at 10 degrees inclination with North direction, which allows for installation of 15 solar panels of capacity 285 Watt-peak at can substitute for MEA electrical energy on the average of 12 units per day or 360 units per month. carbon dioxide from electric power plants by about 3.22 ton per year.

Keyword : Solar powered houses , alternative power , dual source electrical energy , Solar inverter, Grid connected

1. บทนำ

การแสวงหาพลังงานทดแทน เพื่อลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลเป็นแนวทางที่มีการตื่นตัวมาเป็นระยะเวลานานและแหล่งพลังงาน ที่ได้รับความสนใจแหล่งหนึ่งนั้นคือ แหล่งพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่พบได้ง่ายและยั่งยืน[1,2] ประเทศไทยพื้นที่อยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตร ซึ่งตั้งอยู่เส้นรุ้งที่ 5 – 17 องศาเหนือ เส้นแวงที่ 96 – 106 องศาตะวันออก[3] และมีค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีค่อนข้างสูง โดยค่าความเข้มเฉลี่ยประมาณวันละ 4.75 kWh/m2 ± 15% และค่าพลังงานจากแสงอาทิตย์สูงสุดต่อวันเฉลี่ย 850 Watt/m2 [4,5,6] เหมาะแก่การติดตั้ง ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจากการค้นคว้าและงานวิจัยหลายๆงานที่ผ่านมา มีผลงานวิจัยประสบความสำเร็จ ในการแปลงพลังงานแสง จากดวงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าอยู่มากมาย แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก จากวันนั้น ถึงวันนี้ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนเริ่มมีกันอย่างแพร่หลาย และพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบัน ได้มีการนำมาใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่ ในปัจจุบันได้สำเร็จ แต่ระบบ ยังคงมีราคาแพง [7] ถึงแม้ว่าปัจจุบันเริ่มมีส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกจากหน่วยงานภาครัฐ เช่นโครงการ Solar Roof Top [8] เป็นต้น ดังนั้นการพิจารณาก่อนการติดตั้งระบบพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงอาทิตย์เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ผลจากการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นประโยชน์ มากที่สุด ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาแนวทางการใช้พลังงานทางเลือกจากแหล่งพลังงานดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจจะเรียกว่า PV systems หรือ ระบบSolar Cell ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่จากการไฟฟ้าฯ[9,10] กับบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพในกรุงเทพมหานคร[11] ซึ่งเป็นชุมชนเมือง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศ แสงสว่างและดวงโคม รวมถึงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆเพื่อการดำรงชีวิต ในปริมาณมาก ในการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตในปัจจุบันก่อให้เกิดมลพิษในบรรยากาศและปฏิกิริยาเรือนกระจกส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกจึงเป็นตัวช่วยลดผลเสียต่าง ๆจากการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งผลิต แต่การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องกระทำให้เป็นไปตามรูปแบบที่ถูกต้องและ เหมาะสมกับสภาพสถานที่หรือพื้นที่ติดตั้ง ไม่กระทบต่อกิจวัตรตามปกติของผู้อาศัยภายในบ้านโดยคำนึงถึงความปลอดภัย ไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ใช้ประโยชน์ได้สูงสุด และนำไปสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

บ้านพักอาศัยในแบบที่เราเรียกว่าบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพ เป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ หรือที่เรียกว่า Passive and low energy architectureใช้อักษรย่อว่าPLEA [11] เป็นบ้านที่เน้นแนวทางการออกแบบโดยหลักเกณฑ์การสร้างความสมดุลในธรรมชาติ ระหว่างสิ่งมีชีวิต ภูมิอากาศ กับอาคาร ซึ่งหมายถึง วัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร และระบบอาคารเช่นระบบสุขาภิบาล ระบบการกำจัดของเสีย ระบบการใช้พลังงานภายในบ้าน ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างเป็นต้น เหล่านี้ให้มีความสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตของผู้อยู่อาศัยในบ้าน แบบบ้านเชิงภูมิอากาศชีวภาพจึงเป็นแบบบ้านที่เน้นรูปทรง โครงสร้างบูรณาการกับการสร้างความสมดุลทางธรรมชาติภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เมื่อมาประยุกต์กับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ย่อมได้ผลลัพธ์เป็นบ้านที่ใช้พลังงานหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์ ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ มีความเย็นสบาย มีแสงธรรมชาติเข้าถึงทุกห้อง ตอบสนองต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ตามธรรมชาติและภูมิอากาศได้อย่างเหมาะสม พัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตามยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชาติ

2. แนวทางการวิจัย

การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์กับบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพในประเทศไทย มีสิ่งที่ต้องพิจารณาดังนี้

2.1 พื้นที่ติดตั้ง (Site Location)

พื้นที่การติดตั้งจะต้องเป็นพื้นที่บนหลังคา แต่บริเวณติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ต้องมีร่มเงาบดบัง ไม่ว่าเงาจากต้นไม้ใหญ่ หรือ อาคารข้างเคียงน้อยที่สุด มุมแผง 5 องศา ตามมุมเดิมของหลังคาเดิม

2.2 การกำหนดรูปแบบการใช้งานระบบพลังงานแสงอาทิตย์

ในงานวิจัยนี้ เราใช้การเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (PV Grid system) เพื่อการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับบ้านในเขตเมืองที่มีโครงข่ายไฟฟ้าเข้าถึงโดยสมบูรณ์ มีเสถียรภาพ

2.3 การออกแบบการติดตั้งและการติดตั้ง

การออกแบบการติดตั้งและการติดตั้ง คือการคำนวณขนาดของระบบฯ กำหนดพื้นที่ติดตั้ง ทิศและมุมในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ การดำเนินการติดตั้งอย่างเป็นแบบแผน รูปแบบการติดตั้งเป็นไปตามมาตรฐาน การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า สอดคล้องกับมาตรฐานการติดตั้งของ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท.**[12,13]**

จากการสำรวจข้อจำกัดของพื้นการติดตั้ง กำหนดความต้องการใช้พลังงานทดแทนจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ที่ 30% ของการใช้พลังงานทั้งหมดของบ้านหลังนี้ (จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลัง 12 ปี) เนื่องด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ติดตั้งและเงินทุน รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ต้องหาได้ตามท้องตลาดในปัจจุบัน

- การคำนวณ

$$PV = \frac{Unit \times 1000}{\frac{P_{irr}}{S_{irr}} \times C \times H \times I} \qquad \text{.....(1)}$$

$$PV = \frac{12 \times 1000}{\frac{4}{0.80} \times 0.80 \times 0.95 \times 0.95} = 3,324 \ W$$

เมื่อ PV = กำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงโซลาร์เซลล์

P_{max} = กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ทั้งหมดรวมกัน(Watt)

P_{irr} = พลังงานแสงที่ได้รับตลอดทั้งวันต่อพื้นที่(โดยเฉลี่ย 4 kWh/sq.m)

S_{irr} = ความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ยต่อพื้นที่(โดยเฉลี่ย 0.8-0.9 kWh/sq.m)

C = ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์(ประมาณ 0.8)

H = ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน(ประมาณ 0.95)

I = ค่าสัมประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์(ประมาณ 0.95)

- คำนวณกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาร์เซลล์ (Wp)

$$W_p = \frac{PV}{C \times H} \qquad \text{.....(2)}$$

$$W_p = \frac{3,324}{0.80 \times 0.95} = 4,373 \ W_p$$

เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์ที่จำหน่ายทั่วไป จะระบุค่าพลังงานสูงสุด Wp จากมาตรฐานของแผงโซลาร์เซลล์ (Standard test conditions : STC)

- คำนวณจำนวนแผงโซลาร์เซลล์

W_p คือกำลังไฟฟ้าของแผงทั้งหมด หากเราเลือกใช้แผงที่มีกำลังไฟฟ้า 285 W และใช้ขนาด 2 ตารางเมตร ตามที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของแผง จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด(N) = $\frac{4{,}373\ W_p}{285\ W_p}$

ดังนั้น จำนวนแผงทั้งหมด = 15.34 แผง เลือกใช้ 15 แผง

สรุปการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัยเชิงภูมิอากาศชีวภาพ

ตารางที่ 1 ตารางสรุปรูปแบบและพื้นที่การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ของงานวิจัยนี้

ระบบที่เลือกใช้	ระบบ Grid Connect หรือ Grid Tied
ขนาดการติดตั้ง	3.3 KW ตามขนาดของ Inverter
ใช้พื้นที่การติดตั้ง PV Cell ที่ต้องการ	30 ตร.ม.
บริเวณที่ติดตั้ง	บนหลังคาด้านหน้าของตัวบ้าน(แปลนประกอบที่ 1)
รูปแบบหลังคา	แบบ Metal Sheet
ทิศทางของหลังคา	เอียงทำมุม 5 องศา ทางทิศเหนือ
พื้นที่หลังคาที่ติดตั้งได้ทั้งหมด	40 ตร.ม.

ตารางที่ 2 ตารางสรุปคุณสมบัติของอุปกรณ์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ของงานวิจัยนี้

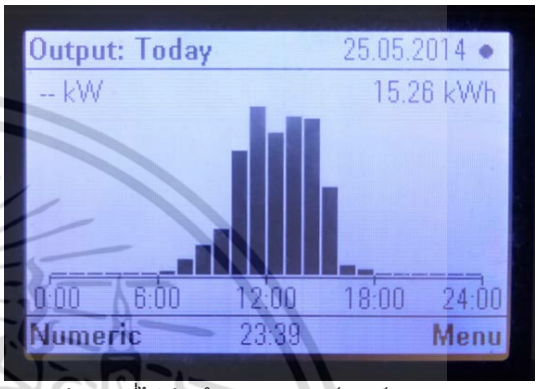
Inverter ที่เลือกใช้	Inverter ชนิด Grid Tied ขนาด 3.3W ของ ABB รุ่น PVS300 1 เครื่อง
PV Cell ที่เลือกใช้	ชนิด Poly Crystalline ของ Suntech รุ่น STP 285 24/VDC จำนวน 15 แผ่น
อุปกรณ์เชื่อมต่อความปลอดภัย	MCCB 2 ชุด (AC/DC)

3. การวิเคราะห์ผล

3.1 พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานแสงอาทิตย์

จากขนาดการติดตั้ง 4.27 kWp และกำลังสูงสุดที่สามารถจ่ายให้กับโหลดคือ 3.3 kW ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 วัน คือ 12kWh/day หรือ 12 หน่วยสำหรับการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฯ หรือ เท่ากับ 4,380 kWh/year สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯได้ถึง 30 % และมีการสูญเสียพลังงานทางด้าน Input (DC) จากระบบ ฯ สูงสุด 600 W ที่กำลังการผลิตของอินเวอร์เตอร์สูงสุด คิดเป็น 18 % และมีการสูญเสียพลังงานทางด้าน Output (AC) น้อยมาก

รูปที่ 1 สถานที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 2 ค่าพลังงานที่ได้บันทึกจากอินเวอร์เตอร์ ABB PVS 300

3.2 เชิงเศรษฐศาสตร์

การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในครั้งนี้ มีต้นทุนการติดตั้งที่ 60,000 บาท/ kW และมีค่าซ่อมบำรุง ปีละ 5,000 บาท คำนวณระยะการใช้งานที่ 20 ปี ค่าต้นทุนพลังงานจะอยู่ที่ kWh(หน่วย)4.8บาท ตามหลักการคำนวณ Leveled Cost of Energy (LCOE) **[14]** ซึ่งค่าไฟในปัจจุบันของบ้านหลังนี้ จากใบแจ้งการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าราคาต่อหน่วยสูงสุด อยู่ที่ 4 บาท

4. บทสรุป

จากการศึกษาการออกแบบและการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับบ้านแบบภูมิอากาศชีวภาพ ขนาดการติดตั้ง 4.2 kWp กำลังการผลิตสูงสุด 3.3 kW มุมการติดตั้งแผง 5 องศา ตามมุมหลังคาเดิม เป็นการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid Connect system) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่อkWp อยู่ที่ 60,000 บาท/ kWp สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 30% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับบ้านหลังนี้ ซึ่งผู้ที่อยู่อาศัยภายในบ้านหลังนี้สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในบ้าน ได้ปกติ เหมือนก่อนการติดตั้ง ต้นทุนพลังงานต่อหน่วย คำนวณจากต้นทุนในปัจจุบัน 2557 อยู่ที่ หน่วยละ 4.8 บาท *ประเมินที่ระยะการใช้งาน 20 ปี คำนวณเป็นจำนวนเงินที่ได้กลับมาจากค่าพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนอยู่ที่ เดือนละ 1,400 -1,500 บาท

การใช้ PV Systems เป็นพลังงานทางเลือก ร่วมกับพลังงานหลัก ส่งผลดีในการลดการสำรองไฟฟ้า สำหรับที่อยู่อาศัยสำหรับที่พักอาศัยประเภทนี้ในเวลากลางวัน และเพิ่มศักยภาพให้กับ แหล่งใช้ไฟฟ้า อื่นๆ เช่น อาคารสำนักงาน โรงงาน ได้ดียิ่งขึ้น และที่สำคัญคือสามารถลดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลงฟอสซิลเฉลี่ยปีละ 3.2 ตัน

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ธิระศักดิ์ เสภากล่อม,"พลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์ ทางเลือกของพลังงานทดแทน," Industrial Technology Review ,ปีที่15,ฉบับที่ 192 (ฉบับพิเศษ) ,2552

[2] ปภสร รัตศุภาวงศ์ และคณะ,"การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์," วิศวสารลาดกระบัง ปีที่30, ฉบับที่ 1 ,2556

[3] Department of Alternative Energy Development and Efficiency [DEDE]. (2012). "ความเข้มแสง และศักยภาพเชิงพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วประเทศ(Solar radiation intensity and solar energy efficiency potential in Thailand.)" [Online]. Available : http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1512:2011-01-10-05-52-10&catid=52&Itemid=68&lang =en

[4] เสริม จันทร์ฉาย และคณะ,"คู่มือมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน,"กรุงเทพมหานคร,จิรังรัชต์,2548

[5] ศูนย์สาระสนเทศพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน,"รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2555," [ออนไลน์],เข้าถึงได้จาก : http:// http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/report12/alternative55.pdf

[6] กรมอุตุนิยมวิทยา,"รายงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่ประเทศไทย ปี2552-2557". [Online].Available: www.ozone.tmd.go.th/solar_monitoring.htm

[7] สุรพล ดำรงกิตติกุล, "บ้านโซล่าเซลล์อยู่อาศัยอย่างเป็นมิตรกับแสงแดด," Construction and property, ฉบับที่38,2556

[8] การไฟฟ้านครหลง,"มติ คำสั่ง และ/ประกาศที่เกี่ยวข้องกับการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา" [Online]. Available: http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=3031&pid=3030

[9] California Energy Commission Energy Technology Development Division." A GUIDE TO PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEM DESIGN AND INSTALLATION".[Online]. Available: www.energy.ca.gov/reports/2001-09-04_500-01-020.PDF

[10] คมสัน หุตะแพทย์,"นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์แรงดันสูง," เกษตรกรรมธรรมชาติ,ปีที่16 ,ฉบับที่ 2,2556

[11] สุภาวดี รัตนมาศและศุทธา ศรีเผด็จ,"รายงานวิจัยการพัฒนารูปแบบบ้านพักอาศัยในเชิงภูมิอากาศชีวภาพเพื่อลดการใช้เครื่องปรับอากาศ", 2554

[12] ลือชัย ทองนิล,"การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า",พิมพ์ครั้งที่ 30, กรุงเทพมหานคร,2556

[13] ศุลี บรรจงจิตร,"หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า", กรุงเทพมหานคร,2556

[14] The National Renewable Energy Laboratory (NREL), "Leveled Cost of Energy Calculator (LCOE)" [Online]. Available: http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe.html

[15] Electricity Generating Authority of Thailand. (2012). "ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) จากโรงไฟฟ้าของ กฟผ." [Online]. Available: http://www.egat.co.th/wwwthai/images/stories/social/2011egat-co22554.pdf

[16] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), "Carbon Footprint "".[Online]. Available: http://www.tgo.or.th/]

[17] Department of Energy USA ,"ZERO ENERGY READY HOME" ".[Online]. Available: http://energy.gov/eere/buildings/zero-energy-ready-home

[18] Department of Energy USA," Smart Grid" ".[Online]. Available: http://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของ Ubuntu Server Router สำหรับ Fully Automatic Tunnel

Performance of Ubuntu Server Router for Fully Automatic Tunnel

อรรณพ หมั่นสกุล
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ซอยพัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
annop@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การขยายตัวของโครงข่ายอินเทอร์เน็ตเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในทุกมุมโลกจนทำให้หมายเลขไอพีแอดเดรส (IP Address) ไม่เพียงพอต่อการใช้งานอีกต่อไป ดังนั้นการพัฒนาหมายเลขไอพีแอดเดรส รุ่นที่ 6 (IPv6) จึงมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยในช่วงแรกแต่ละองค์กรคงต้องเริ่มทยอยปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้สามารถรองรับการใช้งาน IPv6 อย่างค่อยเป็นค่อยไปเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย บทความนี้จึงขอเสนอวิธีการจำลองเร้าเตอร์ด้วย Ubuntu Server รุ่น 2.10 ด้วยเทคนิค Tunneling แบบ Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย IPv6 ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) และเครื่องลูกข่ายภายในองค์กรให้สามารถใช้งานได้ โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพจะเห็นได้ว่า Ubuntu Server Router สามารถทำงานได้ดีใกล้เคียงกับเร้าเตอร์ CISCO 3900 รวมถึงในด้านราคาของอุปกรณ์ที่ถูกกว่าถึง 10 เท่า จึงเป็นการคุ้มค่าสำหรับการลงทุนในการทดลองใช้โครงข่าย IPv6 อินเทอร์เน็ตในระยะแรกขององค์กร

คำสำคัญ: IPv6, Ubuntu Server, 6to4 Tunnel, Packet per Second

Abstract

Nowadays, the IP address is not enough for using due to the expansion of the internet network, is rapidly using all over the world. Therefore, an IP address version 6 (IPv6) is developed to fix this issue. At the initial stage and for cost saving, each organization has to gradually modify their equipment to support IPv6. This paper proposes the simulation of the Ubuntu Server (ver. 2.10) as a router with Tunneling Technique for Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel) on a personal computer. It is to connect to the IPv6 networks of internet service provider (ISP) between the client-host. The result is shown the performance of Ubuntu Server Router be closed to the router CISCO 3900 and a cheaper price tenfold. It is good for investment to use IPv6 internet during the initial stage.

Keywords: IPv6, Ubuntu Server, 6to4 Tunnel, Packet per Second

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของโครงข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นไปอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการด้านข้อมูลสารสนเทศในยุคปัจจุบันได้อย่างสมบูรณ์แบบ จึงทำให้จำนวนหมายเลขอินเทอร์เน็ตโปรโตคอลแอดเดรสรุ่นที่ 4 (Internet Protocol version 4: IPv4) ได้ถูกใช้จนหมดไป ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว การพัฒนาอินเทอร์เน็ตโปรโตคอลรุ่นที่ 6 (Internet Protocol version 6: IPv6) [1] ให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในอนาคต จึงเป็นสิ่งที่องค์กรหรือหน่วยงานมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการปรับเปลี่ยนโครงข่ายเพื่อรองรับการทำงานของ IPv6 เพื่อสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

จุดเด่นของ IPv6 ที่ชัดเจนอีกประการหนึ่งคือจะมีขนาดของ Address Space ที่มีถึง 128 บิต จึงทำให้มีจำนวนหมายเลขไอพีแอดเดรสได้ถึง 2^{128} (340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456) โดยสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ภายในโครงข่ายได้โดยไม่ซ้ำกันพร้อมทั้งยังมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพื่อรองรับการขยายตัวของการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ๆบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ตในอนาคตได้เป็นอย่างดี [2]

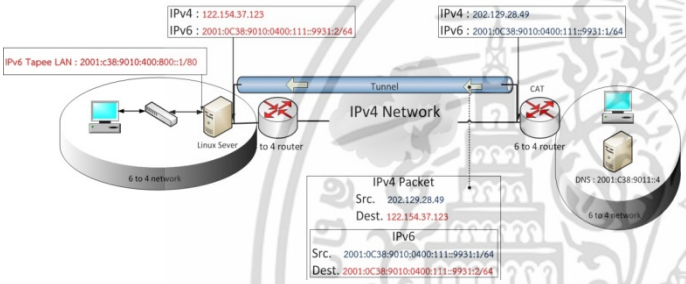
อย่างไรก็ตาม การปรับเปลี่ยนการเชื่อมต่อในโครงข่ายอินเทอร์เน็ตจาก IPv4 ไปเป็น IPv6 ยังไม่สามารถทำได้อย่างทันทีทันใดทั้งโครงข่าย เนื่องจากในปัจจุบันยังเชื่อมต่อโครงข่ายกันด้วย IPv4 อยู่นั้น ซึ่งหากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตต้องการที่จะปรับปรุงระบบให้สามารถรองรับการใช้งาน IPv6 จะต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งหมดในโครงข่ายเพื่อให้รองรับการใช้งาน IPv6 ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นเพื่อให้การเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีนี้เป็นไปอย่างราบรื่น จึงมีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ที่จะช่วยให้โครงข่ายที่ยังไม่รองรับ IPv6 ให้สามารถใช้บริการ IPv6 ได้ ซึ่งจะเรียกว่า “IPv6 Transition” โดย IPv6 Transition [3] จะแบ่งออกเป็น 3 เทคนิคหลักๆ ได้แก่ Dual Stacks, Tunneling และ Translation โดยแต่ละเทคนิคก็จะมีความเหมาะสมในแต่ละสภาพแวดล้อมและความต้องการของแต่ละองค์กร

บทความนี้นำเสนอวิธีการจำลองเร้าเตอร์ด้วย Ubuntu Server Version 2.10 [4] เพื่อรองรับการทำงานของ IPv6 ด้วยเทคนิค Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel) [5] และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงโครงข่ายในการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายขององค์กรกับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) [6] ซึ่งทำให้บุคลากรภายในองค์กรสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่าย IPv6 ได้ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel) คือ การทำงานแบบ Fully Automatic Tunnel มีขั้นตอนการทำงานเหมือนกับ Manually Configured Tunnel [8] แต่จะแตกต่างกันตรงที่ Tunnel Gateway ของแต่ละด้านไม่ต้องเก็บหมายเลขไอพีแอดเดรส เกตเวย์ปลายทางที่ต้องการเชื่อมต่อ แต่เกตเวย์จะตรวจสอบหมายเลขเครื่องปลายทางโดยพิจารณาจากหมายเลขปลายทางของแพ็กเก็ตที่ถูกห่อหุ้มอยู่มายเลขปลายทางของแพ็กเก็ตที่ถูกห่อหุ้มอยู่วิธีหนึ่งในการทำ Fully Automatic Tunnel คือวิธีที่เรียกว่า 6to4 Tunnel โครงข่ายที่เชื่อมต่อแบบ 6to4 Tunnel จะต้องกำหนดหมายเลข IPv6 Prefix [9] พิเศษให้กับตัวเกตเวย์ (Gateway) ทั้งสองฝั่งของ 6to4 Tunnel Prefix และจะต้องมี IPv4 address ที่อยู่ในรูปเลขฐานสิบหกตามมา เพราะฉะนั้น Prefix [10] ต้องมีความยาวอย่างน้อย 48 บิตนี้ ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบ Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel)

2.2 Ubuntu เป็นระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์แบบเปิด (Open Source) ที่ประกอบด้วยโปรแกรมที่ทันสมัยและมีเสถียรภาพเป็นที่ยอมรับในวงกว้าง ซึ่งมีพื้นฐานของลินุกซ์ดิสทรีบิวชั่น (Linux Distribution) ที่พัฒนาต่อมาจากเดเบียน (Debian) และสามารถรองรับการทำงานของ CPU ทั้ง 32 บิต, 64 บิต และ ARM โดย Ubuntu จะออกใหม่ทุกๆ 6 เดือน แต่ละรุ่นจะมีโค๊ดเนมและเลขกำกับรุ่น ซึ่งในบทความนี้ได้นำ Ubuntu Server (Version 12.10) และ Code Name (Quantal Quetzal) มาใช้ในการจำลองเร้าเตอร์เป็น IPv6 Tunnel ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เพื่อทำการเชื่อมต่อกับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต

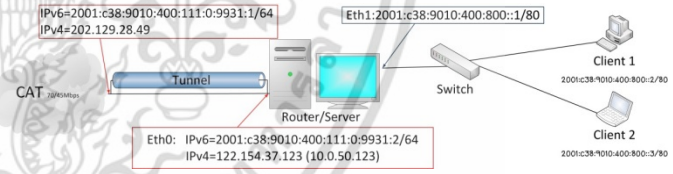
2.3 ก่อนหน้านี้ได้มีการนำเสนอการทดสอบประสิทธิภาพของ 6to4 Translation ระหว่างระบบปฏิบัติการ Ubuntu กับ Fedora [11] โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่า throughput, delay, jitter และ CPU usage ด้วยการใช้ระหว่างโปรโตคอล TCP และ UDP รวมถึงได้มีการประสิทธิภาพของ IPv4/IPv6 ระหว่างระบบปฏิบัติการ Windows Vista กับ Linux [15] ซึ่งจะแตกต่างกับบทความนี้ในส่วนของเทคนิคที่เลือกใช้แบบ Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel) ระหว่างระบบปฏิบัติการ Ubuntu Server กับอุปกรณ์ CISCO Router โดยแสดงผลเปรียบเทียบอัตราการส่งผ่านเพ็กเก็ตต่อวินาที, อัตราการ Upload/Download และความแตกต่างของราคาอุปกรณ์ ด้วยการใช้โครงข่ายที่ใช้งานจริงระหว่างผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตกับองค์กรในการวิจัยครั้งนี้

3. วิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบโครงข่ายที่สามารถรองรับการทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Fully Automatic Tunnel (6to4 Tunnel) โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการให้บริการและลดต้นทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ให้กับองค์กร และให้ความสำคัญไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต้องมีการประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงระบบปฏิบัติการที่มีเสถียรภาพด้วยเช่นกัน แสดงตามตารางที่ 1

3.1 วิเคราะห์และออกแบบระบบโครงข่ายขององค์กร (ORG) ที่มีการเช่าช่องสัญญาณอินเทอร์เน็ตแบบวงจรเช่า (Leased Line) ของบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (CAT) ในชื่อ SDC050xxx ให้บริการที่ความเร็ว IPv4 (70/45 Mbps) และ IPv6 (10 Mbps) และมีลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย ตามรูปที่ 2 ดังนี้

1) IPv6 WAN CAT Site:
   2001:0C38:9010:0401:0111:0000:9931:0001/64
2) IPv6 WAN ORG Site:
   2001:0C38:9010:0401:0111:0000:9931:0002/64
3) IPv6 ORG LAN:
   2001:0C38:9010:0400:0800::1/80
4) IPv6 DNS:
   2001:0C38:9011::4
5) IPv4 CAT Destination: 202.129.28.49
6) IPv4 ORG Source: 122.154.37.123



รูปที่ 2 ออกแบบหมายเลขไอพีแอดเดรสระหว่างโครงข่าย

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลจำเพาะ	เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	อุปกรณ์เร้าเตอร์ CISCO รุ่น 3900
CPU	I7-4770, 3.4 Ghz.	Multicore Processors
RAM	16 GB	1 GB
HDD	256 SSD	2560 MB
OS	Ubuntu Server 12.10	IOS 12.4

3.2 ขั้นตอนในการติดตั้งเร้าเตอร์

3.2.1 ติดตั้ง Ubuntu Server Version 12.10 และให้ Update และ Upgrade ตามลำดับ [11] ด้วยคำสั่ง

```
sudo apt-get update
   # Update the Package Index
sudo apt-get upgrade
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 # Upgrade Packages

3.2.2 ตั้งค่า (Configuration) สำหรับ 6to4 Tunnel บน Ubuntu Server ตามลำดับ [12] ตามรูปที่ 3

1) ให้แก้ไขไฟล์ /etc/network/interfaces ดังนี้

auto he-ipv6

 # เป็นการสั่งให้ 6to4 Tunnel ทำงานอัตโนมัติ

iface he-ipv6 inet6 v4tunnel

#อินเทอร์เฟต he-ipv6 ตั้งค่าเป็น IPv6 Tunnel

address 2001:c38:9010:400:111:0:9931:2

 # IPv6 ของผู้ใช้งานที่ได้รับจาก ISP

netmask 64

 # Netmask ของไอพีที่ใช้งาน

gateway 2001:c38:9010:400:111:0:9931:1/64

 # IPv6 ของ ISP ที่ให้บริการ

endpoint 202.129.28.49

 # IPv4 ของ ISP

local 10.0.50.123

 # IPv4 ของผู้ใช้งาน

ttl 255

 # ตั้งให้เป็นค่าสูงสุดของ ttl

auto p4p1

 # เป็นการสั่งให้ p4p1 ทำงานอัตโนมัติ

iface p4p1 inet dhcp

#อินเทอร์เฟต p4p1 ตั้งค่าเป็น IPv4 dhcp

หรือ

iface p4p1 inet static

#อินเทอร์เฟต p4p1 ตั้งค่าเป็น IPv4 static

address 10.0.50.123

 # IPv4 Address ของผู้ใช้งาน

netmask 255.255.192.0

 # Netmask ของ IPv4 Address

gateway 10.0.0.11

 # Gateway ของโครงข่ายที่ใช้งาน

endpoint 202.129.28.49

 # IPv4 ของ ISP

ifcae p4p1 inet6 static

 # เป็นการสั่งให้ p4p1 IPv6 ทำงานอัตโนมัติ

address 2001:c38:9010:400:111:0:9931:2

 # IPv6 ของผู้ใช้งานที่ได้รับจากทาง ISP

netmask 64

 # Netmask ของ IP ที่ใช้งาน

gateway 2001:c38:9010:400:111:0:9931:1/64

 # IPv6 ของ ISP ที่ให้บริการ

auto p5p1

 # เป็นการสั่งให้ p5p1 ทำงานอัตโนมัติ (ในที่นี้คือ Network Card on Slot ใช้สำหรับเป็น GW ของเครื่องลูกข่ายเพื่อให้สามารถใช้งาน IPv6)

iface p5p1 inet6 static

 # อินเทอร์เฟต p4p1 ตั้งค่าเป็น IPv6 static

address 2001:c38:9010:400:800::1

 # IPv6 ของผู้ใช้งานที่ต้องการใช้การภายในองค์กร

netmask 80

 # Netmask ของ IP ที่ใช้งาน

gateway 2001:c38:9010:400:111:0:9931:2/64

 # IPv6 ของผู้ใช้งานที่ได้รับจาก ISP

auto sit0

 # เป็นการสั่งให้ sit0 ทำงานอัตโนมัติ

iface sit0 inet6 static

 # อินเทอร์เฟต sit0 ตั้งค่าเป็น IPv6 static

address 2001:c38:9010:400:111:0:9931:1

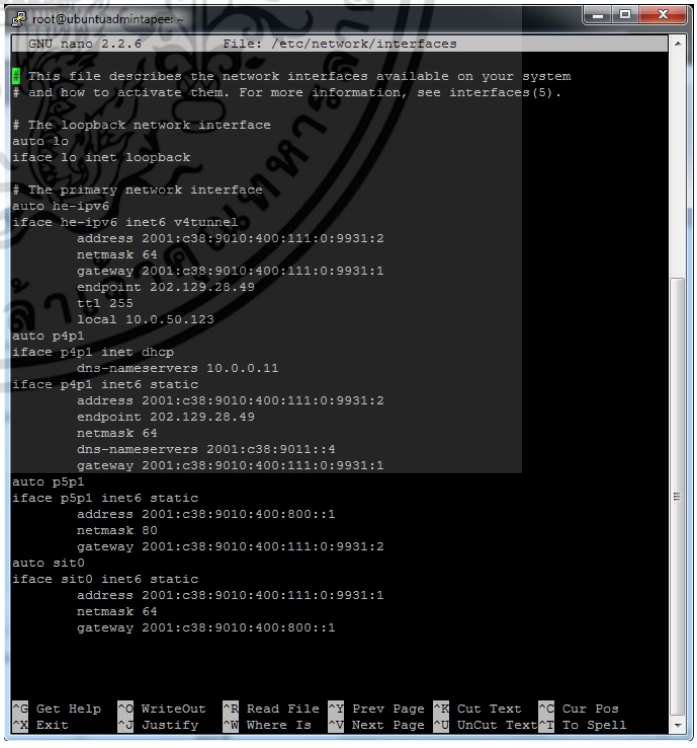
 # IPv6 ของ ISP

netmask 64

 # netmask ของ ISP

gateway 2001:c38:9010:400:800::1/80

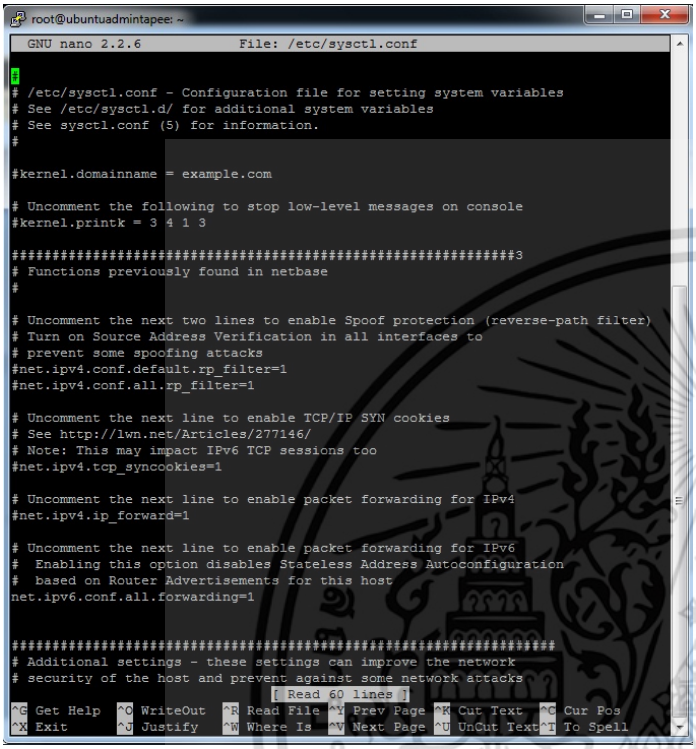
 # Gateway ของ IPv6 ภายในของผู้ใช้งานภายในองค์กร (p5p1)



รูปที่ 3 ตั้งค่าไฟล์ interfaces

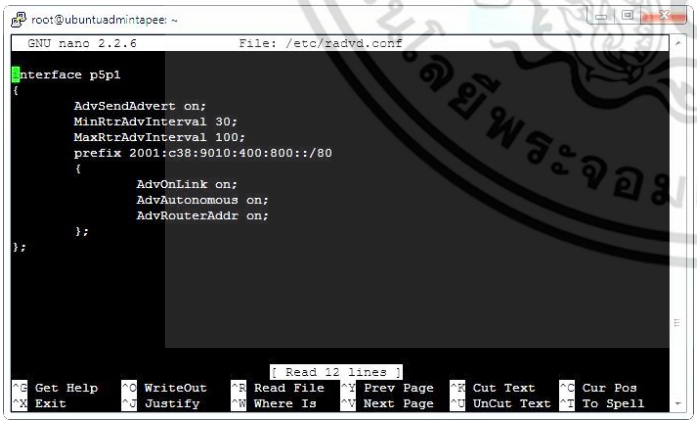
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แก้ไขไฟล์ /etc/sysctl.conf ด้วยการลบเครื่องหมาย “#” หน้าข้อความ net.ipv6.conf.all.forwarding=1 ดังรูปที่ 4 เพื่อเปิดการส่งต่อทราฟฟิก (Forwarding) ระหว่างโครงข่ายให้กับเครื่องลูกข่ายตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 เอา “#” หน้าข้อความ net.ipv6.conf.all.forwarding=1 ออก

3) แก้ไขไฟล์ /etc/radvd.conf กำหนดค่าตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตั้งค่า radvd.conf

4) ให้ Restart ด้วยคำสั่ง /etc/init.d/networking restart เพื่อให้ระบบจัดเก็บการตั้งค่า (Configuration) ที่ได้ตั้งในแต่ละไฟล์ที่ได้ทำการแก้ไขก่อนหน้านี้และพร้อมเริ่มทำงานใหม่กับชุดการตั้งค่าล่าสุด

5) ทดสอบ Show interfaces ด้วยคำสั่ง sudo ifconfig ตามรูปที่ 6

```
root@ubuntuadmintapee:~# ifconfig
he-ipv6   Link encap:IPv6-in-IPv4
          inet6 addr: 2001:c38:9010:400:111:0:9931:2/64 Scope:Global
          inet6 addr: fe80::a00:327b/128 Scope:Link
          UP POINTOPOINT RUNNING NOARP  MTU:1480  Metric:1
          RX packets:1859 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:1757 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:1221784 (1.2 MB)  TX bytes:236991 (236.9 KB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:40 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:40 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:2768 (2.7 KB)  TX bytes:2768 (2.7 KB)

p4p1      Link encap:Ethernet  HWaddr 94:de:80:4f:c8:63
          inet addr:10.0.50.123  Bcast:10.0.63.255  Mask:255.255.192.0
          inet6 addr: 2001:c38:9010:400:111:0:9931:2/64 Scope:Global
          inet6 addr: fe80::96de:80ff:fe4f:c863/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:15157 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:3089 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:2706073 (2.7 MB)  TX bytes:489145 (489.1 KB)

p5p1      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:20:78:18:59:3c
          inet6 addr: 2001:c38:9010:400:800::1/80 Scope:Global
          inet6 addr: fe80::220:78ff:fe18:593c/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:2043 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:1880 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:283189 (283.1 KB)  TX bytes:1246400 (1.2 MB)

sit0      Link encap:IPv6-in-IPv4
          inet6 addr: ::127.0.0.1/96 Scope:Unknown
          inet6 addr: 2001:c38:9010:400:111:0:9931:1/64 Scope:Global
          UP RUNNING NOARP  MTU:1480  Metric:1
          RX packets:200 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
```

รูปที่ 6 แสดงข้อมูลที่ได้ตั้งค่าไว้

6) ทดสอบการทำงานของระบบกับ www.ipv6.google.com ด้วยคำสั่ง ping6 ipv6.google.com ตามรูปที่ 7

```
root@ubuntuadmintapee:~# ping6 ipv6.google.com
PING ipv6.google.com(2404:6800:4005:805::1000) 56 data bytes
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=1 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=2 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=3 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=4 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=5 ttl=48 time=124 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=6 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=7 ttl=48 time=124 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=8 ttl=48 time=124 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=9 ttl=48 time=124 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=10 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=11 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=12 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=13 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=14 ttl=48 time=125 ms
64 bytes from 2404:6800:4005:805::1000: icmp_seq=15 ttl=48 time=125 ms
^Z
[6]+  Stopped                 ping6 ipv6.google.com
root@ubuntuadmintapee:~#
```

รูปที่ 7 สามารถเชื่อมต่อ www.ipv6.google.com ได้

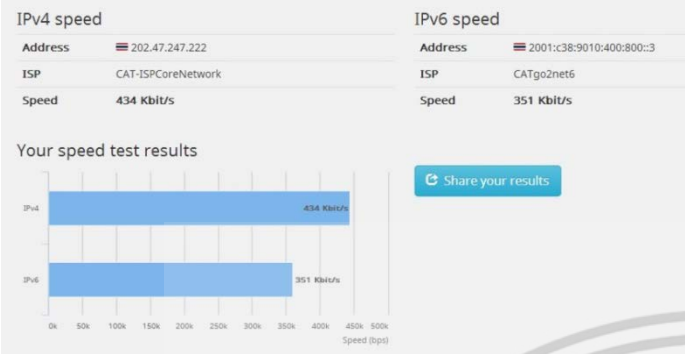
การตั้งค่า (Configuration) ของ 6to4 Tunnel บน Ubuntu Server นั้น จะปรับไปตามลักษณะการเชื่อมต่อของแต่ละโครงข่ายนั้นๆ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจในระบบและฟังก์ชันการทำงานของระบบปฏิบัติการ Linux อย่างท่องแท้ จึงจะสามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ [13][14]

4. ทดสอบระบบ

4.1 ทดสอบความเร็วด้วย Web Application Upload/Download ระหว่าง Server ที่ประเทศฝรั่งเศษ (France-Roubaix) ผลของความเร็ว

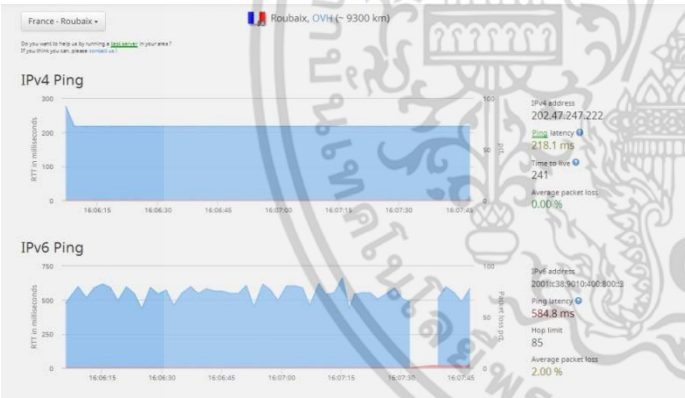
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งาน IPv6 อยู่ที่ 351 Kbps ในขณะที่ความเร็วใช้งาน IPv4 อยู่ที่ 434 Kbps ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลทดสอบความเร็วของ 6to4 Tunnel

4.2 ทดสอบ Web Application Ping ของ 6to4 Tunnel ไปยังเร้าเตอร์ที่ประเทศฝรั่งเศส (France-Roubaix) ที่ระยะทาง 9300 กิโลเมตร ผลของค่า Ping latency ที่ 584.8 มิลลิวินาที และค่า Average Percent Loss ที่ 2.00% ที่จำนวน Hop limit รวม 85 ตัว ในขณะที่ผลของค่า Ping Latency ของ IPv4 ที่ 218.1 มิลลิวินาที และค่า Average Percent Loss ที่ 0.00% ตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลทดสอบ Web Application Ping ของ 6to4 Tunnel

4.3 ทดสอบ Command-Line Ping ของ 6to4 Tunnel ไปยัง Web Server ที่ให้บริการ IPv6 เว็บไซต์ ซึ่งก็สามารถ Ping ติดต่อได้ทุกเว็บไซต์ ตามรูปที่ 10

```
C:\Users\annop monsakul>ping 2620:0:862:ed1a::1

Pinging 2620:0:862:ed1a::1 with 32 bytes of data:
Reply from 2620:0:862:ed1a::1: time=387ms
Reply from 2620:0:862:ed1a::1: time=388ms
Reply from 2620:0:862:ed1a::1: time=387ms
Reply from 2620:0:862:ed1a::1: time=387ms

Ping statistics for 2620:0:862:ed1a::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 387ms, Maximum = 388ms, Average = 387ms

C:\Users\annop monsakul>ping 2404:6800:4003::6

Pinging 2404:6800:4003::6 with 32 bytes of data:
Reply from 2404:6800:4003::6: time=116ms
Reply from 2404:6800:4003::6: time=116ms
Reply from 2404:6800:4003::6: time=116ms
Reply from 2404:6800:4003::6: time=117ms

Ping statistics for 2404:6800:4003::6:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 116ms, Maximum = 117ms, Average = 116ms

C:\Users\annop monsakul>ping 2400:cb00:2048:1::8d65:74fe

Pinging 2400:cb00:2048:1::8d65:74fe with 32 bytes of data:
Reply from 2400:cb00:2048:1::8d65:74fe: time=285ms
Reply from 2400:cb00:2048:1::8d65:74fe: time=285ms
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 2400:cb00:2048:1::8d65:74fe:
    Packets: Sent = 4, Received = 2, Lost = 2 (50% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 285ms, Maximum = 285ms, Average = 285ms

C:\Users\annop monsakul>ping ipv6.google.com

Pinging ipv6.l.google.com [2404:6800:4003:c00::8a] with 32 bytes
Reply from 2404:6800:4003:c00::8a: time=117ms
Reply from 2404:6800:4003:c00::8a: time=116ms
Reply from 2404:6800:4003:c00::8a: time=117ms
Reply from 2404:6800:4003:c00::8a: time=116ms

Ping statistics for 2404:6800:4003:c00::8a:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 116ms, Maximum = 117ms, Average = 116ms
```

รูปที่ 10 ผลทดสอบ Command-Line Ping ของ 6to4 Tunnel

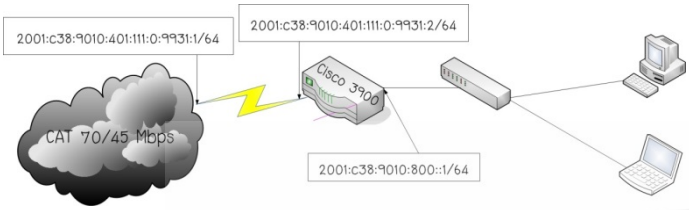
4.4 ทดสอบการเข้าหน้าเว็บไซต์ที่รองรับการใช้งานโครงข่าย IPv6 ได้แก่ www.ipv6.nectec.or.th, www.ipv6.google.com เป็นต้น ซึ่งก็สามารถใช้งานได้ดี ตามรูปที่ 11 เป็นเว็บไซต์ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่มีภาระกิจหลักในการช่วยสร้างความพร้อมให้แก่ประเทศไทยเพื่อเตรียมการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นจากการก้าวเข้าสู่โลกใหม่แห่งโครงข่าย IPv6 อินเทอร์เน็ต

รูปที่ 11 ผลทดสอบเข้า www.ipv6.nectec.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเร้าเตอร์ CISCO 3900

5.1 ทำการตั้งค่า (Configuration) บนอุปกรณ์เร้าเตอร์ CISCO 3900, IOS ver.12.4 เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย IPv6 ด้วยเทคนิค 6to4 Tunnel กับทางผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ตามรูปที่ 12



รูปที่ 12 เชื่อมต่อโครงข่าย IPv6 6to4Tunnel ด้วยเร้าเตอร์ CISCO 3900

5.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัตราการส่งผ่านเพ็กเก็ตต่อวินาที (Packet per Second, pps) [15] และความเร็วในการสื่อสารข้อมูล (Magabits per Second, Mbps) ด้วยโปรแกรม WIRESHARK ver.1.10.12 ที่เป็น Packet Analyzer เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ทำให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเร้าเตอร์ทั้งสองประเภท รวมถึงแสดงความแตกต่างด้านราคาของเร้าเตอร์ ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า Price, Packet per Second และ Fast

Device	Price (Baht)	Packet per Second (pps.)	Fast (Mbps.)
PC Router	31,500 Baht	489,473 pps.	245.76 Mbps.
CISCO 3900	345,000 Baht	533,765 pps.	278.54 Mbps.

6. สรุป

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในโครงข่าย Ubuntu Server Router เพื่อเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายที่ให้บริการ IPv6 ประเทศฝรั่งเศษ ที่ France-Roubaix มีอัตราการ Upload/Download อยู่ที่ 315 Kbps. เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานในสภาวะปกติของ IPv4 ที่ความเร็ว 434 Kbps. ซึ่งถือว่าเป็นความเร็วที่สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี รวมถึงผลของการทดสอบการ Ping และเข้าใช้งานหน้าเว็บไซต์ IPv6 ก็สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกัน

จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบในแง่ประสิทธิภาพก็จะเห็นว่า Ubuntu Server Router มีค่าใกล้เคียงกับเร้าเตอร์ CISCO 3900 มาก อันเนื่องมาจากการเลือกคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการได้อย่างดีและจะเห็นได้ว่าราคาของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดต่างกันถึง 10 เท่าเลยทีเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ นายโสภณ มงคลลักษมี ปัจจุบันกำลังศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล และอดีตโปรแกรมเมอร์โครงการระบบจัดการเครือข่ายอัจริยะ (INMS) หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่าย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่ให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Huitema, New Internet Protocol," Tsinghua university press, 1999.

[2] GARR: The Italian Academic and Research Network, [online] Available: http://www.garr.it/

[3] R. Gilligan, E. Nordmark, Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers, IETF RFC 2893, Aug. 2000, [online] Available: www.ietf.org/rfc/rfc2893.txt.

[4] Ubuntu Wiki, IPv6, 2014. [online] Available: https://wiki.ubuntu.com/IPv6

[5] D. Provan, Tunneling IPX Traffic through IP Networks, 1991.

[6] CAT IPv6, การติดตั้งและทดสอบ IPv6, 2014. [online] Available: http://www.cattelecom.net/ipv6/ArticleDetail.aspx?type=document&pid=164

[7] W. Jin, W. Qi-shan, "Application of IPv6-based Transition Technology in Campus Network," Communications Technology, Vol. 41, No. 09, 2008, pp. 142-144.

[8] B. Carpenter, C. Jung, Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels, IETF RFC 2529, 1999, [online] Available: www.ietf.org/rfc/rfc2529.txt.

[9] YaoYu, ShiLin, YangJing, IPv6 Technology Project Experiment Guide. Publishing house of electronics industry, 2007.

[10] W. Stallings, "IPv6: the new Internet protocol," IEEE Communications Magazine, Vol. 34, Issue 7, 2002, pp. 96 - 108.

[11] S. Narayan, S. Tauch, "IPv4-v6 configured tunnel and 6to4 transition mechanisms network performance evaluation on Linux operating systems," 2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS), Vol. 2, 2013, pp. 113 - 117.

[12] G. Tingzhao, X. Yandong, "The Building of Campus Network Transition Scheme Based on IPv6 Automatic Tunnel Technology," Second Pacific-Asia Conference on Web Mining and Web-based Application (WMWA'09), 2009, pp. 109 - 111.

[13] C. Yong, D. Jiang, W. Peng, W. Jianping, M. Chris, L. Yiu, D. Alain, "Tunnel-Based IPv6 Transition," IEEE Internet Computing, Vol. 17, Issue 2, 2013, pp. 62 - 68.

[14] P. Wu, Y. Cui, J. Wu, J. Liu, C. Metz, "Transition from IPv4 to IPv6: A State-of-the-Art Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, Issue 3, 2013, pp. 1407 - 1424.

[15] S. Narayan, S. Peng, F. Na, "Performance Evaluation of IPv4 and IPv6 on Windows Vista and Linux Ubuntu," 2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, Vol. 1, 2009, pp. 653 - 656.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกเครือข่ายไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยน์

Wi-Fi Network Recommendation System for Mobile with Android Operating System

นริสา ธรรมเกียรติคุณ[1], ดลวิชิต จันทร์นาม[2], นภาภร ศรีนนท์[3], ธงชัย แก้วกิริยา[4]

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250

[1] th.narisa_st@tni.ac.th
[2] dolwichit@tni.ac.th
[3] sr.napaporn_st@tni.ac.th
[4] thongchai@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์แนะนำสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่มีสัญญาณที่ดีที่สุดให้กับผู้ใช้งานในตำแหน่งของผู้ใช้งานเครือข่ายไร้สาย โดยการนำข้อมูลเครือข่ายไร้สายที่อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อแจ้งข้อมูลเครือข่ายที่มีสัญญาณที่ดีที่สุดให้กับผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้นำเสนอกรอบแนวคิดซึ่งประกอบไปด้วย 4 โมดูลการทำงาน 1) Wi-Fi Capture Module ทำหน้าที่ capture สัญญาณ จากอุปกรณ์มือถือของผู้ใช้งาน 2) Wi-Fi Analysis Module การวิเคราะห์สัญญาณเครือข่ายที่ตรวจจับได้ โดยบันทึกข้อมูลสัญญาณลงบน Log File 3) Wi-Fi MAX Value Selecting Module ทำหน้าที่ในการเลือกค่าของความแรงของสัญญาณตามเงื่อนไขที่กำหนด 4) Pop-Up Wi-Fi MAX Value Module ทำหน้าที่แสดงชื่อสัญญาณ Wi-Fi ไปยังผู้ใช้งานและส่วนของการประเมินผลงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบกับ ซอฟต์แวร์ inSSIDer Office ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเหมือนกัน ผลการประเมินที่ได้ซอฟต์แวร์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถตรวจจับสัญญาณได้ใกล้เคียงกับซอฟแวร์ inSSIDer Office. ผลการประเมินจากผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ย 3.78 อยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: ระบบเครือข่ายไร้สาย, สัญญาณเครือข่ายไร้สาย, โมบายแอปพลิเคชัน

1. คำนำ

ปัจจุบัน Wi-Fi กลายมาเป็นปัจจัยที่สำคัญของการดำเนินชีวิตประจำวัน การประกอบธุรกิจ Wi-Fi เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมที่ช่วยให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุคำๆนี้เป็นเครื่องหมายการค้าของ Wi-F Alliance ที่ได้ให้คำนิยามของ Wi-Fi ว่าหมายถึง "ชุดผลิตภัณฑ์ใดๆ ที่สามารถทำงานได้ตามมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11 อย่างไรก็ตามเนื่องจากแลนไร้สายที่ทันสมัยส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานเหล่านี้ คำว่า "Wi-Fi" จึงถูกนำมาใช้ในภาษาอังกฤษทั่วไปโดยเป็นคำพ้องสำหรับ "แลนไร้สาย"

เดิมที Wi-Fi ออกแบบมาใช้สำหรับอุปกรณ์พกพาต่างๆ และใช้เครือข่าย LAN เท่านั้น แต่ปัจจุบันนิยมใช้ Wi-Fi เพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยอุปกรณ์พกพาต่างๆ เช่นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องเล่นเกมส์ โทรศัพท์สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต กล้องดิจิทัลและเครื่องเสียงดิจิทัล สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าแอคเซสพอยต์ หรือ ฮอตสปอต และบริเวณที่ระยะทำการของแอคเซสพอยต์ครอบคลุมอยู่ที่ประมาณ 20 เมตรในอาคารและจะได้ระยะที่ไกลกว่าถ้าเป็นที่โล่งแจ้ง

ปัจจุบันอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อกับสัญญาณ Wi-Fi นั้นมีได้หลายอย่างเช่น Mobile Device, Tablet, Notebook เป็นต้น จะเห็นได้โดยทั่วไปปัจจุบันมีเกือบทุกสถานที่ทั้งที่สาธารณะและที่ส่วนบุคคล มีสัญญาณมากมายที่สามารถใช้งานและเลือกใช้มีทั้งการกำหนดความปลอดภัย (Security) และไม่มีการกำหนดความปลอดภัยขึ้นอยู่กับการตั้งค่าการใช้งานและวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาวิธีการจับสัญญาณ Wi-Fi ในแต่ละจุดด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟนเพื่อให้ทราบสัญญาณที่มีความแรงที่สุด และทำการแสดงขึ้นมาที่หน้าจอของผู้ใช้งานเนื่องจากในอุปกรณ์บางรุ่นไม่สามารถที่จะลำดับความแรงของสัญญาณของการให้บริการในจุดนั้นๆ ได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการตรวจจับสัญญาณเครือข่ายไร้สายของอุปกรณ์มีการวิจัยและพัฒนาระบบการวิเคราะห์และตรวจจับสัญญาณในส่วนต่างๆดังนี้

Mehmet และคณะ [1] นำเสนอกรอบการทำงาน(Framework) สำหรับการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์และการออกแบบการประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) เพื่อใช้ในการทำโหลดบาลานซ์ (load balance) การใช้งานของผู้ใช้งานระหว่างจุดกระจายสัญญาณ (Access Point) เพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับคุณภาพการให้บริการในระบบเครือข่ายไร้สาย T. Andreas และคณะ [2] นำเสนอ QoS Signaling Protocol ตัวใหม่ ที่ใช้สำหรับเครือข่ายไร้สายซึ่งโปรโตคอลนี้ทำงานโดยการ Encapsulating end-to-end RSVP message ส่งผ่านช่องทางทันแนลเชื่อมต่อไปยัง Agent อื่น ๆ โดยการ Recursive ด้วย RSVP เพื่อช่วยให้คุณภาพในการรับส่งข้อมูลระหว่างโหนดในระบบเครือข่ายไร้สายได้เร็วขึ้น B. Heredia และคณะ [3] นำเสนอการหาตำแหน่งของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านสัญญาณ Wi-Fi โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนคือ 1. Training 2. Localization 3. Tracking โดยในขั้นตอน Training จะมีการตรวจสอบการมีอยู่ของผู้ใช้งานโดยใช้ Vector ของสัญญาณและระยะทางของสัญญาณ ส่วนของ Localization จะใช้ HMM Algorithm Hidden Makov Model ในการระบุตำแหน่งและในส่วนของ Tracking จะใช้ Neuronal Network ในการเก็บข้อมูลตำแหน่งของผู้ใช้งาน Pheeha, M. และคณะ [4] นำเสนอเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้กับเครื่อข่าย Hotspot Wi-Fi โดยการเพิ่มความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงผลให้กับเน็ตเวิร์คใช้โปรโตคอล Syslog ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเน็ตเวิร์ค และใช้ Google maps ในการแสดงผลประสิทธิภาพและวิเคราะห์เน็ตเวิร์คโดยรวมของระบบเครือข่ายไร้สาย Jari, K และคณะ [5] นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์ที่มีขั้นตอนในการใช้งานแบบง่ายและนำมาตรฐาน EPS มาใช้ในการเลือกเครือข่าย นำเสนอการวัดประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นตามขั้นตอนและสามารถใช้งานได้ในระบบเครือข่ายไร้สาย M. Elsayed และคณะ [6] ได้นำเสนอการวัดสัญญาณคลื่นความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz โดยการ Simulation และการวัดจากสถานที่จริงเพื่อเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือด้วยวิธี Quasi-heuristic ในการวัดสัญญาณที่มีสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน L. Thierry และคณะ [7] ศึกษาการแผ่และการกระจายของคลื่นสาธารณะและความสามารถในการรับคลื่นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งาน

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการพัฒนาซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการพัฒนาซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย เช่น Smart Phone, Tablet และอุปกรณ์อื่นๆ โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายจะมีหลากหลายแพลตฟอร์มของระบบปฏิบัติการ เช่น ไอโอเอส แอนดรอยน์ เป็นต้นซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามเจ้าของผลิตภัณฑ์และผู้พัฒนา ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ที่สามารถทำงานบนระบบแอนดรอยน์เนื่องจากเป็นระบบปฏิบัติการที่เป็นโอเพ่นซอร์สภายใต้สิขสิทธ์ของ GPLV2 [8] ซึ่งความหมายและเครื่องมือการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันบนแอนดรอยน์มีส่วนประกอบดังนี้

Mobile Application เป็นโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือแท็บเล็ตโดยโปรแกรมจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานอีกทั้งยังช่วยให้ผู้ใช้โทรศัพท์ใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น ในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ทโฟนมีหลายระบบปฏิบัติการที่พัฒนาออกมาให้ผู้บริโภคใช้ เช่น ไอโอเอส และแอนดรอยน์ซึ่งทำให้เกิดการเขียนหรือพัฒนาแอปพลิเคชันลงบนสมาร์ทโฟนเพื่อใช้งานอย่างมากมาย

Android เป็นระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์มือถือที่พัฒนามาจากลินุกซ์โดยบริษัทกูเกิลเป็นผู้พัฒนาโดยให้สามารถนำไปพัฒนาหรือใช้งานได้ฟรีภายใต้เงื่อนไข

Android SDK คือ Software Development Kit เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันบนระบบ Android OS ที่บริษัทกูเกิลพัฒนาออกมาเพื่อแจกจ่ายให้นักพัฒนาแอปพลิเคชัน หรือผู้สนใจดาวน์โหลดโดยไม่มีค่าใช้จ่ายในชุด SDK จะมีโปรแกรมและไลบรารี่ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ อย่างเช่น Emulator ซึ่งทำให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชันและนำมาทดลองรันบนตัวอีมูเลเตอร์จำลองสภาวะแวดล้อมเหมือนมือถือที่รันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จริง

Eclipse คือโปรแกรมประเภท IDE (Integrated Development environment) สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้ Java หรือภาษาอื่น Eclipse มีการรองรับ Plug-in ที่หลากหลายผู้พัฒนาที่ใช้ภาษาจาวาในการพัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ สามารถใช้ Eclipse ในการพัฒนาได้ โดยตัว Eclipse มีสภาวะแวดล้อมที่สมบูรณ์มีเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

แนวความคิดของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 Module และ 5 ขั้นตอนการทำงานของระบบ แสดงดังรูปที่ 1

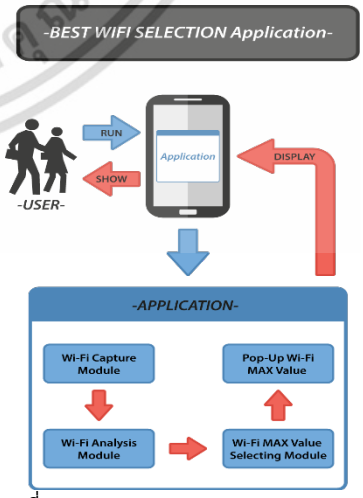
ขั้นตอนที่ 1 : ผู้ใช้งานเปิดสัญญาณ Wi-Fi เพื่อให้เครื่องมีการตรวจจับสัญญาณ และทำการเริ่มต้นแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนที่ 2 : Wi-Fi Capture Module เริ่มทำงานโดยภายในเครื่องของผู้ใช้งานจะมีการประมวลผลในขณะตรวจจับสัญญาณ

ขั้นตอนที่ 3 : Wi-Fi Analysis Module การวิเคราะห์สัญญาณเครือข่ายที่ตรวจจับได้โดยบันทึกข้อมูลสัญญาณลงใน Log File

ขั้นตอนที่ 4 : Wi-Fi MAX Value Selecting Module ทำการเลือกค่าของความแรงของสัญญาณตามเงื่อนไขที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 5 : Pop-Up Wi-Fi MAX Value แสดงชื่อสัญญาณ Wi-Fi



รูปที่ 1 Best Wi-Fi Selection Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนและวิธีการ

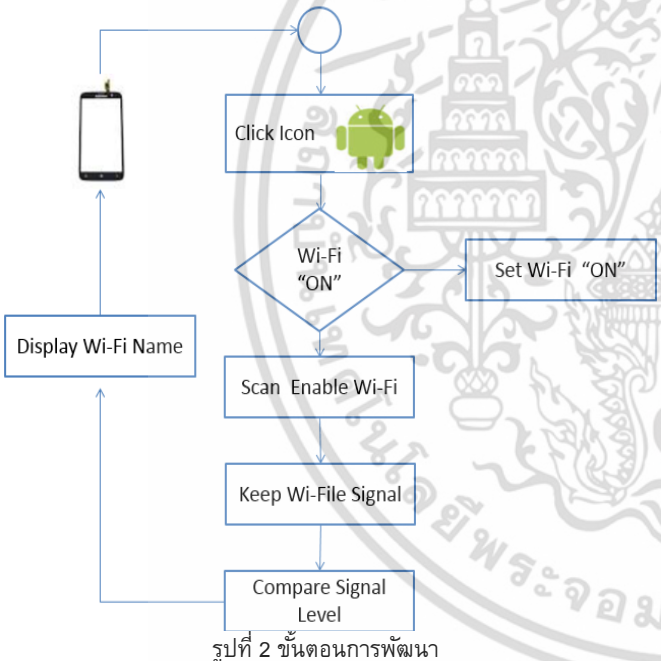
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกเครือข่ายไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการ Android ดังนี้

5.1 การติดตั้ง Eclipse เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมและทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ทำการพัฒนา

5.2 ติดตั้ง Java Development Kit (JDK) เพื่อใช้ในการรันโปรแกรมจาวา

5.3 การติดตั้ง Android SDK ซึ่งจะประกอบด้วย API หรือ Library ที่จำเป็นต้องใช้ในเวลาที่พัฒนาโปรแกรมและรันทดสอบบนแอนดรอยน์

5.4 การติดตั้ง Android Development Tools (ADT) จะเป็นส่วนที่เป็น plugin ในโปรแกรม Eclipse ใช้สำหรับเพิ่มความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมและสร้างหน้าจอยูสเซอร์อินเทอเฟสการดีบัคและการส่งออกไฟล์ .APK โดยการออกแบบการพัฒนาจะมีขั้นตอนการพัฒนาดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการพัฒนา

การทดสอบและการติดตั้งเพื่อทำการทดสอบรุ่นของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนจะต้องเป็นรุ่นที่สามารถรัน .APK และการติดตั้งไปยังเครื่องสมาร์ทโฟนจะใช้วิธีการรันจากเครื่องที่ทำการพัฒนาเมื่ออุปกรณ์ทั้ง 2 มีการเชื่อมต่อกันจะมีการ deploy เกิดขึ้น ณ ขณะรันซึ่งขั้นตอนนี้จะต้องมีการเชื่อมต่อกันระหว่างสมาร์ทโฟนและเครื่องที่ทำการพัฒนาโปรแกรม โดยมีขั้นตอนและอัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรมดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4

Algorithm findWiFi

```
Begin
    If (device_not_connect_to_WiFi)
    {
        Set device ("On Wi-Fi");
        connect_to_WiFi ();
    }
End
```

รูปที่ 3 อัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรม

จากรูปที่ 3 จะเป็นส่วนของการพัฒนาโปรแกรมในส่วนแรกเพื่อเป็นการตรวจสอบ ณ ขณะที่ผู้คลิกไอคอนโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าถ้า Wi-Fi มีการเปิดใช้งานอยู่หรือไม่ถ้าไม่ได้เปิดสัญญาณ Wi-Fi โปรแกรมจะทำการเปิดการใช้งาน Wi-Fi

Algorithm findBestSignal

```
Begin
    Scan Wi-Fi available ();
    List WiFi_availble;
    Scan Result best Signal;
    For (element in list Wi-Fi)
    {
        If (best Signal < element list Wi-Fi)
            Best Signal = element list Wi-Fi;
    }
    End For
    Show Best Signal information on device
End
```

รูปที่ 4 อัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรม

จากรูปที่ 4 เป็นส่วนที่พัฒนาต่อจากส่วนแรกในรูปที่ 3 โดยโปรแกรมจะทำการสแกนหาสัญญาณ Wi-Fi ที่สามารถตรวจจับได้ทั้งหมดและนำค่าของสัญญาณที่ได้มาทำการเปรียบเทียบ เมื่อได้ผลลัพธ์ค่าที่ดีที่สุดจะแสดงสัญญาณนั้นบนหน้าจอของสมาร์ทโฟน

6. การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้สถานที่ ชั้น 3 อาคาร A สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นในการทดลองเนื่องจากมีจุด Access Point ที่เพียงพอในการทดลองและสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการทดลองได้โดยมีสภาพแวดล้อมในการทดลองดังรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 สภาพแวดล้อมการทดลอง

จากรูปที่ 5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย Access Point จำนวน 3 ตัวซึ่ง Access Point ดังกล่าวมีคุณสมบัติที่สนับสนุนและรองรับอุปกรณ์ไคลแอนต์ไร้สายที่อยู่บนมาตรฐาน IEE802.11b/g/n ที่สามารถปล่อยสัญญาณเพื่อใช้ในการทดลองโดย Access Point แต่ละตัวปล่อยปล่อยสัญญาณแบ่งเป็น 3 SSID ดังนี้

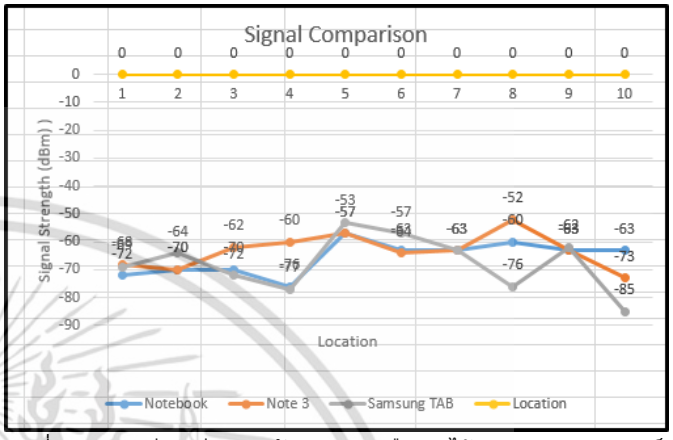
1. TNI_WiFi_Officer
2. TNI_WiFi_Student2
3. TNI_Guest

และใช้อุปกรณ์ไคลแอนต์ที่ใช้ในการทดลองคืออุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สมาร์ทโฟน และอุปกรณ์แท็บเล็ตอย่างละหนึ่งเครื่องโดยทำการทดลองในสภาพแวดล้อมที่กำหนดจำนวน 10 จุดดังรูปข้างต้น โดยที่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ได้ติดตั้งซอฟแวร์ตรวจจับสัญญาณเครื่อข่ายไร้สายได้แก่ โปรแกรม inSSIDer Office อุปกรณ์แท็บเล็ตและอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ติดตั้งแอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นจากการทดสอบครบทั้ง 10 จุด สามารถแสดงผลการทดสอบของอุปกรณ์ไคลแอนต์ในการจับสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้ดังรูปที่ 6 จากผลการทดสอบจะเห็นว่าการตรวจจับสัญญาณระบบเครือข่ายไร้สายดังรูปที่ 6 เครื่องซอฟแวร์ไคลแอนต์ทั้งสามสามารถตรวจจับ Wi-Fi Name ได้ตัวเดียวกันในแต่ละ Location ที่ได้ทำการทดสอบจะเห็นได้ว่าแอปพลิเคชันที่ทางผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาสามารถตรวจจับสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้และมีความแม่นยำใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์ inSSIDer Office โดยติดตั้งโปรแกรม inSSIDer Office ไว้ที่เครื่อง Notebook และติดตั้งโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไว้ที่อุปกรณ์ Note 3 และ Sumsung TAB

ตารางที่ 1 ผลการประเมินการตรวจจับสัญญาณ

Location	Notebook	Note 3	Samsung TAB	Location	WiFi Name
1	-72	-68	-69	Room A301	TNI_WiFi_Officer
2	-70	-70	-64	Room A309	TNI_WiFi_Officer
3	-70	-62	-72	Front Room A304	TNI_WiFi_Student2
4	-76	-60	-77	Room A307	TNI_WiFi_Student2
5	-57	-57	-53	Room A314	TNI_WiFi_Officer
6	-63	-64	-57	Corner Room A314	TNI_WiFi_Student2
7	-63	-63	-63	Room A313	TNI_WiFi_Officer
8	-60	-52	-76	Corner Room A308	TNI_WiFi_Officer
9	-63	-63	-62	Room A308	TNI_WiFi_Officer
10	-63	-73	-85	Front of Elevator 3FL	TNI_WiFi_Officer

ผลการประเมินการตรวจจับสัญญาณซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณเครือข่ายไร้สายที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจากข้อมูลตรวจจับดังกล่าวสามารถแสดงการเปรียบเทียบการจับสัญญาณของอุปกรณ์สัญญาณของไคลแอนต์ทั้งสามอุปกรณ์ตามตารางที่ 1



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบการจับ Signal เครือข่ายไร้สายของแต่ละอุปกรณ์

จากการเปรียบเทียบการตรวจจับสัญญาณในแต่ละ Location ทั้ง 10 จุดแต่ละอุปกรณ์สามารถจับสัญญาณได้ดังนี้

จุดที่หนึ่ง : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ -72 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -68 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -69 dBm

จุดที่สอง : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ -70 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -70 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -64 dBm

จุดที่สาม : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –70 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -70 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -64 dBm

จุดที่สี่ : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –76 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -60 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -77 dBm

จุดที่ห้า : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –57 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -57 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -53 dBm

จุดที่หก : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –63 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -64 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -75 dBm

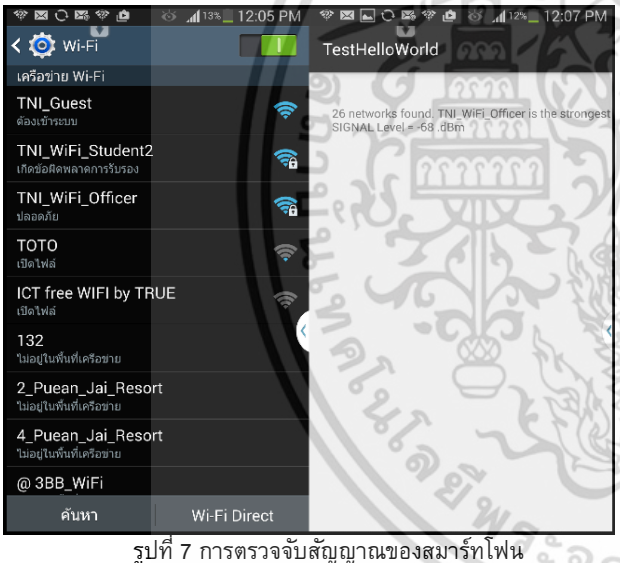
จุดที่เจ็ด : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –63 dBm อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -63 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -63 dBm

จุดที่แปด : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –60 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -52 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -76 dBm
จุดที่เก้า : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –63 dBm
อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -63 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -62 dBm
จุดที่สิบ : อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ จับสัญญาณได้ –63 dBm
อุปกรณ์สมาร์ทโฟน (Note 3) -73 dBm และอุปกรณ์แท็บเล็ต (Samsung TAB) -85 dBm

อย่างไรก็ตามการทดสอบข้างต้นเป็นการทดสอบบนอุปกรณ์ที่ต่างชนิดกันเพื่อวัดและเปรียบเทียบความถูกต้องของการตรวจจับสัญญาณและการตรวจจับชื่อเครื่อข่าย (Wi-Fi Name) ที่สามารถตรวจพบได้ซึ่งในการนำไปใช้งานผู้ใช้จะต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ลงที่เครื่องสมาร์ทโฟนของผู้ใช้งานและการตรวจจับสัญญาณจะเป็นการเปรียบเทียบความแรงของสัญญานที่เครื่องของผู้ใช้เพื่อแสดงค่าสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่ดีที่สุดในตำแหน่งของผู้ใช้ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การตรวจจับสัญญาณของสมาร์ทโฟน

อุปกรณ์สมาร์ทโฟนบางรุ่นในปัจจุบันสามารถแสดงสัญญาณชื่อเครือข่ายไร้สายได้แบบอัตโนมัติแต่ไม่แสดงค่าความแรงของสัญญาณที่ระบุเป็นตัวเลข dBm ซึ่งในบางครั้งผู้ใช้จะเห็นชื่อเครือข่ายที่ตรวจจับได้และมีสัญญาณความแรงที่เท่ากันทั้งหมด ซึ่งแอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาสามารถแสดงถึงค่าความแรงของสัญญาณที่อุปกรณ์จับได้แบบทั้งชื่อและค่าความแรงที่มีค่าเป็นตัวเลขของสัญญาณซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถตัดสินใจเลือกใช้เครือข่ายได้ดียิ่งขึ้น

การประเมินผลการใช้งานจากผู้ใช้งาน เมื่อทำการพัฒนาระบบแล้วผู้วิจัยได้ทำการนำไปให้ผู้ใช้งานประเมินโดยทำการแบ่งคะแนนประเมินออกเป็นระดับ 5 ระดับ โดย 5 หมายถึง ระดับดีเยี่ยม 4 หมายถึง ดีมาก 3 หมายถึง ดี 2 หมายถึง ปานกลาง และระดับ 1 หมายถึงพอใช้ ในการประเมินผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คนประเมินการใช้งานระบบ ผลลัพธ์การประเมินแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองแนวคิด

รายละเอียดการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ความเหมาะสมของ GUI	3.30	0.48	ดี
2. ระบบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	3.90	0.57	ดี
3. ระบบทำงานรวดเร็ว	3.60	0.52	ดี
4. ระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง	4.30	0.48	ดีมาก
5. ภาพรวมของระบบทั้งหมด	3.80	0.63	ดี
รวม	3.78	0.54	ดี

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผลการประเมินความความพึงพอใจในการใช้งานระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกเครือข่ายไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการ Android มีค่าเฉลี่ยการประเมินทั้งหมดในระดับดี ที่ 3.78 ซึ่งส่วนที่มีความพึงพอใจมากที่สุดอยู่ในระดับดีมากคือส่วนของระบบทำงานได้อย่างถูกต้องเฉลี่ยที่ 4.30 และส่วนที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุดอยู่ในระดับดีคือความเหมาะสมของ GUI มีค่าเฉลี่ยที่ 3.30

7. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการเลือกใช้เครือข่ายไร้สายสำหรับโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2.0 ขึ้นไปจากผลการทดสอบการใช้งานซอฟต์แวร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาพบว่าสามารถตรวจจับสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้ถูกต้องและมีค่าการตรวจจับสัญญาณที่ได้ใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เครือข่ายในปัจจุบันและสามารถตรวจจับชื่อเครือข่ายพร้อมทั้งค่าความแรงของสัญญาณที่สามารถแสดงเป็นค่าตัวเลขซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตัดสินใจเลือกใช้เครือข่ายได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้นำเสนอกรอบแนวคิดซึ่งประกอบไปด้วย 4 โมดูลการทำงาน 1) Wi-Fi Capture Module ทำหน้าที่ capture สัญญาณ จากอุปกรณ์มือถือของผู้ใช้งาน 2) Wi-Fi Analysis Module การวิเคราะห์สัญญาณเครือข่ายที่ตรวจจับได้โดยบันทึกข้อมูลสัญญาณลงบน Log File 3) Wi-Fi MAX Value Selecting Module ทำหน้าที่ในการเลือกค่าของความแรงของสัญญาณตามเงื่อนไขที่กำหนด 4) Pop-Up Wi-Fi MAX Value Module ทำหน้าที่แสดงชื่อสัญญาณ Wi-Fi ไปยังผู้ใช้งาน ในส่วนของการประเมินผลงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับซอฟต์แวร์ inSSIDer Office ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเหมือนกันผลการประเมินที่ได้ซอฟต์แวร์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถตรวจจับสัญญาณได้ใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์ inSSIDer Office. ผลการประเมินจากผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ย 3.78 อยู่ในระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบพบว่าการตรวจจับสัญญาณของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายที่มียี่ห้อและรุ่นต่างกันจะมีความสามารถในการตรวจจับเครือข่ายไร้สายที่เป็นค่าตัวเลข dBm ได้ต่างกันแต่ก็ยังสามารถตรวจจับชื่อเครือข่ายได้เป็นชื่อเดียวกันได้ ซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์เพิ่มเติมให้มีความสามารถในแสดงผลการตรวจจับสัญญาณเครือข่ายแบบต่อเนื่องได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Mehmet Ali Erturk and Luca Vollero, “A framework for Modeling an Implementing Qos-aware Load Balancing solutions in WiFi Hotspot,” ISWCS., 11Th International Symposium., IEEE., 2014, pp. 33-38.

[2] T. Andrias, S. Mani and Z. Lixia, “A Simple QoS Signaling Protocol for Mobile Hosts in The Integrated Services Internet,” Eighteenth Annual Joint Conference., IEEE., Vol.3, 1999, pp. 1011-1018.

[3] B. Heredia, M. Ocana, M.A. Sotelo, P. Revenga, R. Flores, R. Barea and E. Lopez, “People Location System based on WiFi Signal Measure,” International Symposium., IEEE., 2007, pp. 1-6.

[4] M. Pheeha, B. Antoine and D.W. Nico “A Hightly Scalable Monitoring Tool for Wi-Fi Networks,” 1st International Symposium., IEEE., 2012, pp. 102-107.

[5] K. Jari, K. Joonal and H. Timo, “Real-life Performance Analysis of Always-Best-Connected Network,” 5th International Conference., IEEE., 2012, pp. 1-5.

[6] M. Elsayed, A.F. Abdelazid, M. Hasna and D. Trinchero, “Exposure Assessment to WiFi Access Points by Simulations and Measurements,” Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)., 2011 International Conference., IEEE., 2011, pp. 1442-1445.

[7] L. Thierry, A. Alain and D. L. Raul, “Study of RF Emission of Various Electronic Devices Used by The Public,” International Conference., IEEE., 2011, pp. 1-6.

[8] General Public License version 2, gnu.org website. [Online]. Available: http://www.gnu.org/licenses/ (Access on 09 Sep. 14).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optimization Channel Control Power in Live UMTS Network

Thananan Numatti[†‡1], Saiyan Saiyod[‡2]

[†]*True move Co.,Ltd*
CP LAND, Malivan Rd. Muang District, Khon Kaen 40000, Thailand
[1] Thananan_num@truecorp.co.th

[‡]*Department of Computer Science, Faculty of Science, Khon Kaen University*
123 Mittapap Rd., Nai-Muang, Muang District, Khon Kaen 40002, Thailand
[2] saiyan@kku.ac.th

***Abstract*— The proposed approach to improvement on the UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) network radio, there are many ways we propose another way of reducing power control channel slightly to provide improved signal quality, which is a measure of quality is EcIo (energy per bit) / (Own cell interference +. Noise density) principle when the power control channel down a bit to make the quality better, because the denominator less energy than ever before, and open the extra capacity in the network in the body, this is the reason for the optimization this principle can be applied in a live network.**

It is important to maintain signal quality are durable and resistant to interference. Probability to the good benefits for imply network must be physical tuning coverage complete before and area dense urban or urban is good to the imply this parameter. For area rural should not imply because the cell edge a foot print coverage is too large . However this paper presents a science so that the results can be applied to real work.

***Keywords*— WCDMA, EcIo, RSCP, Power Control, Interference**

I. INTRODUCTION

There are numerous ways to improve the performance [1] UMTS Network(Universal Mobile Telecommunications System)[2] based on the WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) technology is the 3rd generation telecommunication system [3] both physical and parameter in this article are the parameters which will reduce the power control to better signal quality, respectively. WCDMA the operating principles input signals are converted into digital signals. And sent a pass band signal to spread into different frequency band WCDMA technology is used in a wide 5 MHz wideband such features makes WCDMA transmission over. In addition, the WCDMA technology is also suitable for use in the city has a high density and WCDMA has been developed to move forward with technology, HSPA (High-Speed Packet Access), which is a protocol calls were made. To increase the ability to pass on information technology, HSPA is also divided them into 2 standard is HSDPA[4] (High Speed Downlink Packet Access) and HSUPA[5] (High Speed Uplink Packet Access) .HSDPA used a lot in commerce since most users will focus on the current download over HSDPA supports transmission speeds up to 1.8 Mbps - 14.4 Mbps, and is currently being used for HSDPA for dual carrier that can deliver up to 42 Mbps. Tree part the WCDMA system.

-Spreading:[6] is the use of high bandwidth. Due to the large bandwidth it will make a low-density waves.The waves are further divided and information. Each user of the code (code division multiple access).Spreading code using OVSF code ,orthogonal all coder, the size using Spreading Factor[5] (SF),Downlink using SF=4-512and Uplink using SF = 4-256.

-Modulation[6] is digital signal '0', '1' in the maper format binary sequence on the high-frequency carrier using QPSK form downlink and uplink usung BPSK. modulation of the carrier waveform as well as have noise and interference including.This is part transmitted.

-Despreading: [6] Decreasing high speed wideband signal by demodulating(multiplying) with same sequence(same code in the transmitter) used for spreading.In reality the channel is not noise-free but WCDMA system employ Forward Error Correction techniques to combat the effect of noise and enhance the performance of the system .This is part receive.

Principle of the WCDMA network[7] to measurement.

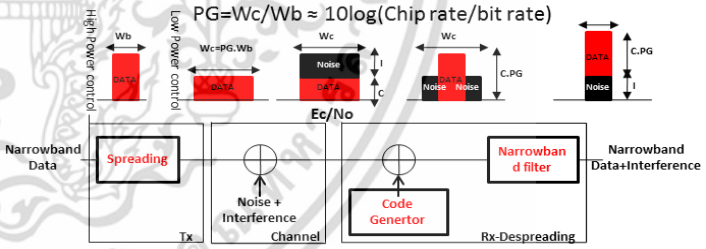


Fig. 1 Principle of Spreading Spectrum WCDMA Network

A. Eb/No,Unit:dB[8]

Eb/No is measured at the receiver system and serves to indicate how 's strong of signal to noise ratio (Bit Error Rate and depend with modulation techniques(BPSK, QPSK, etc) Ec/No is positive value .

Eb= Bit Energy.(energy per bit)
No= Noise Spectral Density.(mWatts/Hz)
Definition
Eb/No=Bit Energy on the Spectral Noise Density.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. Ec/Io,Unit:dB from UMTS Network [8]

Ec/Io is quality radio via measured the ratio of the energy per chip in CPICH power (Chip Energy in the presence of the interference generated by all other user).Ec/Io is negative value

Ec= Chip Bit Energy.(energy per bit)

Io= own cell interference + surrounding cell interference + noise density

Definition

Ec/Io=Bit Energy on the Spectral Noise Density.

Actually Ec/Io and Ec/No has different?

Io = own cell interference + surrounding cell interference + noise density

No = surrounding cell interference + noise density

Because WCDMA system measurement to type CS and PS service than used for Ec/Io should be the correct.

Eb/No in to the baseband after despreading and demodulation per user should be positive value amount of energy on the total noise. Measured at the output of receiver system.

Ec/Io in the free space focus is spread across the spectrum should be have negative value to the ratio of energy on the total noise (Energy is lower than the total interference) then Ec/Io is negative value. Measured at the input of receiver system as well.

C. RSCP Unit:dBm from UMTS Network[8]

RSCP it is stands for Received Signal Code Power from the energy per chip in CPICH power averaged over 512 chips to measured in the downlink /uplink.

Actually RSCP and RSSI has different?

RSCP = Received Signal Code Power measured from receiver (UE)on a particular CPICH power from NodeB station and defined generally for CDMA system.

RSSI=Received Signal Strength Indicator measured for generally all system.Unit:dBm.

Anyway Ec/No relationship with RSCP and RSSI as formula also.

Ec/No= RSCP / RSSI (dB)

Ec/No=10LOG10(CPICH Power/Total Transmit Power)

D. SIR Unit:dB[8]

SIR is the Signal-to-Interference Ratio defined ratio of the energy in dedicated physical control channel bits to the power density of interference and noise from after dispreading as well as require by Rx complete.

Formula the SIR

SNR=Psignal Power/Pnoise

Or we can find as below to easy

SIR=Eb/No - PG

if Eb/No = 5dB

PG = 25dB(12,2kbps)

SIR=5-25

= -20dB or better.

Or at PG =14dB(128kbps)

SIR=5-14

= -10dB or better.

E. PG Unit:dB[9]

PG is Processing gain the ratio of chip rate over data bit rate and related with service bearer rate if service bit rate greater PG is smaller.

PG =10*LOG10(Chip rate/bit rate per user)

if assume user rate =12.2kbps(Voice call) then

PG=10*LOG10(3840000/ 12200)

=25dB

if user rate =128kbps (PS traffic)

PG=10*LOG10(3840000/ 12800)

=14dB

II. UMTS SYSTEM WITH POWER CONSUMETION

CPICH power consume 10% and Control Channel power consume 10 % from total power on the UMTS Network.

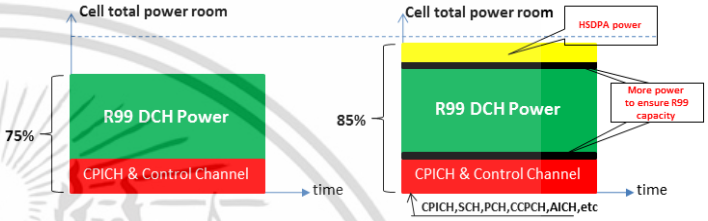


Fig. 2 Power Control Allocation with R99 and HSDPA

Tree part the DL power consists at first part HSDPA physical channel(HS-PDSCH,HS-SCCH) consume total power room 85% second part R99 or DPCH power consume power room 75% and tree part CCH(Common Channel power) consume power 20%.

UMTS have 2 part power control[8] first part is open loop power control is mean RRC(Radio Resource Control)[11] about the access UMTS network and two part is close loop power control is mean RAB(Radio Access Bearer)[12] to get each the service from network such as real time service AMR to conversation ,non real time service is web service etc.

III. WCDMA RADIO INTERFACE CHANNEL

WCDMA Radio Interface Channel have tree interface channel.[13]

A. Physical channel

Layer1 providing the real transmission resource, frequency,code (spreding and scramble) and phase.

1) UL. Physical Channels :

- Physical Random Access Channel(PRACH) uplink common channel to the carry random when access information.
- Uplink Dedicate Physical Data Channel(DPDCH) carry dedicate data coming from layer2 and above coming from DCH about power control.
- Uplink Dedicate Physical Control Channel(DPCCH) carry dedicated control information general in layer 1about power control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- High Speed Dedicate Physical Channel(HS-DPCCH) it is used to feedback message to HS-PDCSH.

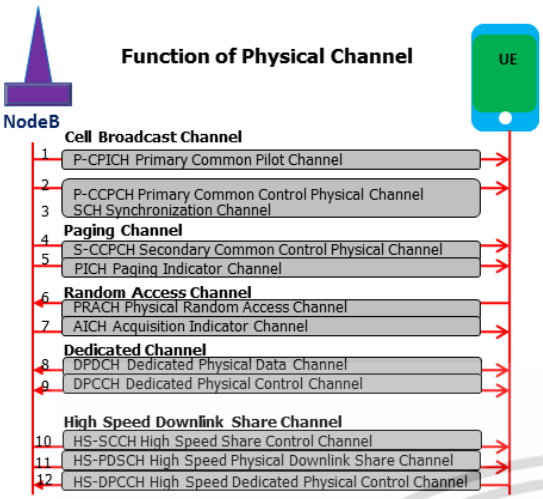


Fig. 3 WCDMA Function of Physical Channel

2) DL. Physical Channels :

- Downlink Dedicate Physical Channel(DPCH) carry dedicate data coming from layer2 to above(coming from DCH).
- Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH) carry BCH transport channel but P-CCPCH not transmitted during the first 256 chip of the slot fixed channel code SF:256,30kbps.
- Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH) carry FACH and PCH as code SF:4 to 256 not broadcast continuously transmitted but when PCH or FACH information to transmit.
- Synchronization Channel (SCH) for cell search procedure from two sub channel (P-SCH,S-SCH) as well is transmitted at the first 256 chips of every time slot(time slot 0 to 14).
- Page Indication Channel (PICH) carry paging indicators(PI).Used by nodeB to inform UE or group of UEs ,fixed channel code SF:256,30kbps.
- Acquisition Indication Channel (AICH) carry Acquisition Indictor(AI) SF256 as will 16 kinds of signature to generate AI .In form the UE that the network has received access request.
- Common Pilot Channel (CPICH) is physical control channel broadcast to entire the cell and fixed channel code SF:256, 30kbps.
- High Speed Physical Downlink Share Channel(HS-PDSCH) bearing service data and layer2 overhead bits

mapper from transport channel fixed at SF16 but can conFigd several code to improvement throughput (transferred in 2ms sub frame)

- High Speed Share Control Channel (HS-SCCH) carry signalling to single UE consist modulation,channel code,transport block site, HARQ process number, redundancy version, new data indicator and UE identity fixed SF128,60kbps based on a sub-frame of length 2ms.

IV. EXPERIMENTATION DESIGN ADN SCENARIO

We designed experiment from EcIo and traffic load[8]

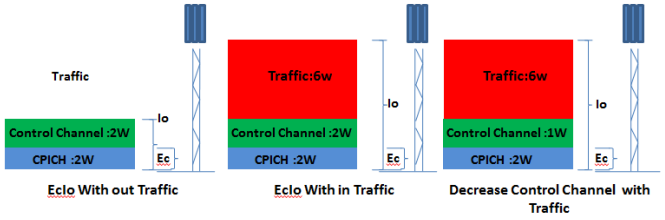


Fig.4 Assume EcIo with out and with in traffic consume 6watt

At EcIo with out traffic
Ec = 2 watt
Io = 0+2+2 =4watt
Ec/Io = 2/4 = 0.5watt; = -3dB
at EcIo with in traffic consume 6watt
Ec = 2 watt
Io = 6+2+2 =10watt
Ec/Io = 2/10 = 0.2watt; = -7dB
Decrease power control channel to optimization
Ec = 2 watt
Io = 6+2+1 =9watt
Ec/Io= 2/9 = 0.22watt; = -6.5dB is good EcIo.

This is methodology to the measurement of decreased Power Control Chanel in Live UMTS Network(UMTS-FDD).
-Network configuration by main operator from table I.
-Chose two site to the cell edge has light load and drive test on the night time.
-One mobility test via Voice long call(VOL) speed 20 km/h.
-Round 1 drive before decrease power control channel.
-Round 2 drive after decrease power control channel.
-Good radio environment from physical tuning foot print.

TABLE I
WCDMA NETWORK CONFIGURATION

WCDMA NETWORK CONFIGURATION AND PARAMETER SETTING		
Carrier Frequency (Downlink/Uplink)		881.6 MHz/836.8MHz
Total power NodeB	43 dBm(20Watt)	43 dBm(20Watt)
Radio of each channel transmission power to NodeB transmission power	CPICH power	33 dBm(2Watt) or (10%)
	PSCHPower	Decrease from -5 to -8dB
	SSCHPower	Decrease from -5 to -8dB
	BCHPower	Decrease from -2 to -5dB
	AICHPowerOffset	Decrease from -6 to -9dB
	PICHPowerOffset	Decrease from -7 to -10dB
	PCHPower	Decrease from -2 to -5dB
Maximum SF code	Code Channel reserv	5
Node B antenna	Frequency Range	824-960 ;1710-2170 MHz
	Gain	18 dBi
	Horizontal BW	65'
	Vertical BW	7'
	Antenna height	45 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V. ANALYSIS EXPERIMENT RESULT

The result to measurement from drive test coverage RSCP, EcNo, SC, TxPower, SIR before and after decreased power control channel.

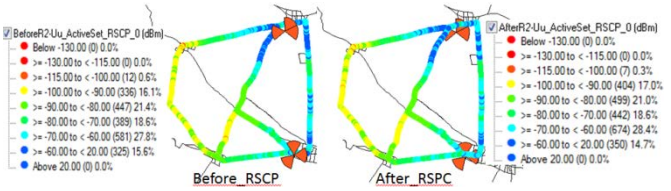


Fig.5 Legend RSCP(dBm) Before and After

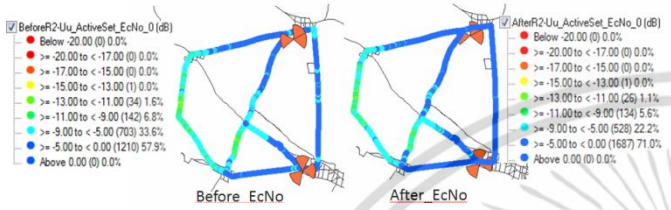


Fig.6 Legend EcNo(dB) Before and After

Fig.7 Legend SC Before and After

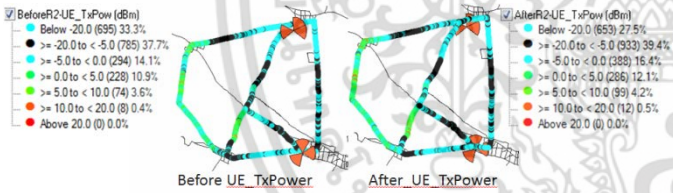


Fig.8 Legend UE_TxPower(dBm) Before and After

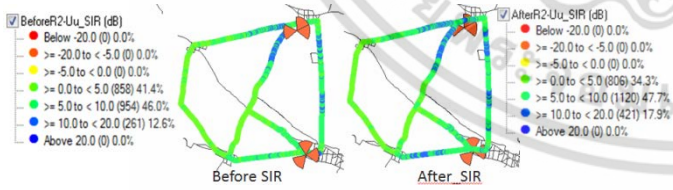


Fig.9 Legend SIR(dBm) Before and After

Describe the optimization for research via decreased power control channel from the legend show result.

Fig.5 RSCP result before left hand and after right hand remain the legend footprint coverage not impact because this research do not adjust cpich power can see Fig.10 as well.

Fig.6 EcIo result the right hand is after decreased power control channel is good quality more than the left hand from definition or can see designed experiment that Ec/Io=Bit Energy on the Spectral Noise Density .The noise lese than energy can see Fig.11 as well.

Fig.7 SC code to the left hand before and right hand after best serving is clamp to remain SC legend.

Fig.8 UE_TxPower the right hand after good more left hand before to save power more than can see Fig.12 as well.

Fig.9 SIR the right hand after good more left hand before too.

Distribution data from Fig.10 to Fig.13

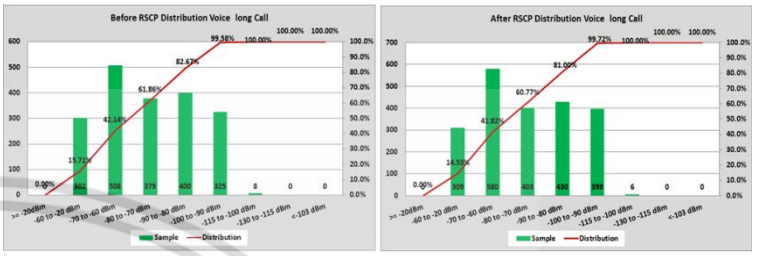


Fig.10 RSCP Distribution

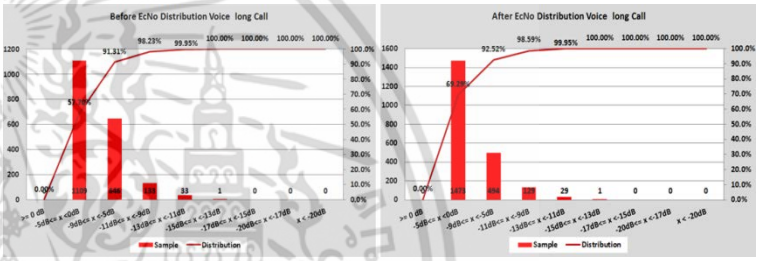


Fig.11 EcNo Distribution

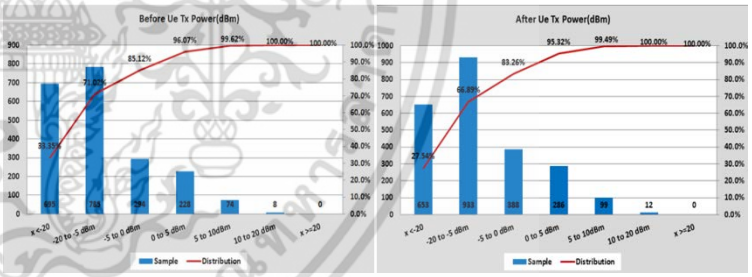


Fig.12 UE TXPower Distribution

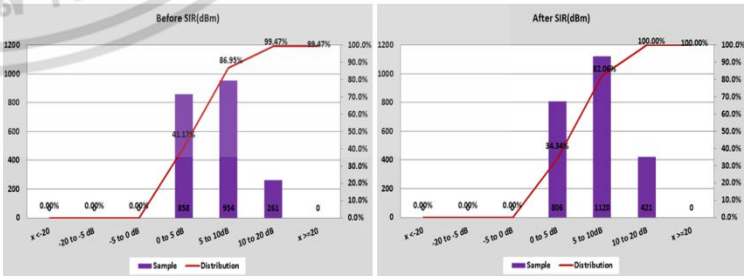


Fig.13 SIR Distribution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

We can analysis distribution from Fig.10 the RSCP all rang is remain this paper research aboute improvement EcIo than can see Fig.11 the EcNo range 0 to -5dB before result has 57.7% but after result has 9.29% good more than the left hand. Fig.12 UE_TxPow range -5 to -20 dBm before result has 71.02% but after result has 66.89% good more than the left hand to save energy UE. And Fig.13 SIR remain result before and after.This is analysis result from log file first round drive and second round drive in the live UMTS network from main operator Thailand.

TABLE II
RSCP DISTRIBUTION RESULT

RSCP	Before		After	
Range	Sample	Distribution (%)	Sample	Distribution (%)
>= -20dBm	0	0	0	0
-60 to -20 dBm	302	15.71279917	309	14.53433678
-70 to -60 dBm	508	42.14360042	580	41.81561618
-80 to -70 dBm	379	61.86264308	403	60.77140169
-90 to -80 dBm	400	82.67429761	430	80.9971778
-100 to -90 dBm	325	99.58376691	398	99.71777987
-115 to -100 dBm	8	10000	6	100
-130 to -115 dBm	0	100	0	100
<-103 dBm	0	100	0	100
Total	1922		2126	

TABLE III
ECNO DISTRIBUTION RESULT

EcNo	Before		After	
Range	Sample	Distribution (%)	Sample	Distribution (%)
>= 0 dB	0	0	0	0
-5dB<= x <0dB	1109	57.70031217	1473	69.28504233
-9dB<= x <-5dB	646	91.31113424	494	92.52116651
-11dB<= x <-9dB	133	98.23100937	129	98.58889934
-13dB<= x <-11dB	33	99.94797086	29	99.95296331
-15dB<= x <-13dB	1	100	1	100
-17dB<= x <-15dB	0	100	0	100
-20dB<= x <-17dB	0	100	0	100
x < -20dB	0	100	0	100
Total	1922		2126	

TABLE IV
UE_TXPOWER DISTRIBUTION RESULT

Uu_TxPower	Before		After	
Range	Sample	Distribution (%)	Sample	Distribution (%)
x <-20dBm	695	33.34932821	653	27.54112189
-20 to -5 dBm	785	71.01727447	933	66.89160692
-5 to 0 dBm	294	85.12476008	388	83.25601012
0 to 5 dBm	228	96.06525912	286	95.31843104
5 to 10dBm	74	99.61612284	99	99.49388444
10 to 20 dBm	8	100	12	100
x >=20 dBm	0	100	0	100
Total	2084		2371	

TABLE V
SIR DISTRIBUTION RESULT

SIR	Before		After	
Range	Sample	Distribution (%)	Sample	Distribution (%)
x <-20 dB	0	0	0	0
-20 to -5 dB	0	0	0	0
-5 to 0 dB	0	0	0	0
0 to 5 dB	858	41.17082534	806	34.34171282
5 to 10dB	954	86.94817658	1120	82.06220707
10 to 20 dB	261	99.47216891	421	100
x >=20 dB	0	99.47216891	0	100
Total	2073		2347	

Final summary on the table II about RSCP distribution result before and after is remain result ,table III ECNO distribution result at range -5dB<= x <0dB can imporvement more 69.28% from after decreased power control,table IV UE_TxPower distribution result at range-20 to -5 dBm can improvement save energy UE ,but table IIV SIR distribution result (the Signal-to-Interference Ratio) same before and after. However this paper research decreased control channel power only live network have many factor impact too time.

VI. SUMMARY RESULT

Before imply group parameter to network Should be verify radio environment from physical tuning.

PSCH Transmit Power Offset of the PSCH transmit power from the P-CPICH transmit power in a cell level[3].

If the value is very low ,UEs at the edge of cells will be fail in network searching, and influence on coverage of the downlink common channel. If the value is very too high, the power resources of cell edge impact to capacity too.

SSCH Transmit Power. If the value is very small ,UEs at the edge of cells will be fail in network searching, and influence on coverage of the downlink common channel. If the value is very too high, the power resources of cell edge impact to capacity too.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BCH Transmit Power.

If the value is very small ,Properly the messages cannot send to the UEs at the edge of cells will be cannot receive system messages . If the value is set too great, downlink transmit will be effect causes interference occupies and the power resources of cell edge impact to capacity also.

AICH Power Offset.

No effect on the UE state the idle mode.

PICH Power Offset

Difference between the transmit power of PICH and that of PCPICH and no effect on the UE state the idle mode.

PCH Power

If the value is very small ,Properly the messages receive the paging message at the edge of cells from downlink common channel. If the value is set too great, downlink transmit will be effect causes interference occupies and the power resources of cell edge impact to capacity also.

For detailed information of this group parameter, refer to 3GPP TS 25.433.

VII. CONCLUSIONS

The decrease Power Control Channel in live UMTS Network advantage part to improvement EcIo of quality more. This is due to the PG is Processing gain the ratio is less and make resource power is increased.

The disadvantage is that an impact on the access systems WCDMA KPIs about access RRC.FailConnEstab.NoReply, RAB.FailEstabCS.UuNoReply is worst case no tuning coverage footprint physical coverage objective.

Therefore parameter set is suitable for the area through the tuning coverage footprint part physical successfully.Rural area should not imply because cell edge to large can deployed in areas large number of cell serving and contiguous coverage or small cell.

Finally, consider the capacity of the systems are adequate. Depending on bandwidth and the impact on other parts that are not mentioned. However, in the future we will see the effects of the WCDMA system capacity and the impact of customer complaint further.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank True Move Co., Ltd (Thailand) for their technical support.

REFERENCES

[1] Seung Chan Bang and Youngnam Han,."Performance of a fast forward power control using power control bits for the reverse power control s power measure".0-7803-4320-4/98/$5.00 0 1998 IEEE.

[2] Amandeep Singh Thethi,R.S. Sawhney."Performance Evaluation of QoS parameters in UMTS Network Using Qualnet".International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS) Vol.1, No.2, November 2010.

[3] W-CDMA-3GPP.http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/104-w-cdma.

[4] Shinya Tanaka,Hiroyuki Ishii,Tomoki Sao,Yousuke Iizuka and Takeshi Nakamori."HSDPA Throughput Performance Using an Experimental HSDPA".NTT DoCoMo Technical Journal Vol. 6 No.4.

[5] DAVID MULVEY EXPLANS HOW 3G HIGH SPEED PACKET ACCESS WORKS.,"HSPA" IET Communications Engineer February/March 2007.

[6] 3rd Generation Partnership Project (3GPP),"Spreding and modulation (FDD)",3G Technical Specification 25.213 v3.1.1,December 1999.

[7] Stefan Parkvall, Janne Peisa, Johan Torsner, Mats Sågfors, Peter Malm ,."WCDMA Enhanced Uplink – Principles and Basic Operation".0-7803-8887-9/05/$20.00 (c)2005 IEEE.

[8] telecomHall,WhatisEc/Io(andEb/No)?,.http://www.telecomhall.com/

[9] M. Jevrosimovi´c*, E.R. Fledderus*†, L. Jorgu˘seski†, M.H.A.J. Herben* and G. Brussaard* "Power Control with Antenna Array Processing for UMTS " 0-7803-8521-7/04/$20.00 (C) 2004 IEEE

[10] *Ying Sun,Fredrik Gunnarsson,Kimmo Hiltuneii,."CPICH Power Settings in Irregular WCDMA Macro Cellular Networks" .0-7803-7822-9/03/$17.00 02003 IEEE.*

[11] Perälä1, Antonio Barbuzzi2, Gennaro Boggia2, and Kostas Pentikousis1,."Theory and Practice of RRC State Transitions in UMTS Networks".978-1-4244-5626-0/09/$26.00 ©2009 IEEE.

[12] Yieh-Ran Haung,."Pekka H. J. Performance Analysis for UMTS Networks With Queued Radio Access Bearers".IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 51, NO. 6, NOVEMBER 2002.

[13] UMTS channels .http://en.wikipedia.org/wiki/UMTS_channels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพดิน ในพื้นที่แปลงเพาะปลูกผักด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ

Device Development for Soil Parameter Measurements in Crop Area by Using Wireless Sensor Network for Smart Farm

สายยัญ สายยศ[1], ณัฐพล แก้วมาตย์[2]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 หมู่ 16 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

[1] saiyan@kku.ac.th
[2] nattapol@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการตรวจวัดสภาพดินในพื้นที่บริเวณแปลงเพาะปลูกผักให้มีประสิทธิภาพ และสร้างระบบฟาร์มอัจฉริยะให้สามารถติดตามสภาพของพื้นที่เพาะปลูกทางไกลผ่านทางเว็บไซต์และแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือ Smart Phone

เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมาและนำมาใช้ทำการวิจัยในส่วนของอุปกรณ์ได้แก่ อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์รับส่งข้อมูลไร้สาย Xbee Series 2 สำหรับการสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม แหล่งจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า วงจรตรวจวัดปริมาณน้ำในดินและวงจรตรวจวัดความชื้นดิน

คำสำคัญ: เกษตรความแม่นยำสูง, ฟาร์มอัจฉริยะ, เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย, ไมโครคอนโทรลเลอร์, พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

Abstract

This research aims to develop and improve an effective of the system for measure the soil parameters in the crops area. In addition, we made the smart farm system which can be monitor the farms environmental by website and application on smart phone.

The tool that we developed and applied to test in our research on the part of the devices are consist of the microcontroller and Xbee Series 2 for building a wireless sensor network to use for collect and store the data. The solar cell to converts an energy of light directly by the photovoltaic effect and soil parameters measurement which consist of soil moisture and underground water level.

Keywords: precision agriculture, smart farm, wireless sensor network, microcontroller, solar cell

1. คำนำ

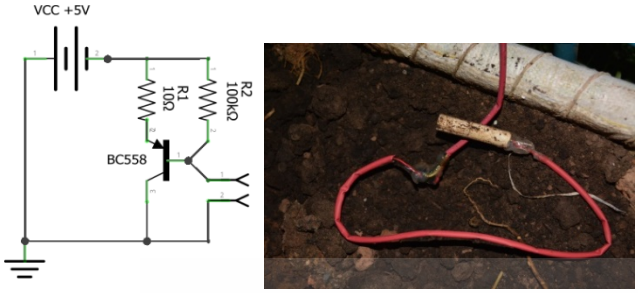
เกษตรกรรมความแม่นยำสูงเป็นกลยุทธ์ในการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและลดการใช้ทรัพยากรในด้านการดูแลและจัดการเพื่อให้ได้ผลผลิตทางการเกษตรที่คุ้มค่า โดยเกษตรกรสามารถจะปรับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่รวมไปถึงการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำด้วยเงื่อนไขที่ได้จากลักษณะเฉพาะของพืชพันธุ์และปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดโดยอาศัยการตรวจวัดปริมาณสารอาหารในดินและสภาพอากาศของพื้นที่ทำการเกษตร[1]

การตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเพาะปลูกโดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจวัดแบบพกพาร่วมกับประสบการณ์ของเกษตรกร เพื่อรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และตัดสินใจในการบริหารจัดการกับแปลงเพาะปลูกเป็นเรื่องที่ทำได้ลำบากและใช้เวลานาน ในบางช่วงเวลาไม่มีการจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญต่อการดูแลพืชทำให้การตัดสินใจและการดูแลพืชทำได้ล่าช้า จึงได้มีการพัฒนาและใช้งานอุปกรณ์ต่างๆสำหรับการตรวจวัดและเก็บรวบรวมสภาพดิน[2] เพื่อเป็นแนวทางทำการเกษตรสมัยใหม่ที่ต้องกำหนดปริมาณการให้น้ำแก่พืชเป็นปัจจัยสำคัญ[3] โดยอาศัยความละเอียดของพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณแสงอาทิตย์ ลม ฝน อุณหภูมิ อากาศ ความดันอากาศ อุณหภูมิดิน ความชื้นของดิน โครงสร้างของดิน เป็นต้น[4] มาทำการวิเคราะห์ด้วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อกำหนดปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับต้นพืช[5] โดยกำหนดปริมาณการใช้น้ำของต้นพืชแต่ละช่วงเวลาควบคู่ไปกับการตรวจวัดสภาพดินจากปริมาณความชื้นของดิน[6] ที่วัดได้จากการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าระหว่างแท่งวัด[7] ที่อาศัยน้ำเป็นสื่อกลาง[8] ในแต่ละวันโดยใช้แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่อุปกรณ์ด้วยการผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์[9] และจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ด้วยแบตเตอรี่เพื่อการจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ครอบคลุมตลอดทั้งวัน

บทความนี้นำเสนอการทำงานของกระบวนการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น ระดับน้ำใต้ดิน และความเร็วในการไหลซึมของน้ำใต้ดินและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์รดน้ำพืชด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่ควบคุมผ่าน Smart Phone Application[10] และรายงานสภาพแวดล้อมผ่านเว็บไซต์



รูปที่ 1 วงจรเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน

2. การทำงานของระบบ

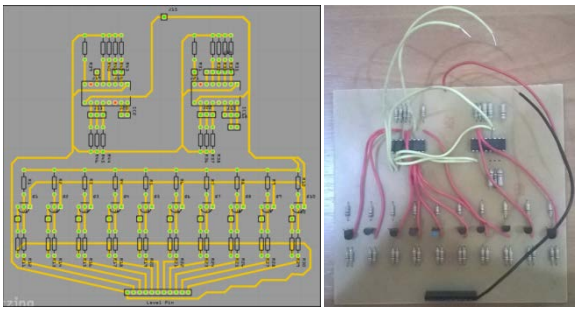
การตรวจวัดสภาพดินในพื้นที่แปลงเพาะปลูกผักประกอบไปด้วยโครงสร้างของระบบ 3 ส่วน ได้แก่ ระบบการตรวจวัดสภาพดินด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการรับส่งข้อมูลพร้อมทั้งจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนสุดท้ายคือระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วเก็บพลังงานไฟฟ้าเอาไว้และจ่ายพลังงานไฟฟ้าแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.1 การตรวจวัดสภาพดิน

ระบบจะมีการตรวจวัดสภาพแวดล้อม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรวบรวมข้อมูล 3 ชนิดจากอุปกรณ์ตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิกับความชื้นภายในอากาศด้วยอุปกรณ์ DHT22/AM2302 ความชื้นภายในดินและระดับน้ำภายในท่อวัดระดับที่ถูกติดตั้งไว้ในบริเวณแปลงเพาะปลูก หลังจากทำการรดน้ำจะนำระดับน้ำในท่อไปคำนวณเพื่อหาความเร็วการไหลซึมของน้ำในดิน

2.1.1 การตรวจวัดความชื้นภายในดิน

การตรวจวัดความชื้นในดินใช้วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าแล้วระบุค่าความชื้นในดินจากปริมาณการนำไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ การทดลองได้ใช้วัสดุ 3 ชนิด สำหรับวัดค่าความชื้นในดิน ประกอบด้วย แท่งทองแดง อะลูมิเนียมแบน และเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) หลังจากทำการทดลองเพื่อทดสอบการผุกร่อนปรากฏว่า แท่งทองแดงไม่สามารถใช้งานได้นานเนื่องจากการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดสนิมได้รวดเร็วมากขึ้นแต่ Stainless Steel เบอร์ 304 ที่นำมาใช้เป็นวัสดุในการวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรดที่ทำมาจาก Stainless Steel ดังรูปที่ 1 สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ดีและเมื่อเพิ่มการหุ้มผิวด้านนอกโดยใช้ปูนพลาสเตอร์ให้เป็นแท่งทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ปูนที่ห่อพื้นผิวภายนอกไว้จะดูดซับน้ำฝนหรือน้ำที่ใช้รดพืชและจะแห้งไปในที่สุดเมื่อโดนแสงแดดในตอนกลางวันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจวัดความชื้นได้ดียิ่งขึ้นยืดอายุการใช้งานและลดการสึกหรอเนื่องจากความชื้นสามารถนำมาวัดความชื้นที่อยู่ภายในดินได้ โดยให้ค่าผลลัพธ์เป็นแบบเชิงเลข (Digital) เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อการทำระบบรดน้ำอัตโนมัติ

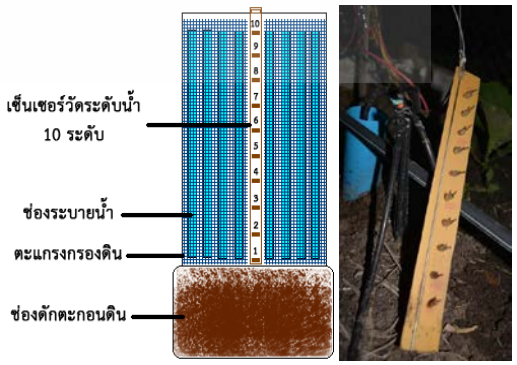


รูปที่ 2 วงจรเซนเซอร์ตรวจวัดระดับภายในดิน

2.1.2 การตรวจวัดระดับน้ำภายในดิน

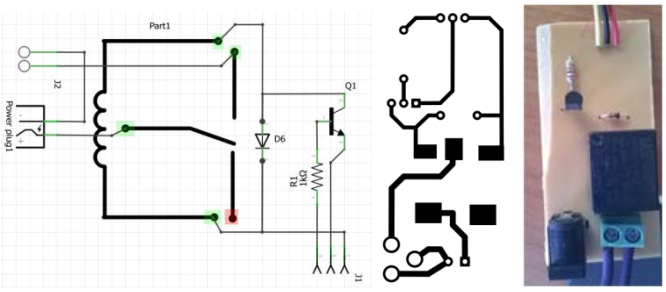
เซนเซอร์วัดระดับน้ำในดินเป็นอุปกรณ์วัดระดับน้ำโดยอาศัยหลักการที่น้ำไหลซึมลงดินในระยะความยาวรากพืชมาวัดความเร็วในการซึมของน้ำและการอิ่มตัวของน้ำ ภายในบริเวณพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งอุปกรณ์ตรวจวัดใช้วิธีการไบแอสทรานซิสเตอร์และใช้ไอซี Shift Resister เพื่ออ่านสัญญาณไฟฟ้า เมื่อมีกระแสวิ่งผ่านน้ำไปยัง Input Pin ของไอซี

การทำงานของวงจรดังรูปที่ 2 จะใช้ Shift register รับข้อมูลแบบขนาน แล้วให้สัญญาณออกมาเป็นแบบอนุกรม (Parallel input/ Serial output) โดยใช้ IC CD4021BE จำนวน 2 ตัวดังรูปที่ 2 Output จาก IC CD4021BE ทางฝั่งขวาที่ขา Parallel Input (P1,P2) ต่ออยู่กับทรานซิสเตอร์วัดระดับน้ำระดับที่ 9 และ 10 จะส่งไปเป็น Input ให้ IC ทางฝั่งซ้ายที่ขา Parallel Input (P1,P2,…,P8) ต่ออยู่กับทรานซิสเตอร์วัดระดับน้ำระดับที่ 1 ถึง 8 ภายใน IC จะประกอบไปด้วย flip-flop เมื่อส่ง clock ไป 1 ครั้ง data ที่ flip-flop จะส่งไปยังตัวถัดไป ถ้าส่ง clock ไป 8 ครั้งก็จะได้ data จาก 8 Input การเรียกข้อมูลระดับน้ำจะทำการเก็บข้อมูล 2 ชุด แต่ละชุดเก็บข้อมูล 1 Byte คือ 8 Bit โดยชุดแรกจะเก็บข้อมูลทั้ง 8 Bit สำหรับระดับน้ำ 8 ระดับ และชุดที่สอง 6 Bit แรกจากทางซ้ายจะมีค่าเป็น 0 และ 2 Bit สุดท้ายทางขวาจะเก็บค่าระดับน้ำระดับที่ 9 และ 10 สำหรับการเก็บข้อมูลแต่ละชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่ง Clock จำนวน 8 ครั้งเพื่อจะเก็บข้อมูลระดับน้ำให้ครบทั้ง 8 ระดับใส่ในข้อมูล 1 Byte โดยการวัดแต่ละระดับจะเลื่อนข้อมูลไปทีละ 1 Bit แล้วนำข้อมูลทั้ง 2 ชุดมาแปลงค่าจาก 8 Bit เป็นจำนวนเต็มแล้วบวกกัน



รูปที่ 3 แท่งตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าสำหรับวัดระดับน้ำและท่อวัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 วงจรสำหรับควบคุมเปิดปิดรีเลย์สำหรับ Solenoid Valve

2.1.3 แท่งตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าสำหรับวัดระดับน้ำ

การตรวจวัดระดับน้ำด้วยแท่งตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าดังรูปที่ 3 ได้ทำการเชื่อมต่อสายไฟจากแผ่นวงจรวัดระดับน้ำไปยังแต่ละจุดบนแท่งวัดระดับ โดยเส้นวงจรด้านนอกสุดคือ Ground (GND) สำหรับระดับที่ 1 จะอยู่ด้านล่างในดินส่วนที่ลึกที่สุดไล่ระดับขึ้นมาเรื่อยๆ โดยเว้นระยะห่าง 1 นิ้วเป็นช่องว่างระหว่างแต่ละระดับ และเหนือจากระดับที่ 10 ขึ้นไปอีก 1 นิ้ว คือระดับพื้นผิวดินของแปลงเพาะปลูก จากนั้นนำแท่งวัดไปบรรจุลงในท่อวัดระดับที่เจาะรูระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ระหว่างระดับที่ 1 - 10 โดยเจาะเป็นแนวเส้นตรงรอบท่อจำนวน 3 แนวเส้น แต่ละแนวเส้นห่างกัน 6 เซนติเมตร

ระบบฟาร์มอัจฉริยะจะทำการตรวจวัดปริมาณน้ำอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่เกิดฝนตกหรือภายหลังจากทำการรดน้ำ เซนเซอร์วัดระดับน้ำในดินจะตรวจพบสัญญาณจากแท่งตรวจจับสัญญาณไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในท่อวัดแล้วจึงส่งผลตรวจวัดที่ได้ไปยังอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นข้อมูลปริมาณน้ำจะถูกนำไปจัดเก็บและประมวลผลเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการรดน้ำในครั้งต่อไป

2.1.4 วงจรสำหรับควบคุมเปิดปิดรีเลย์สำหรับ Solenoid Valve

รูปที่ 4 แสดงวงจรขับรีเลย์ควบคุมการเปิดปิดด้วยทรานซิสเตอร์และใช้ไดโอดต่อคร่อมรีเลย์เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสียหายจากกระแสไฟฟ้าที่พยายามไหลผ่านเมื่อรีเลย์ตัดการทำงาน การเปิดวาล์วน้ำของ Solenoid Valve จะใช้วิธีการส่งสัญญาณไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage) จาก Arduino ผ่านตัวต้านทาน (Resistor) ไปยังทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะครบวงจร กระแสจะสามารถไหลผ่านรีเลย์แล้วสวิตช์รีเลย์จะสลับจากตำแหน่ง NO ไปยัง NC และจ่ายกระแสไฟให้ Solenoid Valve ทำงาน

รูปที่ 5 Solenoid Valve 12 Vdc 2 W สำหรับท่อ ½ นิ้ว

รูปที่ 6 วงจรสำเร็จรูปสำหรับการประจุแบตเตอรี่

2.1.5 อุปกรณ์ควบคุมการเปิดและปิดน้ำด้วย Solenoid Valve

การควบคุมระบบเปิดและปิดน้ำโดยใช้รีเลย์ควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับ Solenoid Valve ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 Vdc เมื่อโหนดเซนเซอร์ได้รับข้อมูลคำสั่งให้เปิดหรือปิดน้ำ โหนดเซนเซอร์จะทำการควบคุมการทำงานของ Relay เพื่อที่จะตัดไฟหรือจ่ายไฟให้ Solenoid Valve ขนาด 2 W ที่เชื่อมต่ออยู่กับท่อส่งน้ำประปาขนาด ½ นิ้ว สำหรับเปิดหรือปิดการส่งน้ำดังแสดงในรูปที่ 5

2.1.6 อุปกรณ์สำหรับการประจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่โดยใช้วงจรลดแรงดัน DC Step-Down ที่สามารถปรับตั้งแรงดันขาออกได้ (Constant Voltage) และเป็นวงจรควบคุมกระแสให้คงที่ (Constants Current) พร้อมแสดงสถานะชาร์จ สามารถตั้งกระแสชาร์จสูงสุดที่ 5 A ดังรูปที่ 6 โดยวงจรควบคุมกระแสมีคุณสมบัติของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- รับแรงดันไฟ INPUT ได้ตั้งแต่ 4.5 - 30 Vdc
- ปรับแรงดัน OUTPUT ได้ตั้งแต่ 0.8 - 30 Vdc
- ปรับตั้งกระแสได้ตั้งแต่ 100 mA - 5 A

การทำงานแบบ Floating Charge โดยวงจรจะปรับกระแสให้คงที่ขณะทำการประจุแบตเตอรี่ (CC: Constant Current) โดยไม่สนใจ Volt ตกคร่อม จนกว่ากระแสจะลดลงต่ำกว่าค่ากระแสที่ตั้งไว้ วงจรจะทำหน้าที่คงแรงดันตามที่ตั้งค่าไว้ให้คงที่ (CV: Constant Voltage) จากนั้น LED จะเปลี่ยนสีจากสีแดง (กำลังประจุแบตเตอรี่) ให้เป็นสีเขียว (พลังงานแบตเตอรี่เต็ม)

2.1.7 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า Buck-Boost Converter

วงจร Buck-Boost Converter ดังรูปที่ 7 ทำหน้าที่รักษาแรงดันที่จ่ายโหลดให้มีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าแรงดันที่ป้อนให้วงจร Buck-Boost Converter จะมีค่าเปลี่ยนแปลงก็ตาม หากแรงดัน Input น้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้วงจรจะทำการทบแรงดันด้วยการชดเชยกระแส และหากแรงดัน Input มากกว่าค่าที่ตั้งไว้วงจรจะทำการลดทอนแรงดัน สามารถรับแรงดัน Input ได้ 3-35 Vdc และแปลงแรงดัน Output ได้ระหว่าง 1.25-30 Vdc จ่ายกระแสต่อเนื่องได้ 2 A พลังงานขาออกจ่ายพลังงานได้สูงสุด 20 W

รูปที่ 7 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า DC Buck-Boost Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8 แบตเตอรี่แห้ง Sealed lead acid battery ขนาด 12 Vdc 12 Ah

2.1.8 แบตเตอรี่สำหรับจัดเก็บพลังงาน

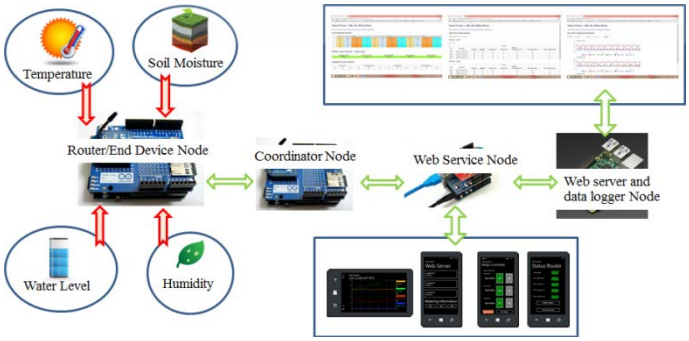
การทดลองระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและระบบการให้น้ำผักเลือกใช้แบตเตอรี่สำหรับการกักเก็บพลังงานขนาด 12 Vdc 12 Ah ดังรูปที่ 8 เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยมีปริมาณแรงดันไฟฟ้า 12 Vdc ให้แก่ Solenoid Valve โดยตรงและอีกทางหนึ่งก็จะลดปริมาณแรงดันลงเหลือ 5 Vdc แล้วจึงจ่ายพลังงานให้แก่อุปกรณ์อื่นๆในเครือข่ายโดยผ่านวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าเสียก่อน ทั้งนี้ได้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดแบตเตอรี่แห้งเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการบำรุงรักษา

2.1.9 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดลองระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและระบบการให้น้ำผักเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 30 W ดังรูปที่ 10 เพื่อให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากเพียงพอต่อการใช้งานแม้ในสภาพแสงน้อยที่อาจจะพบได้ในช่วงฤดูฝน

2.2 การรับส่งและจัดเก็บข้อมูล

การรับส่งข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลทำงานบนพื้นฐานของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยการติดตั้งโหนดปลายทาง (End Device Nodes) ไว้ยังพื้นที่ทดลองเพื่อตรวจวัดและควบคุมอุปกรณ์ภายในแปลงทดลอง เมื่อโหนดปลายทางตรวจวัดค่าเสร็จสิ้นแล้วจะจัดส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายผ่านโหนดควบคุม (Coordinator node) ไปยังโหนดปลายทางสำหรับการจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม (Web Server Node และ Web Service Node) โดยมีเส้นทางรับส่งข้อมูลดังรูปที่ 9 แสดงเส้นทางการรับส่งข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลสภาพแวดล้อม



รูปที่ 9 เส้นทางการรับส่งข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลสภาพแวดล้อม

รูปที่ 10 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 30 W

การรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายมีการกำหนดรูปแบบการจัดส่งข้อมูลเป็นระบบข้อความแสดงความหมายของข้อมูลขึ้นต้นและลงท้ายด้วยตัวเลขที่ระบุค่าสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ทดลอง

3. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพความชื้นดินและปริมาณน้ำใต้ดินในพื้นที่แปลงเพาะปลูกได้ทำการออกแบบการทดลองกับดิน 3 ชนิดบนแปลงเพาะปลูกจำนวนทั้งสิ้น 3 แปลง ได้แก่ แปลงที่ 1 บรรจุดินร่วน แปลงที่ 2 บรรจุดินทราย และแปลงที่ 3 บรรจุดินเหนียว แต่ละแปลงเพาะปลูกมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 40 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 0 – 35 เซนติเมตร บรรจุดินแยกชนิดสำหรับแต่ละแปลงทดลอง และที่ระดับความสูง 35 – 40 เซนติเมตรบรรจุวัสดุสำหรับการเพาะปลูกพืชจำพวกแกลบเผาและกากมะพร้าวผสมดินเพาะปลูกชนิดบรรจุถุง โดยกำหนดให้แต่ละวันมีการรดน้ำจำนวน 2 ครั้ง

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดปริมาณน้ำใต้ดิน

การตรวจวัดระดับน้ำในช่วงเวลาเช้าและเย็นทดสอบหลังจากทำการรดน้ำพืชเสร็จสิ้น โดยในช่วงเช้าจะเริ่มรดน้ำเวลา 6:00 น. และช่วงเย็นเวลา 17:00 น. อุปกรณ์ตรวจวัดจะเริ่มนับจากช่วงเวลาหลังการหยุดรดน้ำไปจนกระทั่งปริมาณน้ำระดับต่ำสุด ทั้งนี้ปริมาณการรดน้ำในแต่ละครั้งมีปริมาณที่ต่างกัน จึงต้องหาระยะเวลาที่น้ำซึมออกจากท่อวัดจากระยะห่างของระดับสูงสุดของท่อวัด (level 11) กับระดับสูงสุดที่ทำการรดน้ำ (Max Level) คำนวณกับเวลาที่น้ำซึมออกจากท่อวัดจนหมด

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการนับเวลาที่น้ำอยู่ในระดับรากพืชหลังจากรดน้ำตอนเช้า

แปลงเพาะปลูก	เวลาเริ่มรดน้ำ	ระดับน้ำ				ระยะเวลาการซึม (Time:นาที)	เวลารวมคิดจาก (11-Max) × Time
		สูงสุด (Max)	เมื่อเวลา	ต่ำสุด (Min)	เมื่อเวลา		
แปลงที่ 1	6.00	6	6.01	0	6.01	0.2 (12 วินาที)	1
แปลงที่ 2	6.00	9	6.01	1	6.07	6	12
แปลงที่ 3	6.01	3	6.02	1	6.04	2	16

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการนับเวลาที่น้ำอยู่ในระดับรากพืชหลังจากรดน้ำตอนเย็น

แปลงเพาะปลูก	เวลาเริ่มรดน้ำ	ระดับน้ำ				ระยะเวลาการซึม (Time:นาที)	เวลารวมคิดจาก (11-Max) × Time
		สูงสุด (Max)	เมื่อเวลา	ต่ำสุด (Min)	เมื่อเวลา		
แปลงที่ 1	17.00	4	17.01	0	17.01	0.43 (26 วินาที)	3
แปลงที่ 2	17.00	8	17.01	1	17.08	7	21
แปลงที่ 3	17.01	7	17.02	1	17.07	5	20

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจวัดปริมาณความชื้นในดิน

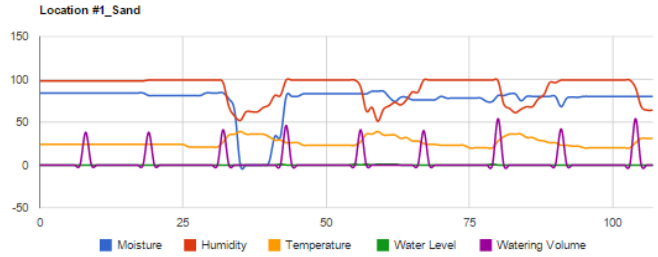
การวัดความชื้นดินจะมีการตรวจสอบระดับความชื้นอยู่ตลอดเวลา เมื่อค่าความชื้นดินที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบจะทำการบันทึกค่าทันทีเพื่อนำไปประมวลผลในการกำหนดปริมาณการรดน้ำและรายงานข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพความชื้นดิน ปริมาณน้ำใต้ดิน อุณหภูมิและความชื้นในอากาศผ่านทางเว็บไซต์ดังรูปที่ 11 – 13 แสดงกราฟรายงานข้อมูลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในพื้นที่เพาะปลูกแปลงดินทราย, ดินร่วน และดินเหนียวบนฐานข้อมูล

3.3 การรายงานสภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

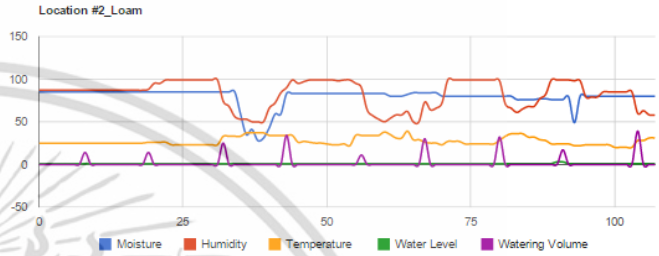
การรับส่งข้อมูลและการควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตบน Smart Phone ทำการทดสอบบนอุปกรณ์โทรศัพท์ Nokia Lumia ซึ่งเป็น Windows Phone ที่รองรับการใช้งานบนเครือข่าย 3G ทำการทดลองโดยเรียกดูข้อมูลรายงานสภาพแปลงเพาะปลูกผ่าน Application บน Smart Phone ดังรูปที่ 14 แสดงภาพการทำงานของ Application ที่ทำการส่งข้อมูลคำสั่งควบคุมอุปกรณ์รดน้ำและเรียกดูรายงานสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่แปลงเพาะปลูก ผลการควบคุมอุปกรณ์โดยสั่งงานไปยังโหนดปลายทาง (Web Service Node) สามารถควบคุมการรดน้ำได้เพียงพอต่อการรดน้ำผักในแต่ละวัน ดังนำเสนอใน [10]

ตารางที่ 3 ระดับความชื้นที่วัดได้จากแปลงทดลอง

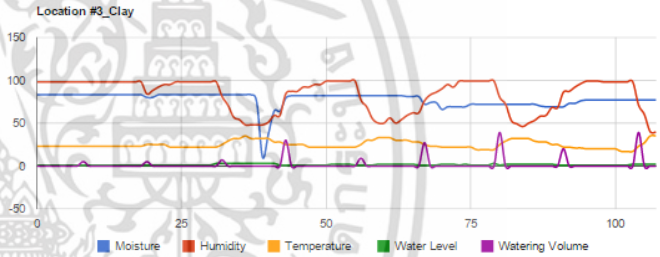
วันที่	เวลา	ความชื้นดิน (0 - 100 %)		
		แปลงดินทราย	แปลงดินร่วน	แปลงดินเหนียว
1	เช้า	84	85	83
1	เย็น	33	59	64
2	เช้า	83	83	82
2	เย็น	76	84	81
3	เช้า	74	80	72
3	เย็น	80	76	69
4	เช้า	80	80	77
4	เย็น	80	80	77
5	เช้า	80	83	77
5	เย็น	80	83	77



รูปที่ 11 กราฟรายงานสภาพพื้นที่เพาะปลูกแปลงดินทราย



รูปที่ 12 กราฟรายงานสภาพพื้นที่เพาะปลูกแปลงดินร่วน



รูปที่ 13 กราฟรายงานสภาพพื้นที่เพาะปลูกแปลงดินเหนียว

รูปที่ 14 Application บน Smart Phone [10]

4. สรุป

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสามารถตรวจวัดข้อมูลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ เซนเซอร์และอุปกรณ์ภายในเครือข่ายตรวจวัดสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนการรับส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมและข้อมูลคำสั่งจากโทรศัพท์มือถือ Smart Phone สามารถควบคุมอุปกรณ์การรดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะปลูกที่อาศัยข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดเพียงสภาพดิน อุณหภูมิ และความชื้น ทำให้ได้ข้อสรุปสำหรับตัดสินใจที่ยังไม่รอบคอบเท่าที่ควร ทั้งนี้ข้อผิดพลาดดังกล่าวมีความเกี่ยวพันกับหลายปัจจัยเช่น ลักษณะของต้นพืช ปริมาณปุ๋ย ศัตรูพืชและลักษณะของแปลงเพาะปลูก หากเกษตรกรไม่หมั่นตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชอย่างสม่ำเสมอ อาจทำให้ได้ผลผลิตไม่เต็มที่

เอกสารอ้างอิง

[1] V. Romanov, D. Artemenko, I. Galelyuka, O. Kovyrova, Y. Sarakhan, V. Fedak, "Computer devices for precision agriculture," Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2011 IEEE 6th International Conference on., Prague., 2011, pp. 26-29.

[2] Qiang Wang, A. Terzis, A. Szalay, "A novel soil measuring wireless sensor network," Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2010 IEEE., Austin., TX, 2010, pp. 412-415.

[3] R.G. Vishwakarma, V. Choudhary, "Wireless solution for irrigation in agriculture," Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies (ICSCCN), 2011 International Conference on., Thuckafay., 2011, pp. 61-63.

[4] I. Plotog, G. Varzaru, B. Mihailescu, "Device for multiple environment parameters measurements for agriculture use," Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), 2014 IEEE 20th International Symposium for., Bucharest., 2014, pp. 207-210.

[5] M.A. Fourati, W. Chebbi, A. Kamoun, "Development of a web-based weather station for irrigation scheduling," Information Science and Technology (CIST), 2014 Third IEEE International Colloquium in., Tetouan., 2014, pp. 37-42

[6] S. Sulaiman, A. Manut, A.R. Nur Firdaus, "Design, Fabrication and Testing of Fringing Electric Field Soil Moisture Sensor for Wireless Precision Agriculture Applications," Information and Multimedia Technology, 2009. ICIMT '09. International Conference on., Jeju Island, Korea (South)., 2009, pp. 513-516.

[7] J.A.G. Gnecchi, L.F. Tirado, G.M.C. Campos, R.D. Ramirez, C.F.E. Gordillo, "Design of a Soil Moisture Sensor with Temperature Compensation Using a Backpropagation Neural Network," Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, 2008. CERMA '08., Morelos., 2008, pp. 553-558.

[8] Yandong Zhao, "Study on soil water content real-time measuring method and sensor structure," Industrial Electronics and Applications, 2009. ICIEA 2009. 4th IEEE Conference on., Xi'an., 2009, pp. 3815-3818.

[9] N. Codreanu, G. Varzaru, C. Ionescu, "Solar powered wireless multi-sensor device for an irrigation system," Electronics Technology (ISSE), Proceedings of the 2014 37th International Spring Seminar on., Dresden., 2014, pp. 442-447.

[10] Kaewmard, N.; Saiyod, S., "Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm," Wireless Sensors (ICWiSE), 2014 IEEE Conference on , pp.106,112, 26-28 Oct. 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ สำหรับหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs)

Raspberry Pi firewall for Small and Medium Enterprise (SMEs)

นพดล จินตสุนทรอุไร[1], ตรีรัตน เมตต์การุณจิต[2]
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250 โทร 0-2763-2644
[1] ji.noppadol_st@tni.ac.th
[2] triratana@tni.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำบอร์ด ราสพ์เบอรี พาย (raspberry pi : RPi) ที่เป็นบอร์ดสมองกลฝังตัว (embedded board) ชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ประยุกต์การใช้งานเป็นอุปกรณ์ไฟร์วอลล์ (Firewall) ที่ได้เปรียบเทียบราสเบอรี พายไฟร์วอลล์กับ บอร์ดสมองกลฝังตัวอื่นๆ ที่ใช้เป็นไฟร์วอลล์ และ ไฟล์วอล์ของเราท์เตอร์ขนาดกลาง ซึ่งผลออกมานั้น เห็นได้ว่า ราสพ์เบอรี พายนั้น เมื่อเทียบกับ คิวบี้บอร์ด ประสิทธิภาพการทำงาน ในแง่ของทรูพุต(throughput) กับจำนวนกฎของไฟร์วอลล์นั้น คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์ สามารถทำงานได้ดีกว่า ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอล์ แต่ก็ไม่แตกต่างกันมาก นอกจากนี้ราสพ์เบอร์รี่พายไฟร์วอลล์ มีความสามารถเทียบเคียงกับไฟล์วอลล์ของเราท์เตอร์ขนาดกลางในแง่ของการตั้งกฎของไฟร์วอลล์ รวมถึงการตรวจจับและป้องกันภัยคุกคาม โดยจุดเด่นของบอร์ดราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ คือมีราคาถูกว่าเราเตอร์ขนาดกลางมาก ที่เป็นทางเลือกสำหรับธุรกิจขนาดกลางและเล็กที่จะนำไปใช้งานได้

คำสำคัญ : ราสพ์เบอรี พาย , ไฟร์วอลล์ , ความปลอดภัยของอินเทอร์เนต , หน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

1.บทนำ

การใช้งานอินเทอร์เนตในปัจจุบันนี้ มีหลากหลายรูปแบบด้วยกันทั้ง เข้าเพื่อไปหาข้อมูล อ่านข่าวสาร หรือเพื่อทำการ ดาวน์โหลด ข้อมูลเพื่อใช้ในการทำธุรกรรมต่าง ๆ ในการเข้าใช้งานดังกล่าวอาจจะมีภัยคุกคามทางอินเทอร์เนตต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น [1] การใส่คำสั่งข้อมูลผ่าน SQL (SQL injection) การเปิดช่องโหว่ของการยืนยันตัวตน (Broken Authentication) การปลอมแปลงหน้าเว็บเพจ (cross site scripting : XSS) จากการสำรวจข้อมูลทางสถิติของ Internet Security Threat Report ประจำปี 2014 [2] จำนวนการปิดกั้นเว็บไซต์ที่อันตรายนั้น มีจำนวนมากกว่าปีที่แล้วถึง 23% และ อัตราของการโจมตีของหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เมื่อเทียบกับปีที่แล้ว มีสัดส่วนที่มากขึ้นจากเดิมถึง 11 % จะเห็นได้ว่าอันตรายของภัยคุกคามทางอินเตอร์เน็ตต่อหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็กนั้นมีมากยิ่งขึ้น และเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

มาตรการความปลอดภัยของอินเทอร์เนตในหน่วยงานธุรกิจต่าง ๆมีความแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของธุรกิจและลักษณะงานของธุรกิจนั้น ๆ ด้วย สำหร้องค์กรขนาดใหญ่ทั่วไป มีการป้องกันภัยคุกคามทางอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพที่ดี โดยการลงทุนกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ไฟร์วอลล์ ระบบการป้องกันการบุกรุก (intrusion prevention systems : IPS) แอพพลิเคชั่นเกทเวย์ (application gateway) เป็นต้น โดยอุปกรณ์ดังกล่าวนั้น มีราคาค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับ ลักษณะของรายได้ของหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเฉพาะธุรกิจขนาดเล็กจะไม่ลงทุนในส่วนนี้ อีกทั้งต้องเพิ่มบุคลากรในการจัดการอุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งค่อนข้างซับซ้อน และเป็นการสิ้นเปลืองจนเกินไป

บทความนี้จะให้เห็นถึงทางเลือกหนึ่งของน่วยงานขนาดกลางและขนาดเล็ก ที่สามารถใช้ไฟร์วอลล์ ในราคาถูกได้ โดยการประยุกต์ใช้ บอร์ดสมองกลฝังตัว ที่มีราคาถูก เช่น ราสพ์เบอรี พาย มาใช้เป็น ไฟร์วอลล์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในการป้องกันภัยคุกคามในอินเทอร์เนตให้กับหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ให้สามารถเลือกซื้ออุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยของอินเทอร์เนต ในราคาย่อมเยาว์ และมีประสิทธิภาพที่เทียบเคียงกับ ไฟร์วอลล์ในระดับองค์กร โดยส่วนแรกจะกล่าวถึงการแนะนำอุปกรณ์ ราสพ์เบอรี พาย ในปัจจุบันนี้ว่ามีอะไรบ้าง และในส่วนที่สอง จะนำราสพ์เบอรี พาย ดังกล่าวนั้นนำมาเปรียบเทียบกับ ไฟร์วอลล์ ในระดับองค์กรที่มีใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน เพื่อหาความแตกต่างในด้านต่างๆเช่น ประสิทธิภาพในการทำงาน ความเร็วในการป้องกัน และความสามารถในการรองรับข้อมูล

2.ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ (RPi Firewall)

ราฟเบอรี พาย (raspberry pi : RPi) [3] เป็นบอร์ดระบบฝังตัว ที่มีลักษณะคล้ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีขนาดเท่ากับบัตรเครดิต ซึ่งพัฒนาจาก มหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ เมื่อปี 2012 โดยราคาอยู่ที่ประมาณ 35 เหรียญสหรัฐ โดยบอร์ด ราสพ์เบอรี พาย นั้น ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลสถาปัตยกรรมแบบอาร์ม (advance RISC machine : ARM) และมีหน่วยประมวลผลภาพ 3 มิติ สำหรับการฉายภาพวีดีโอ ขนาดความละเอียดสูง มีหน่วยความจำชั่วคราว (random access memory : RAM) ที่แตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ซึ่งจะกล่าวต่อไป และสามารถเพิ่มหน่วยความจำโดยใช้ เอสดีการ์ด(SD card) ได้ พอร์ทการเชื่อมต่อประกอบด้วย เฮชดีเอ็มไอ(HDMI) ยูเอสบี(USB) และ พอร์ต อีเทอร์เนต(ethernet) ซึ่งมีความนิยมอย่างมากในหน่วยอุตสาหกรรมระบบโครงข่ายอัจฉริยะ โดยที่ ราสพ์เบอรี พาย นั้นทำงานด้วยระบบ ลีนุกซ์ ซึ่งก็หมายความว่า สามารถใช้ติดตั้งโปรแกรม ทำเป็นเว็บเซิฟเวอร์ หรือจะเป็นหน่วยควบคุมอื่นๆได้ โดยที่ระบบปฏิบัติการนั้นจะเก็บไว้ในเอสดีการ์ด (SD card) เมื่อทำการติดตั้งเสร็จเรียร้อย ทุกหน่วยประมวลผลของ ราสพ์เบอรี พาย ก็จะเริ่มทำงานทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 คุณสมบัติของ ราสพ์เบอรี พาย โมเดล บี (raspberry pi model B) [4]

เป็นรุ่นของบอร์ดที่ได้รับความนิยมและใช้กันมากที่สุดในขนาดนี้ ซึ่งในรุ่นนี้ได้รับการพัฒนาจากรุ่น เอ และมีส่วนที่สำคัญดังต่อไปนี้

- หน่วยประมลผล ARM 700 MHz แกนเดียว
- RAM 512 MB
- พอร์ทยูเอสบี 2 ช่อง
- พอร์ทอีเทอร์เนต 100 Mb ใช่สำหรับเสียบสายแลน
- กำลังส่งไฟฟ้าอยู่ที่ 700 mA

2.2 คุณสมบัติของ ราสพ์เบอรี พาย 2 (raspberry pi 2) [4]

เป็นรุ่นของบอร์ดที่พัฒนาจากโมเดล บี พลัส ในปัจจุบัน ซึ่งในรุ่นนี้นั้น มีคุณสมบัติหลักเหมือนกับ โมเดล บี พลัส เหมือนกันทั้งหมด แต่จะพัฒนาเรื่องของประสิทธิภาพการทำงาน รวมถึงเพิ่ม ความหลากหลายเพื่อรองรับเทคโนโลยีในอนาคต เช่น รองรับการทำงานกับ วินโดวส์ 10 และลักษณะที่ใช้กับกราฟฟิคระดับสูง เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของคุณสมบัติมีดังนี้

- หน่วยประมลผล ARM Cortex-v7 900 MHz 4 แกน
- RAM 1 GB LPDR2 SDRAM หน่วยความจำ 2 ตัว
- พอร์ทยูเอสบี 4 ช่อง
- พอร์ทอีเทอร์เนต 100 Mb ใช่สำหรับเสียบสายแลน
- กำลังส่งไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 1000 mA

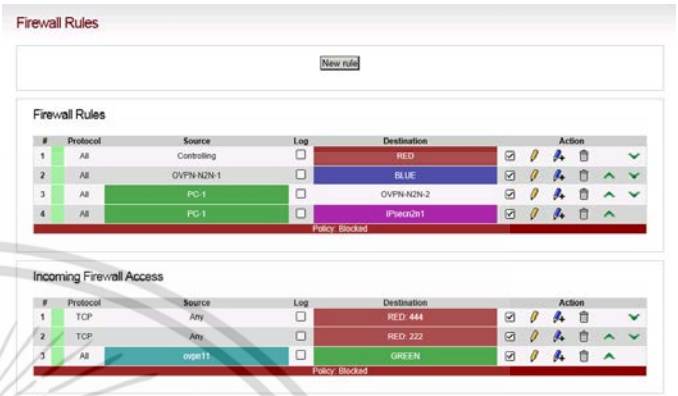
2.3 ซอฟต์แวร์ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์

2.3.1 ซอฟต์แวร์ IPFire [5]

IPFire เป็นซอฟต์แวร์ที่ออกแบบเพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านเครือข่าย ซึ่งใช้ได้ตั้งแต่ในระดับองค์กรธุรกิจขนาดเล็ก จนถึง ธุรกิจขนาดใหญ่ ซึ่งซอฟต์แวร์ดังกล่าวนี้มีลักษณะการทำงานที่ง่าย และมีหน้าจอการทำงานในส่วนของผู้ใช้งานค่อนข้างสะดวกต่อการใช้งาน โดยใน คุณสมบัติการทำงานในด้านไฟร์วอลล์ จะอ้างอิงจากการทำงานของ การตรวจสอบแพ็คเก็จแบบสถานะสัมพันธ์ (serial peripheral interface : SPI) ซึ่งจะสร้าการทำงานบนเฟรมเวิรค์ ที่ชื่อว่า เนตฟิลเตอร์ (netfilter) โดยลักษณะการทำงานของส่วนนี้จะแจ้งเตือนการทำงานถึง 4 ระดับด้วยกัน ซึ่งเปรียบได้ถึง 4 ระดับของความปลอดภัย

สีเขียว แสดงถึง ระดับปลอดภัย (safe area)
สีแดง แสดงถึง ระดับอันตราย (danger area)
สีน้ำเงิน แสดงถึง ระดับของพื้นที่ไร้สาย หมายความว่า เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายภายใน (wireless network)
สีส้ม แสดงถึง เขตของการควบคุมของไฟร์วอลล์ (demilitarized zone : DMZ)

ซึ่งในระดับที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะเอาไปใช้ในการตั้งกฎไฟร์วอลล์ (firewall rules) ที่สามารถกำหนดให้อุปกรณ์ดังกล่าวนั้นสามารถจัดการกับ IP ที่เข้าข่ายอันตรายได้ อย่างเช่นการลบทิ้ง หรือปิดกั้นไม่ให้ผ่าน เป็นต้น หน้าจอการทำงานของการตั้งกฎไฟร์วอลล์ เป็นไปตามรูปที่ 1



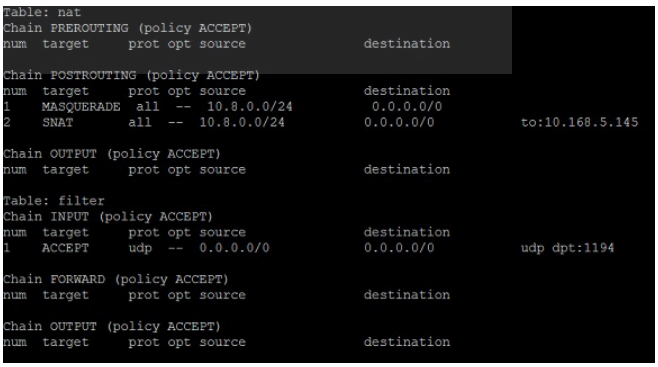
รูปที่ 1 หน้าจอการทำงานของการตั้งกฎ ไฟร์วอลล์ของ IPFire [5]

2.3.2 ซอฟต์แวร์ Utangle Firewall [6]

เป็นซอฟต์แวร์ที่รวมอยู่ในตัวอุปกรณ์เซิฟเวอร์ของ Utangle ซึ่งสามารถดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ตัวแยกออกมาเพื่อทำแยกออกมาต่างหากได้ ซึ่งคุณสมบัติการทำงานนั้น สามารถกำหนดกฎของไฟร์วอลล์เพิ่มปิดกั้นไม่ให้ไอพีแอดเดรส ที่ไม่พึงประสงค์สามารถเข้ามาในเครือข่ายได้ และสามารถสร้าง DMZ เพื่อทำการป้องกันกฎที่เพิ่มออกมาได้ ซึ่งสามารถดาวน์โหลดผ่านเว็บไซต์ได้

2.3.3 ซอฟต์แวร์ IPTable [7]

IPTable เป็น ซอฟต์แวร์ไฟร์วอลล์ของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ที่สามารถสร้างกฎของไฟร์วอลล์ ได้ โดยใช้เวลาการตอบสนองรวดเร็ว ซึ่งคุณสมบัติการทำงานนั้น ซอฟต์แวร์ดังกล่าวสามารถสร้างกฎไฟร์วอลล์ได้ จัดการการจราจรของข้อมูลที่เข้ามาได้ และสามารถจัดการ ไอพีแอดเดรส ต่างๆได้ เช่น การจัดการไอพี โปรโตคอล พอร์ท เป็นต้น ซึ่งหน้าจอการทำงานนั้นเป็นไปตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 หน้าจอการทำงานของการตั้งกฎไฟร์วอลล์ของ IPTable [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

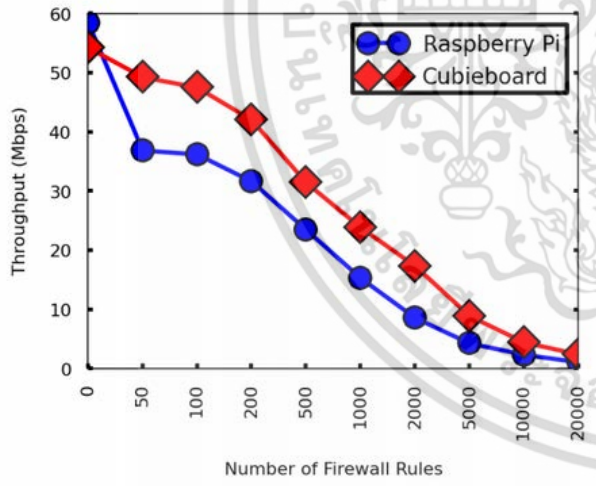
3.ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ กับ ไฟร์วอลล์ตัวอื่น ๆ

3.1 ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ กับ บอร์ดสมองกลฝังตัวอื่น ๆ

งานวิจัยของ Zubair Nabi [9] ที่นำเสนอเรื่อง A $35 Firewall for the Developing World ได้สรุปใจความเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ บอร์ด ราสพ์เบอรี พาย ที่ประยุกต์การใช้งานในด้านของอุปกรณ์ไฟร์วอลล์ เทียบกับ บอร์ดระบบฝังตัวชนิดอื่น ๆ ซึ่งในงานวิจัยเทียบกับ คิวบี้บอร์ด (cubieboard) โดยที่งานวิจัยนี้จะวัดความสามารถในด้านต่างๆของการทำงานของไฟร์วอลล์ อย่างเช่น การตั้งกฎไฟร์วอลล์ ประสิทธิภาพในการทำงาน รวมถึง องค์ประกอบในด้านอื่นๆ อย่างเช่นการแปลงที่อยู่ของเครือข่าย (network address translation : NAT) หรือการ ดูข้อมูลที่เข้ามา เป็นต้น ซึ่งจะอธิบายเป็นส่วน ๆ ดังนี้

3.1.1 ความสามารถในการสร้างกฎไฟร์วอลล์

ความสามารถในการสร้าง กฎไฟร์วอลล์ ของ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ มีปริมาณข้อมูลอยู่ที่ 58 Mbps แตกต่างจาก คิวบี้บอร์ดไฟร์-วอลล์ (cubieboard firewall) ที่ทำงานอยู่ที่ 54Mbps และเมื่อทำการเพิ่มจำนวนกฎเพิ่มขึ้น จำนวนทรูพุท (throughtput) คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์ จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ ซึ่งลักษณะความสามารถจะเป็นไปตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพของการสร้างกฎของไฟร์วอลล์ ระหว่าง ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ มาเทียบกับ คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์ [9]

3.1.2 คุณสมบัติและความสามารถของการทำงานทั่วไป

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวคุณสมบัติภายในของ ระหว่าง ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ มาเทียบกับ คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์ โดยที่ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ ทำงานด้วยหน่วยประมวลผล สถาปัตยกรรม ARM ความเร็ว 700MHz เก็บข้อมูลด้วย มัลติมีเดียการ์ด (multimedia card : MMC) ภายนอก หรือผ่าน เอสดีการ์ด(SD card) ซึ่งมีอินเตอร์เฟสการใช้งาน พอร์ทเอนกประสงค์ (general-purpose input/output : GPIO) และ พอร์ทสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (universal asynchronous reciever/transmitter : UART) รวมอยู่ในซอฟต์แวร์ด้วย ซึ่งเป็นที่นิยมมากในการพัฒนาอุปกรณ์ด้วยระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

ส่วน คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์ ทำงานด้วยสถาปัตยกรรม ARM เช่นเดียวกับ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ ความเร็ว 1 GHz และเก็บข้อมูลด้วยหน่วยจัดเก็บภายในขนาด 4 GB NAND Flash และสามารถเพิ่มหน่วยความจำผ่าน เอสดีการ์ด (SD card) ได้ และอินเตอร์เฟสการใช้งานเพิ่มเติม อย่างเช่น ช่องเสียบยูเอสบี , ช่องการสื่อสารแบบอนุกรมแบบซิงโครนัส (inter-integrated circuit : I2C) , พอร์ทสถานะสัมพันธ์ (serial peripheral interface : SPI) และพอร์ทช่องแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่าง (low-voltage differential signaling : LVDS)

ในตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ มาเทียบกับ คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติการใช้งานระหว่าง ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ กับ คิวบี้บอร์ด ไฟร์วอลล์ [9]

คุณสมบัติ	Raspberry Pi	Cubieboard
หน่วยประมวลผล(MHz)	700	1000
GPU	24	7.2
ความจำ	512	1024
Ethernet	10/100	10/100
ราคา ($)	35	59

3.2 ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ กับ เราท์เตอร์ในระดับกลางในแง่ไฟร์วอลล์

โดยในที่นี้จะใช้ เราท์เตอร์ยี่ห้อ Cisco 1900 series มาเป็นตัวแทนของเราท์เตอร์ในระดับกลางเพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านคุณสมบัติ และความสามารถในการทำงานของไฟร์วอลล์

3.2.1 การเปรียบเทียบในแง่ของไฟร์วอลล์

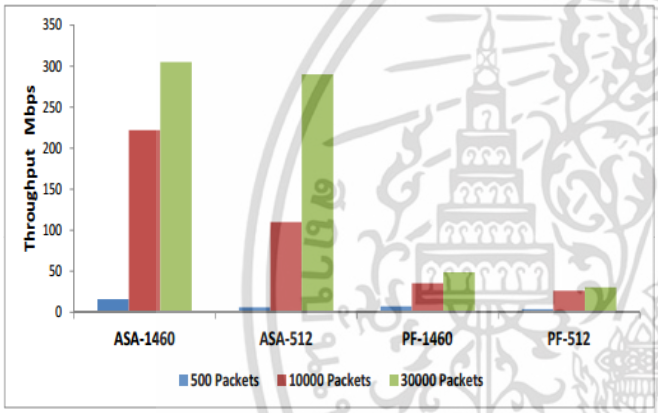
ในเราท์เตอร์ดังกล่าวนั้นการที่จะสามารถมีคุณสมบัติในการป้องกันความปลอดภัยของอินเตอร์เน็ตได้ จะต้องทำการลงซอฟต์แวร์เพิ่มเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของเราท์เตอร์ ซึ่ง ซอฟต์แวร์นั้นมีชื่อว่า Cisco IOS Firewall [10] ซึ่งคุณสมบัติในการทำงานมีดังนี้

- ตรวจสอบแพ็คเก็ต สเตจฟูล (stateful) สำหรับการใช้งานไฟร์วอลล์จริง
- การตรวจสอบ พร็อกซี่ (proxy) เพื่อควบคุมการเข้าถึงทรัพยากร
- การขอตรวจสอบการป้องกันโปรโตคอลทั่วไปและโปรแกรม
- สนับสนุน ไฟร์วอลล์โปร่งแสง (transparent firewall)
- ป้องกันการกระจายปฏิเสธบริการ (DDOS)
- บันทึกการติดต่อและสนับสนุนการตรวจสอบและแจ้งเตือน

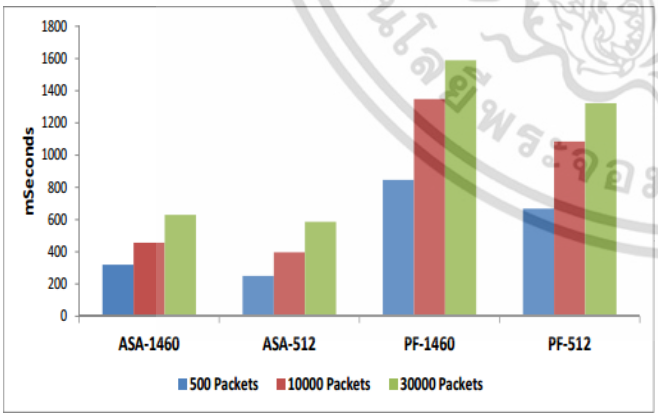
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนั้นจะเป็นส่วนที่เพิ่มเติม (add-ons) ของเราท์เตอร์ เพื่อให้อุปกรณ์ดังกล่าวนั้น สามารถทำงานเป็นไฟร์วอลล์ป้องกันการโจมตีของอินเตอร์เน็ตได้

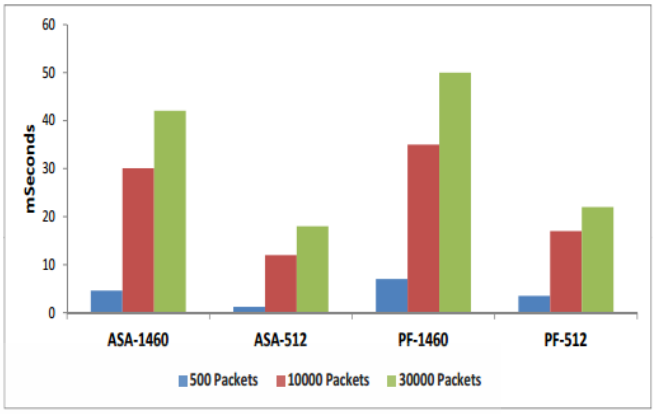
โดยจากงานวิจัยของ Thaier Hayajneh, Bassam J. Mohd , Awni Itradat, และ Ahmad Nahar Quttoum [11] ที่นำสนอเรื่อง Performance and Information Security Evaluation with Firewalls ได้นำเสนอเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของไฟร์วอลล์ในเชิงสถิติ ของอุปกรณ์ที่เป็นไฟร์วอลล์โดยตรงกับเราท์เตอรที่เพิ่มซอฟต์แวร์ โดยในที่นี้จะให้ความสำคัญในส่วนที่เป็นเราท์เตอร์ที่เพิ่มซอฟต์แวร์ ผลลัพธ์ที่ได้นั้น เมื่อทำการใส่ ข้อมูลแพ็คเกต (packets) ที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ จำนวนข้อมูลที่เข้ามา (throughtput) มากขึ้น มี สัดส่วนความล่าช้า (delay) ที่เพิ่มขึ้น และค่าความแปรปรวนของความล่าช้า (jitter delay) ที่เพิ่มมากขึ้น ตามสถิติในรูป 4 , 5 และ 6 ซึ่งจะสังเกตุว่าไฟร์วอลล์โดยตรงนั้น สามารถทำประสิทธิภาพได้มากกว่า เราท์เตอร์ที่ทำการเพิ่มซอฟต์แวร์เข้าไป



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพของทรูพุตเมื่อส่งแพ็คเก็ตในขนาดต่างๆ [11]



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของเวลาในการล่าช้าเมื่อส่งแพ็คเก็ตในขนาดต่างๆ [11]



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพของความแปรปรวนในการล่าช้าเมื่อส่งแพ็คเก็ตในขนาดต่างๆ [11]

แต่ทั้งนี้อาจจะสรุปได้ว่า คุณสมบัติดังกล่าวนั้น เราท์เตอร์เมื่อทำการเพิ่มซอฟต์แวร์ที่สามารถทำงานเกี่ยวกับไฟร์วอลล์ได้ จะมีความสามารถในการตรวจสอบและป้องกันภัยคุกคามทางอินเทอร์เนตได้ ซึ่งในแต่ละรุ่นนั้น จะมีความสามารถในการรองรับประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยในด้านคุณสมบัติภายในต่างๆ ซึ่งจะกล่าวในข้อต่อไป

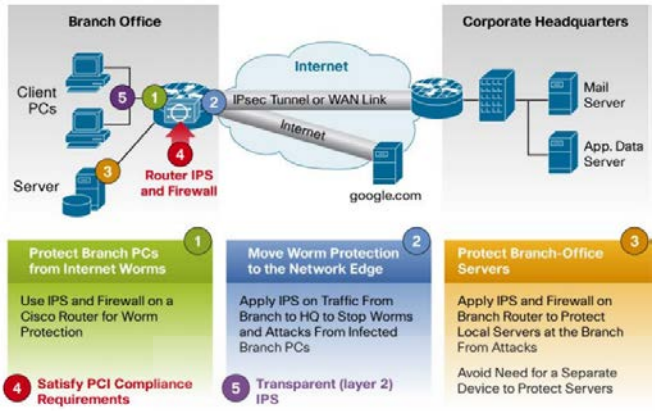
3.2.2. การเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบตรวจสอบและป้องกันการบุกรุก

ในส่วนของ Cisco 1900 Series นั้น เมื่อทำการติดตั้ง Cisco IOS Firewall แล้วเมื่อทำการติดตั้งคุณสมบัติของระบบตรวจสอบการบุรุก (intrusion detection system : IDS) นั้น ทำให้การทำงานของเราท์เตอร์นั้นมีประสิทธิภาพลดลง [12] และทำให้สูญเสียหน่วยความจำส่วนหนึ่งไปให้กับการทำงานนี้ โดยคุณสมบัติของ IOS Firewall IDS นั้น มีการทำงานดังนี้

- สามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังหน่วยการทำงานกลางได้
- สามารถทิ้งแพ็คเกตที่ไม่พึงประสงค์ได้
- สามารถรีเซทการเชื่อมต่อโพรโตคอล ทีซีพี (TCP) ได้

ส่วนระบบป้องกันการบุกรุก [13] (intrusion prevention system : IPS) นั้น เป็นส่วนที่ต้องทำการเพิ่มซอฟต์แวร์ต่างหากเข้ามาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการป้องกันการบุกรุกของภัยคุกคามต่างๆได้ ซึ่งคุณสมบัติต่างๆนั้น แสดงในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 คุณสมบัติการทำงานของระบบป้องกันการบุกรุกของเราท์เตอร์ Cisco [13]

ส่วนของ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ การทำงานของระบบตรวจสอบและระบบป้องกันการบุกรุกนั้น จะต้องทำการเพิ่มเฟิร์มแวร์เพิ่มเติม (add-on) [5] เพื่อทำการเพิ่มคุณสมบัติดังกล่าวเขามา ซึ่งในบาง add-on นั้น สามารถทำงานได้ทั้งการตรวจสอบและการป้องกันการบุกรุกในตัวเดียวกันได้ เช่น Guardian ,Snort เป็นต้น

3.3 การเปรียบเทียบในเชิงราคาของอุปกรณ์

ในส่วนของราคานั้น เนื่องด้วยราคาของ Cisco Router 1900 Series นั้นเป็น เราท์เตอร์ในหน่วยงานธุรกิจขนาดกลาง ราคาของอุปกรณ์ก็อยู่ในขอบเขตของหน่วยงานธุรกิจขนาดกลางสามารถยอมรับได้ ช่วงราคาจะอยู่ที่ [14] 21,000 – 52,000 บาท แต่ในส่วนของบอร์ด ราสพ์เบอรี พาย นั้น ในส่วนของต้นทุนบอร์ด ราคาจะอยู่ที่ ประมาณ 35 $ หรือคือเป็นเงินไทยอยู่ที่ประมาณ 1,050 บาท โดยราคานี้ไม่รวมอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ซึ่งราคานั้นเหมาะสำหรับ ธุรกิจขนาดเล็กที่มีงบประมาณค่อนข้างจำกัด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเอง เมื่อราคาสูงมากขึ้น คุณภาพของตัวอุปกรณ์ก็จะดีขึ้นตามไป แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับข้อมูลที่รับเข้ามา และองค์ประกอบอื่นๆที่ต้องพิจารณาด้วย

3.4 ข้อจำกัดบางประการ

ในส่วนของคุณลักษณะการทำงานเบื้องต้นนั้น เนื่องจาก ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ เป็นบอร์ดสมองกลที่มีขนาดเล็กและราคาถูก คุณสมบัติบางอย่างก็ไม่สามารถทำได้เหมือนกับเราท์เตอร์ขนาดกลางในแง่ของไฟร์วอลล์ได้ทั้งหมด อย่างเช่น ข้อจำกัดในเรื่องของ แบนด์วิธ (Bandwidth) การใช้งานที่ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ ทำงานในแบนด์วิธ ที่น้อยกว่า ทั้งนี้เพราะมาจากอีเทอร์เนต พอร์ต ที่รองรับได้สูงสุดแค่ 100 Mbps[4] ซึ่งไม่เหมือนกับเราท์เตอร์ขนาดกลางที่สามารถทำได้สูงสุด 1 Gbps[10] ซึ่งวิธีการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มบอร์ดดังกล่าวเพื่อเป็น โหลดบาลานซ์ (Load Balance) หลายๆตัวยึดหยุ่นกับความต้องการของแต่ละธุรกิจ และคุณสมบัติภายนอก ถ้านำไปใช้ในแง่ของไฟร์วอลลนั้น เนื่อกจาก

พ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ มีพอร์ท อีเทอร์เนต (LAN) แค่ 1 พอร์ตเท่านั้น แต่เนื่องด้วยคุณสมบัติของไฟร์วอลล์ที่จะต้องมี พอร์ต อย่างน้อย 2 พอร์ตขึ้นไป เพื่อที่รองรับเส้นทาง สำหรับ ข้อมูลขาเข้า (Inbounf Port) และ ข้อมูลขาออก (Outbound port) ที่จะเข้าไปยังเราท์เตอร์นั้น วิธีการแก้ปัญหาของ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ นั้น จะต้องใช้ พอร์ตยูเอสบี ในการที่จะแปลงเป็น อีเทอร์เนตพอร์ตขาออกให้ซึ่งจะต้องเสียทรัพยากรของพอร์ตยูเอสบีไป 1 ช่องเพื่อรองรับคุณสมบัติดังกล่าว แต่ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการพื้นฐานของหน่วยงานธุรกิจขนาดเล็ก ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มาก การใช้ ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ เพียงตัวเดียวเพื่อป้องกันภัยคุกคามอินเทอร์เนต เพียงพอสำหรับหน่วยงานธุรกิจดังกล่าว

4.บทสรุป

ในบทความนี้ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเอาบอร์ด ราสพ์เบอรี พาย มาประยุกต์ใช้เป็นไฟร์วอลล์ ที่ได้แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ และซอร์ฟแวร์ที่นำมาใช้เป็นไฟร์วอลล์ และได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานในแง่ของทรูพุตกับการตั้งกฎของไฟร์วอลล์ เทียบกับคิวบิ้บอร์ด ไฟร์วอลล์ โดยประสิทธิภาพของคิวบิ้บอร์ดไฟร์วอลล์ ดีกว่า ราสพ์เบอรีพายไฟร์วอลล์เล็กน้อย ราสพ์เบอรีพายไฟร์วอลล์ มีความสามารถและการทำงานเทียบเคียงกับเราท์เตอร์ขนาดกลางในแง่ของการทำงานไฟล์วอลล์ได้ อย่างเช่น การตั้งกฎของไฟร์วอลล์ รวมถึงการตรวจจับและป้องกันภัยคุกคาม แต่ทั้งนี้ ในส่วนของการทำงานนั้น ราสพ์เบอรี พาย ไฟล์วอลล์นั้นอาจจะมีข้อจำกัดต่างอย่างเช่น แบรนด์วิธในการใช้งาน รวมถึงประสิทธิภาพที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเราท์เตอร์ในระดับกลางในแง่ไฟร์วอลล์ ส่วนในด้านของราคานั้น ราคาของบอร์ด ราสพ์เบอรีพายมีราคาขายอยู่ที่ ไม่เกินสองพันบาท นั้น มีราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับเราท์เตอร์ขนาดกลางที่มีราคาขายอยู่ที่ 21,000 – 52,000 บาท ทำให้ราสพ์เบอรี พาย ไฟร์วอลล์ เป็นทางเลือกของ หน่วยงานธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก ที่ต้องการประหยัดต้นทุนของไฟร์วอลล์ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] The OWASP Foundation, *“The OWASP Top 10 - 2013,” 2013.*

[2] Paul Wood, Ed., *“INTERNET SECURITY THREAT REPORT 2014,”* Symantec Corporation, 2014, vol. 19, p. 18.

[3] Monika Joshi and Chirag Gohel, “Agent Base Network Traffic Monitoring,” *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 2, no. 5, pp. 1799–1803, May 2013.

[4] Raspberry Pi Foundation, *“Raspberry Pi Hardware”,* Avaliable : https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/

[5] IPFire, *“About IPFire”*, Avaliable : http://www.ipfire.org/features

[6] Karen Mercedes Goertzel, *“Information Assurance Tools Report – Firewalls. Seventh Edition,”* IATAC, Report, Feb. 2011.

[7] Bhisham Sharma and Karan Bajaj, *“Packet Filtering using IP Tables in Linux”*, IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 4, No 2, July 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8] IBM,*"Developing IBM PureData System for Hadoop applications with the Eclipse IDE"*, Avaliable : http://www.ibm.com/developerworks/library/bd-openvpn

[9] Zubair Nabi, *"A $35 Firewall for the Developing World,"* IBM Research, 2014.

[10] Cisco System Inc., *"Cisco IOS Firewall"*, 2011

[11] Thaier Hayajneh, Bassam J. Mohd , Awni Itradat, and Ahmad Nahar Quttoum, *"Performance and Information Security Evaluation with Firewalls"*, International Journal of Security and Its Applications Vol.7, No.6 (2013), pp.355-372

[12] Cisco System Inc., *"Cisco IOS Security Configuration Guide"*, 2001-2006, pp.sc271-290

[13] Cisco System Inc., *"Cisco IOS Inline Intrusion Prevention System (IPS)"*, 2010.

[14] Networksure Limited Partnership, "Router Cisco Price", Avaliable: http://www.networksure.co.th/products/router/cisco-1900-series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A New Chaos-Based Keyed Hash Function for MANET Applications

Winai Chankasame, Wimol San-Um[1]

Intelligent Electronic Systems (IES) Research Laboratory
Master Program of Engineering Technology
Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology (TNI)
Patthanakarn 37, Suanlaung, Bangkok, Thailand, 10250. Fax :(+662)-763-2700, Tel :(+662)-763-2600
[1] wimol@tni.ac.th

***Abstract*—This paper proposes a new chaos-based keyed hash function that can be used for communication protocols in MANET. The proposed chaotic map realizes an absolute-value nonlinearity, which offers robust chaos over wide parameter spaces, i.e. high degree of randomness through chaoticity measurements using Lyapunov exponent. The proposed keyed hash function structure is compact through the use of a single stage chaos-based topology. Hash function operations involve an initial stage when the chaotic map accepts input message and initial conditions, and a hashing stage where alterable-length hash values are generated iteratively. Hashing performances are evaluated in terms of original message condition changes, statistical analyses, and collision analyses. Results of hashing performances show that the mean changed probabilities are very close to 50%, and the mean changed bit number is also close to a half of hash value lengths.**

Keywords-Mobility Management; Clustering; Topology control; Coverage, and connectivity; synchronization; Social networks.

I. INTRODUCTION

A mobile Ad Hoc NETwork (MANET) has been emerged for a variety of applications such as in emergency search and rescue operations, in battlefields, or in setting up of instant communication among moving vehicles [1]. Such a Mobile Ad Hoc Network normally is a type of multi-hop network formed temporally by a group of nonfrastructure wireless mobile nodes that relays data packets from one to another in order to communicate with the remote nodes beyond the radio distance [2]. In contrast to conventional architectures, the public media, the change of network topology, cooperation algorithms, the lack of centralized monitoring, and system management are vulnerable to mischievous attacks. Typically, three types of Ad Hoc network protocols are (1) Proactive protocols (DSDV, WRP, CGSR, STAR, and OLSR), (2) Reactive protocols (ABR, DSR, TORA, AODV, CBRP, RDMAR) and (3) Hybrid protocol (ZRP). Nonetheless, two kinds of attacks in Ad Hoc Network are passive and active attacks. In passive attacks, the routing protocol is does not disturbed, but its only eavesdrops o routing traffic and extract the valuable information. However, malicious nodes in active network may disrupt and change the functions of a routing protocols I three possible approaches, i.e. routing information modification, false routing information fabrication, and node impersonation [3]. Consequently, security issue has essentially becoming more challenging for secure protocols in Ad Hoc networks. Recently, a variety of secure protocols have been suggested, for instance, a *q*-composite model [4] that increases the capability of anti-capture of protocols, a basic random key pre-distribution model by generating key pool and allotting its different parts to each node [5-7]. Other research approaches also studied key distributions through either random keys or hash table for authentications.

This paper alternatively focuses on an authentication of Ad Hoc wireless protocols and message through the validation using a hash function. Such a hash function has been a key technology in advanced cryptography, which encodes an arbitrary length input message into a hash value with fixed length. Typically, two categories of hash functions are unkeyed and keyed hash functions whose specifications dictate only an input message and both input message and security keys, respectively. In general, preferable characteristics of hash functions include high possibility of collision resistance and high security against preimage and second-preimage attacks.

Typical hash functions, for instance, Message Digest (MAD, MAD) and Secure Hash Algorithm (SHA-1) have generally been exploited in software industries for purposes of integrity verification of electronically transmitted files as well as security in protocols. However, the typical hash functions have been designed based on logical operations or multi-round iterations, and therefore the hashing process efficiency, which depends upon inherent ciphers and complicated computation processes, are necessarily required. Recently, it has been notified through the analysis of the collision frequencies that those of typical hash functions contain several undiscovered flaws [2]. Therefore, multiple-block-length hash functions have been suggested [3-5]. Nonetheless, designs and implementation of such multiple-block-length hash function are relatively complicated in terms of security and efficiency.

As a pervasive feature in nature, chaos is a deterministic process generated by nonlinear dynamical systems that possess distinctive properties in pseudo-randomness, sensitivity to initial conditions and control parameters. Due to these properties, chaos-based hash algorithms have been of much interest as an alternative to that of typical hash

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

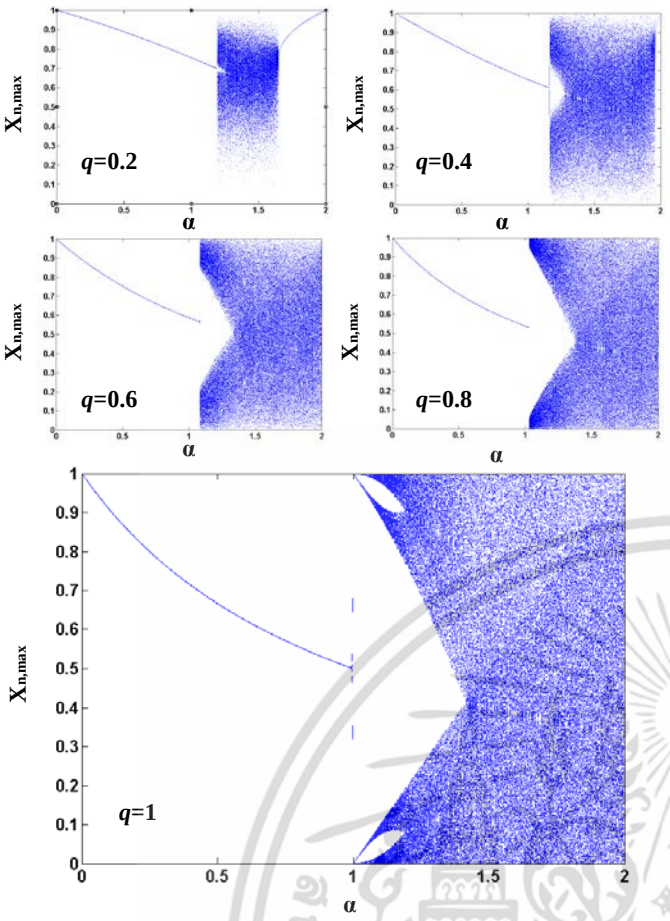


Figure 1. Developments of bifurcations of the proposed chaotic maps when the value of q is increased from 0.2 to 1 with a step size of 0.2.

functions. Several chaos-based hash function algorithms have therefore been proposed recently [6–10]. Despite the fact that these algorithms have offered satisfied statistical performances in terms of statistical performance and collision resistance, the difficulty in small key space, flexibility, low performance, and weak security functions are obstacles that elevate an attempt in designing efficient and secure hash functions [11]. Furthermore, structural topologies of existing algorithms are somewhat complex as evident from multiple maps, multi-stage connections, or multiple feedback loops, leading to complicated signal processing and extensive iteration time.

This paper therefore proposed chaotic map that realizes a powered absolute-value nonlinearity, which offers robust chaos over wide parameter spaces, i.e. high degree of randomness through chaoticity measurements using Lyapunov exponent. The proposed keyed hash function structure is compact through the use of a single stage chaos-based topology for use as protocol verification. Hash function operations involve an initial stage when the chaotic map accepts input message and initial conditions, and a hashing stage where alterable-length hash values are generated iteratively. Hashing performances are evaluated in terms of original message condition changes, statistical analyses, and collision analyses.

II. Proposed Chaotic Map using Power Absolute-Value Nonlinearity

This paper proposed a simple chaotic map given by

$$x_{n+1} = \left|\alpha x_n - 1\right|^q \tag{1}$$

As for purposes of chaos measurements, preliminary investigations of the three chaotic maps are performed by bifurcation diagrams and Lyapunov exponent (LE) as for qualitative and quantitative measures of chaos, respectively. The bifurcation diagram indicates possible long-term values, involving fixed points or periodic orbits, of a system as a function of a bifurcation parameter. The stable solution is represented by a straight line while the unstable solutions are generally represented by dotted lines, showing thick regions. On the other hand, the LE is defined as a quantity that characterizes the rate of separation of infinitesimally close trajectories and is expressed as

$$LE = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} \log_2 \frac{d(x_{n+1})}{dx} \tag{2}$$

In order to analysis dynamics behaviors of system equilibria the Jacobian can be found through the absolute value of the first derivative as follows;

$$J(x_n) = \left|\frac{d(x_{n+1})}{dx}\right| = \left|\frac{d(\left|\alpha x_n - 1\right|^q)}{dx}\right| = \left|\frac{q\alpha\left|\alpha x_n - 1\right|^q}{\alpha x_n - 1}\right| \tag{3}$$

Typically, the chaotic map becomes unstable in the case where $J(x_n)>1$. From numerical simulation result of (2) maximum LE can be located at $q=1$ and α closed to 2. The system fixed points can be calculated by substituting x_n into x_{n+1} in (1) and omit the subscript n for simplicity. As a result, the equation becomes

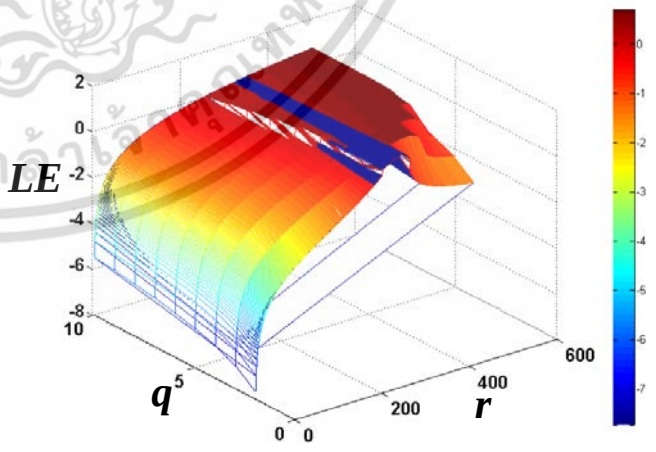


Figure 2. The three-dimensional LE spectrum where the maximum positive LE is largest when r approaches 600 (normalised to 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

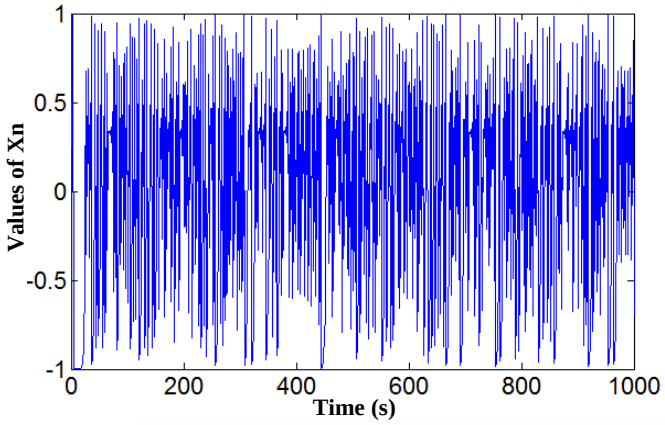


Figure 3. An apparently chaotic waveforms of the proposed chaotic map in time-domain over 0s to 1000s.

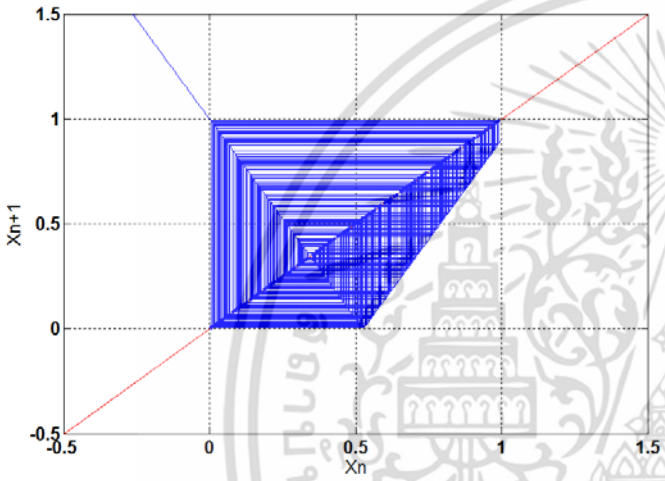


Figure 4. A Cobweb plot of the proposed chaotic map in Eq. (1).

$$\left|\alpha x - 1\right|^{q} = x \tag{4}$$

Solving Eq. (4) yields the fixed points. For case $q = 1$, the fixed points (x_1^*, x_2^*) are given by

$$x_1^* = \frac{1}{\alpha - 1} \quad x_2^* = \frac{1}{1+\alpha} \tag{5}$$

In order to find the value of α such that the proposed chaotic map operates under chaos regions, the maximum and minimum values of x_{n+1} is initially calculated by setting $J(x_n)=0$. In other words,

$$J(x_n) = \alpha sign(\alpha x_n - 1) = 0 \tag{6}$$

Therefore, the boundary of values of x_{n+1} depends upon the nonlinear term $sign(x_n)$ when $x_n > 0$ which falls in the region [0,1]. Consequently, the bifurcation parameter α is limited to the region [0, 2]. Computer simulations of all bifurcation

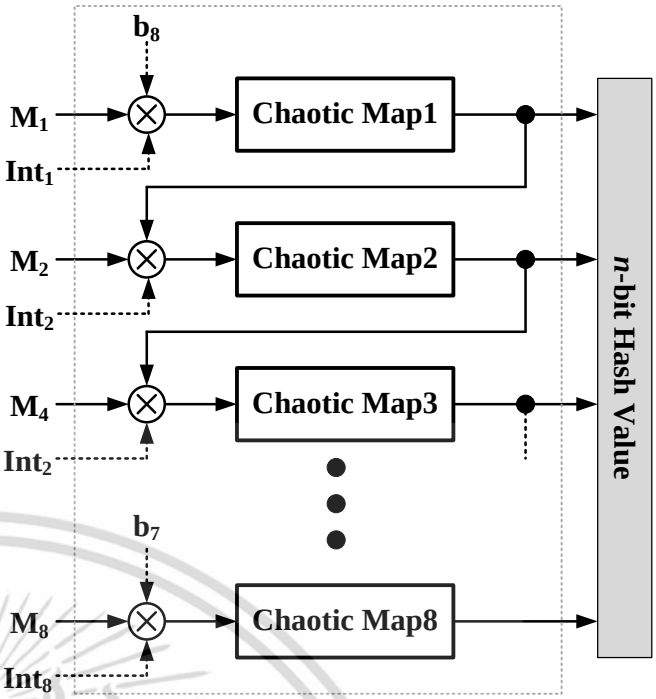


Figure 5. The proposed hash function comprises eight proposed chaotic maps connected in a circular network

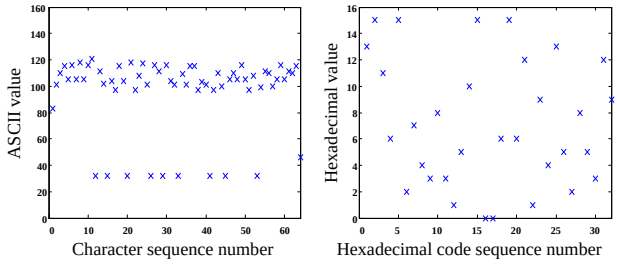
diagrams, the *LE* spectrum, Cobweb plots, and time-domain waveform have been performed using MATLAB with an initial conditions of 0.1 and α = 1.99. Fig.1 shows developments of bifurcations of the proposed chaotic maps when the value of q is increased from 0.2 to 1 with a step size of 0.2. It is apparent that the smooth chaos appears at q=1, which is defined by the absence of periodic windows and coexisting attractors in some neighborhood of the parameter spaces. Fig.2 shows the three-dimensional LE spectrum where the maximum positive LE is largest when r approaches 600 (normalized to 2) and therefore the value of α = 1.99 was realized. Fig.3 demonstrates apparently chaotic waveforms of the proposed chaotic map in time-domain over 0s to 1000s. Finally, Fig.4 shows the Cobweb plot of the proposed chaotic map in Eq. (1).

III. ROPOSED HASH ALGORITHM

The purpose of hash architecture design is to optimize for simple structure with few numbers of chaotic maps, but still offer high complexity. The proposed hash function realizes sufficient connection in a circular network type in which the output depends only on its previous state and another input from the successive maps. Fig. 6. shows the proposed hash function comprises eight proposed chaotic maps connected in a circular network. Each chaotic map accepts any arbitrary length of input message, and generates alterable length output bit stream. Initial conditions are employed as security keys.

Fig. 8 shows the pseudo codes of the proposed hash function algorithm. The input is a message of length L (M), a secret key (X (i, 0)), and a hash value size (n) while the output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)

Figure 6. Spread of hash value: (a) distribution of the original message in ASCII: (b) distribution of the hash values in hexadecimal format.

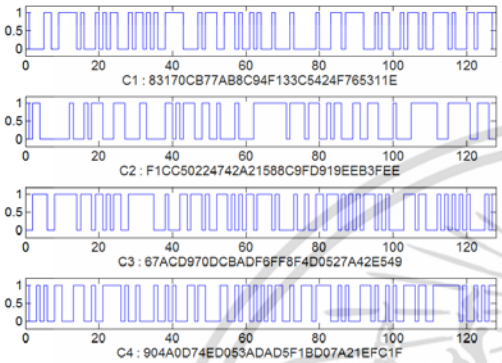


Figure 7. Binary sequences of hash values of eight conditions.

Input : M (a message of length L), X (i,0) (a secret key), n (a hash value size)
Output : H (n-bits hash value)

Begin
if The message length, L, is not multiple of 8 **then**
>> Append the tail of M with '0' for L (mod 8) = 0
end if
>> Divide the input message M into N sub-block of length 8 (Defined by S)
>> i, k, t = 1

>>Map M into integer with interval [0 , 1]

 # First Stage (Input Stage)
while (t < N)
  while (i < 7)
  >> $X(i,t) = |\alpha(M(k) \times X(i+1,t-1)) - 1|$
  >> k = k+1
  >> i = i+1
  end
>> $X(8,t) = |\alpha(M(k) \times X(1,t-1)) - 1|$
>> k = k+1
>> t = t+1
end
>> i = 1

 # Second Stage
while (t < N+10)
  while (i < 7)
  >> $X(i,t) = |\alpha X(i+1,t-1) - 1|$
  >> i = i+1
  end
>> $X(8,t) = |\alpha X(1,t-1) - 1|$
>> t = t+1
end
>> H = Map X into integer with interval [0 , 2^n]
>> return H

Figure 8. Pseudo codes of the proposed hah function algorithm.

is an *n*-bit hash value. Two stages of hashing procedures include the initial stage and the hashing stage. For input stage, no output is available at the beginning available and consequently one iteration is required for the absolute sine map in order to employ the initial conditions as a feedback output. The input message is also applied to the chaotic maps in this input stage. Once the first stage is performed, the second stage generates the hash value iteratively through the delayed self feedback values and another value from the successive chaotic maps. It has been investigated that the minimum number of iterations equals to eight rounds, which is equal to the number of chaotic maps realizes, implying that the operation is completely circulated in one loop. It can be considered that the proposed hash function algorithm is relatively simple in terms of topology, but the complexity is mainly determined by the nonlinear dynamics of the proposed chaotic map.

IV. PERFORMANCE ANALYSIS

A. Distribution of hash value

One of the most important properties of hashing scheme is the uniform distribution of hash value, which is related to the security of hashing scheme. In Fig. 6(a) the ASCII characters of the original message are localized within a small area from approximately 97 to 122. It can also be noticed that the "space" character (ASCII 32) is the most commonly used in the original message. In contrast, the hexadecimal hash values of the hashing scheme are uniformly distributed over the space of all possible hash values, as shown

TABLE I. SUMMARY OF STATISTICAL MEASURE METHODS.

Statistical measure methods		Formulas
(1)	Minimum changed bit number	$B_{\min} = \min\left(\{B_i\}_{i=1}^{N}\right)$
(2)	Maximum changed bit number	$B_{\max} = \max\left(\{B_i\}_{i=1}^{N}\right)$
(3)	Mean changed bit number	$\overline{B} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} B_i$
(4)	Mean changed probability	$P = \frac{\overline{B}}{n} \times 100\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5)	Standard deviation of the changed bit number	$\Delta B = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(B_i - \overline{B})^2}$
(6)	Standard deviation	$\Delta P = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{B_i}{n} - P\right)^2} \times 100\%$

TABLE II. STATISTICAL RESULTS FOR A 128-BIT HASH VALUE

	N=256	N=512	N=1024	N=2048	N=10000
B_{min}	46	45	45	44	42
B_{max}	85	84	82	80	84
$\overline{B}$	63	63.04	63.23	62.65	62.9293
P (%)	49.22	49.25	49.4	48.94	49.16352
ΔB	6.19645569	6.627095	5.602838	5.479789	5.673732
ΔP (%)	4.840981007	5.177418	4.377217	4.281085	4.432603

TABLE III. STATISTICAL RESULTS FOR A 160-BIT HASH VALUE

	N=256	N=512	N=1024	N=2048	N=10000
B_{min}	59	58	56	55	53
B_{max}	95	96	97	101	102
$\overline{B}$	78.35	78.89	78.66	78.86	78.9512
P (%)	48.97	49.31	49.16	49.28	49.3445
ΔB	6.117366	6.302809	6.261118	6.649782	6.561541
ΔP (%)	3.823354	3.939256	3.913198	4.156114	4.100963

TABLE IV. STATISTICAL RESULTS FOR A 256-BIT HASH VALUE

	N=256	N=512	N=1024	N=2048	N=10000
B_{min}	103	101	102	102	99
B_{max}	146	154	154	152	158
$\overline{B}$	126.86	127.75	126.74	126.93	126.8779
P (%)	49.55	49.9	49.51	49.58	49.56168
ΔB	8.289252	8.555481	8.516115	7.904845	7.570246
ΔP (%)	3.237989	3.341985	3.326608	3.08783	2.957127

in Fig. 6(b). This indicates that no information of the original message is left after the diffusion and confusion processes.

B. Sensitivity of hash value to the message and initial conditions

The aim of this subsection is to illustrate the high sensitivity of the proposed hashing scheme to tiny changes in the original message and the initial conditions. In order to investigate this issue, a series of experiments have been done under the following eight different conditions:

Case 1: The original message is: “Sensitivity of hash value to the message and initial conditions.”.

Case 2: Replace the first character of the original message by “A”. The two 128-bit hash values for C1 and C3 differ in 63 positions.

Case 3: Replace the character “i” in the word “initial” by “e” to become “enitial”. The two 128-bit hash values for C1 and C4 differ in 66 positions.

The corresponding graphical display of binary sequences is shown in Fig. 7. The simulation result shows that any tiny change in the original message and initial condition leads to a 50% changing probability for each bit of hash value.

C. Statistical Analysis of Confusion and Diffusion

Confusion and diffusion are two essential design criteria for hashing scheme which are necessary to make it resistant to most attacks. Diffusion is intended to spread the original message statistics through the hash value in order to hide statistical properties of the original message. The aim of confusion is to use the transformation to make the relationship between the input bits and the output bits as complex as possible. The diffusion and confusion test has been performed as follows: a random message of length $L = 50n$ is created and its n-bit hash value is calculated. Then, a bit of the original message is randomly chosen and flipped, and the n-bit hash value of the modified message is calculated. The two hash values are then compared in order to quantify the number of changed bits. This experiment is performed N times for N = 256, 512, 1024, 2048 and 10000 for hash values of size n, where n = 128, 160 and 256. The six statistical measure methods, as listed in Table 2 , are usually used for statistical analysis. B_i denotes the number of changed bits in the i-th test. Tables 3-5 list the results obtained in tests for n = 128, 160 and 256 and N = 256, 512, 1024, 2048 and 10000. Fig. 9. demonstrates the distribution of the number of bits changed for various values of N . The histogram distribution of the number of changed bits for n =256 and N =10000 is depicted in Fig. 10. Based on the results in Tables 2-4, it is evident that the mean changed bit number $\overline{B}$ and the mean changed probability P are very close to the ideal values of $n/2$ and 50% respectively. While both ΔB and ΔP are small for all tests, which indicates that confusion and diffusion capability of the proposed hashing scheme is stable. Collision Test

Hash collision is a situation that occurs when two distinct input messages into a hash function produce the same hash values. In order to quantify the collision resistance of the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

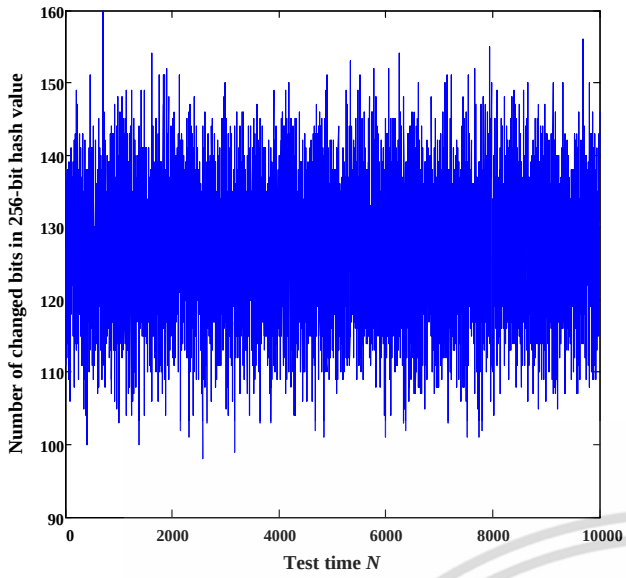


Figure 9. Distribution of the number of bits changed.

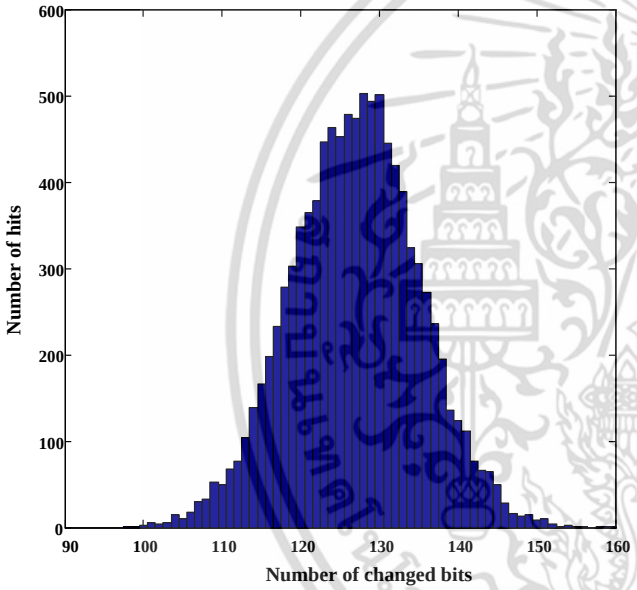


Figure 10. Histogram distribution of the number of changed bits for n =256 and N =10000.

proposed hashing scheme, the following collision test has been performed. The n-bit hash value of a random message of size $L = 50n$ is created and stored in ASCII format. Then a bit in the random message is randomly chosen and toggled. The new hash value is created and stored in ASCII format. The two hash values are compared with each other, and the number of ASCII characters with the same value at the same location, referred to as the number of hits, is counted. The absolute difference of the two hash values is computed as follows:

$$d = \sum_{i=1}^{n/8} | dec(m_i) - dec(m_i^{'}) | \qquad (7)$$

where m_i and $m_i^{'}$ denote the i-th ASCII character of the original and new hash value, respectively, and $dec(\ )$ maps m_i and $m_i^{'}$ to their equivalent decimal values.

This kind of test has been performed 10000 times. The minimum, maximum and mean values of d are presented in Table 5 and a plot of the distribution of the number of hits is illustrated in Fig. 11. It can be noticed that the maximum number of equal character is only 2 and the collision probability is very low.

TABLE V. ABSOLUTE DIFFERENCE FOR 2 HASH VALUES, WHERE N = 10000.

Absolute difference (d)	Min.	Max.	Mean
MD5(128bit)	590	2074	1304
SHA-1(160bit)	795	2730	1603
Zhang's scheme[17](128bit)	565	2022	1257
Kanso's scheme[18](128bit)	737	2320	1494
Wang's scheme [19] (128bit)	689	2295	1526
Ren's scheme [20] (128bit)	599	2455	1439
Wang's scheme [21] (128bit)	655	2064	1367
Our proposed scheme (128bit)	544	2400	1348
Our proposed scheme (160bit)	809	2782	1687
Our proposed scheme (256bit)	1402	3954	2716

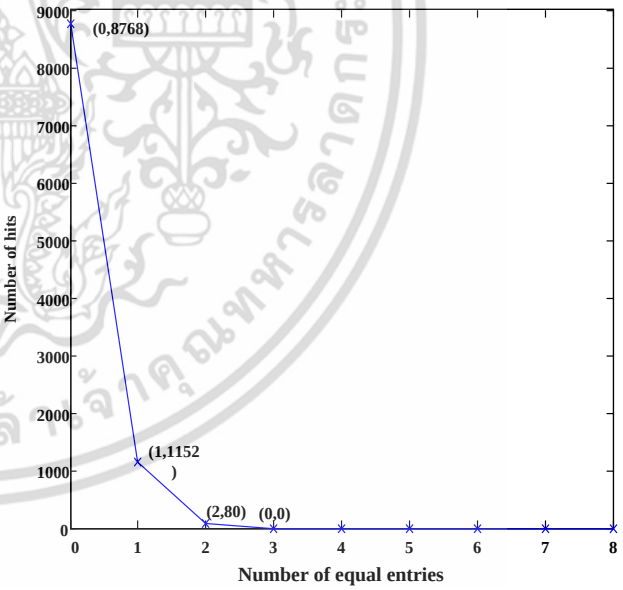


Figure 11. Distribution of the number of positions where the ASCII characters are the same for n =256 and N =10000.

D. Resistance to birthday attack

A birthday attack is a kind of cryptographic attack that is based on mathematical behind the birthday problem in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

probability theory. It gets its name from the surprising result that in a room of 23 people, there is a probability of 50% that at least two people have the same birthday. The hashing scheme should be robust against birthday attack, which makes it difficult to find two distinct messages that have the same hash value. The difficulty of the birthday attack depends on the size of the hash value. For a secure hashing scheme with n-bit hash value, the difficulty of the attack is $2^{n/2}$. Therefore, the value of n is needed to be large enough to make a birthday attack computationally infeasible. For example, if the size of the hash value is set to 256, the difficulty of the attack is 2^{128}. This keeps the system robust against this type of attack.

V. CONCLUSIONS

The design of communication protocols and message authentication in the Mobile Ad Hoc Networks is challenging due to limited wireless transmission ranges of node mobility, limited power resources, and limited physical security. Assuring secure routing protocols is challenging since MANET wireless networks are highly vulnerable to security attacks. Most traditional routing protocols and message designs do not address security, and are mainly based on a mutual trust relationship among nodes. The new compact and robust chaos-based keyed hash function has been presented. The proposed chaotic map exploits absolute-value nonlinearity for generating highly random iterated values in the diffusion process of ASCII input messages. Chaotic aspects have been investigated through bifurcation structures of Lyapunov exponent as well as Cobweb plots, and signal characteristics in time domains. The proposed hashing structure is relatively simple that enhances randomness quality for statistical performances. The designed hashing algorithms involve the initial stage when the chaotic maps accept initial conditions utilized as secret keys, and the iterative hashing stage that accepts input messages and generates the alterable-length hash values. With such a compact hash function structure, simulation results have revealed several desirable features in terms of statistical performances, involving the mean changed probabilities that are very close to 50%, and the mean changed bit number that is also close to a half of hash value lengths. In addition, the collision tests proffer the average mean of 1359 and 1703 for the hash values of 128 bits and 160 bits, respectively. The proposed has function has superior performance over well-known algorithms such as MD5 and SHA1, and is comparable to other complex structures of chaos-based approaches. As a result, the proposed hash function has offered a potential alternative to protocol and message authentication methods in Ad Hoc Networks.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Research and Development Division of Thai-Nichi Institute of Technology for research fund supports.

REFERENCES

[1] Li Fenga, Zili Lic, Yi Zhangb, “Security bootstrap model of key pre-sharing by polynomial group in mobile Ad Hoc Network”, Journal of Network and Computer Applications, Vol 32, p. 781–787, 2009.

[2] Huaqian Yang, Kwok-Wo Wong, Xiaofeng Liao, Yong Wang, Degang Yang, “One-way hash function construction based on chaotic map network”, Chaos, Solitons and Fractals, Vol. 41, 2009, p. 2566–2574

[3] B.O. Brachtl, D. Coppersmith, M.M. Hyden, S.M. Matyas, C.H. Meyer, J. Oseas, S. Pilpel, M. Schilling, “Data authentication using modification detectioncodes based on a public one way encryption function”, U.S. Patent Number 4,908,861, March 13, 1990.

[4] Hohl W, Lai X, Meier T, Waldvogel C. “Security of iterated hash functions based on block ciphers”, Advances in cryptology-crypto93 LNCS, vol.773, Springer-Verlag, 1994, p. 379–390.

[5] Knudsen LR, Preneel B. “Fast and secure hashing based on codes”, Advances in cryptology-crypto’97 LNCS, Vol. 1294, Springer-Verlag, 1997, p. 485–498.

[6] Knudsen LR, Preneel B. “*Fast and secure hashing based on codes*”, Advances in cryptology-crypto’97 LNCS, Vol. 1294, Springer-Verlag, 1997, p. 485–498.

[7] Qing Zhou, Kwok-Wo Wong, Xiaofeng Liao, Tao Xiang, Yue Hu. “*Parallel image encryption algorithm based on discretized chaotic map*”, Chaos Solitons &Fractals 2008, Vol 38(4), p. 1081–1092.

[8] Nien HH, Huang CK, Changchien SK, Shieh HW, Chen CT, Tuan YY. “*Digital color image encoding and decoding using a novel chaotic random generator*”, Chaos, Solitons & Fractals, 2007, Vol. 32, p. 1070–1080.

[9] Behnia S, Akhshani A, Akhavan A, Mahmodi H. “*Applications of tripled chaotic maps in cryptography*”, Chaos Solitons & Fractals, 2009, Vol. 40, p. 505–519.

[10] Wong K. “*A combined chaotic cryptographic and hashing scheme*”, Phys Lett A, 2003, Vol. 307, p. 292–298.

[11] Zhang J, Wang X, Zhang W. “*Chaotic keyed hash function based on feedforward-feedback nonlinear digital filter*”. Phys Lett A , 2007, Vol. 362, p. 439–48.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Quantitative Measurement of Facial Skin Roughness using Image Processing

Suphatcha Rueansit[†1], Wimol San-Um[†2], Yoshiki Mikami[‡3]

[†]*Intelligent Electronic Systems (IES) Research Laboratory*
Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology (TNI)
1771/1 Patthanakarn 37, Suanlaung, Bangkok, Thailand, 10250. Tel :(+66-2)-763-2600
[1] itsmeefang@hotmail.com
[2] wimol@tni.ac.th
[‡]*International Graduate Course for Continuing Professional Development*
Nagaoka University of technology
940 2188, 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka-shi, Niigata-ken, Japan.
[3] mikami@kjs.nagaokaut.ac.jp

***Abstract*— This paper focuses on the use of digital image processing for applications on human facial analysis. Although there have been several commercial programs of facial analysis in hospitals or facial treatment clinics, those program can help only visualize real facial skin. In other words, the doctor can qualitatively investigate the results of clinical treatments which importantly based on their experiences. Additionally, the facial analysis programs are relatively costly and therefore not many small clinics can use for treatments. The main idea is to employ a small camera to take a digital image at region of interests (ROI) such as eye wrinkles. The digital image, which is typically a two-dimensional image, will be converted into three dimensional based on its intensity. The three-dimensional image will finally reveal the surface roughness and can be measure quantitatively in order to confirm patients that there is a better result after treatments.**

Keywords*— *quantitative measurement, facial skin roughness, Image Processing.

I. Introduction

Skin is a continuous external sheet that covers the whole body. Due to its outside visibility and aesthetic value, people tend to pay attention on skin. Therefore, it is a challenging under taking to accurately model skin appearance and its behavior with details since there have been a variety of applications from entertainment to cosmetics and plastic surgery. The problematic of skin modeling and aging holds for the entire body has been given as a particular attention as face being the most important body component [1]. Face is typically prolific information of people. People can effortlessly extract many kinds of useful information from face images [2]. Consequently, the automatic extraction of information has been comprehensively studied in several research areas including multimedia, HCI, computer vision, pattern recognition, machine learning and neural networks.

Recently, Kazue Tsukahara *et al* [3] present the comparison of age-related changes in facial wrinkles and sagging in the skin of Japanese, Chinese and Thai women.
The results found that the level of wrinkles in Bangkok women is greater than Shanghai and Japanese women.
In addition, the area around the eyes of Chinese women is greater than Japanese women. Tsutomu Fujimura *et al* [4] propose the loss of skin elasticity proceeds to rapid increase of wrinkle levels. The result shows that a young (YNG) group of 27 women (aged 18—29), a middle-aged (MED) group of 26 women (aged 30—48) and an elderly (OLD) group of 37 women (aged 50—76). For elasticity parameters, Ur/Uf and Uv/Ue values, significant differences were found between the YNG and MED groups and also between the MED and OLD groups. For roughness parameters, a significant difference was found only between the MED and OLD groups. These results suggest that changes in Ra or Rmax values lag about 20 years behind changes in skin elasticity values.

Although there have been several studies in aging prediction [5-9] proposed lately, most of the techniques are qualitatively measure of the eye wrinkles. This paper therefore focuses on the quantitative measurements of facial skin roughness using image processing. The main idea is to employ a small camera to take a digital image at region of interests (ROI) such as eye wrinkles. The digital image, which is typically a two-dimensional image, will be converted into three dimensional based on its intensity. The three-dimensional image will finally reveal the surface roughness and can be measure quantitatively in order to confirm patients that there is a better result after treatments.

II. Proposed Rouguness Mesurement Technique

The surface roughness in this paper is defined as a sum from the height of the highest profile peak and the depth of the lowest profile valley within a sampling length *L*. Fig.1 shows the surface roughness measurement technique.

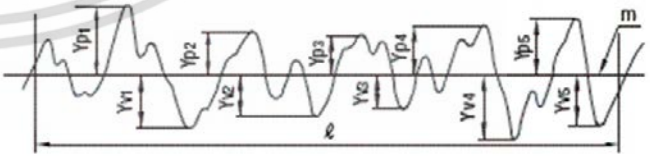


Fig.1 the surface roughness measurement technique.

Source Fig.1: [TECHNICALDATA] SURFACE ROUGHNESS JIS B 0601 (1994) Excerpts from JIS B 0031 (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In this technique, the maximum height of the roughness profile (*Rz*) is used for the evaluation of surface texture on surface with limited access, particularly where the presence of high peaks or deep valleys. Typically, *Rz* is defined by

$$Rz = \frac{|Yp1 + Yp2 + ... + Ypn| + |Yv1 + Yv2 + ... + Yvn|}{n} \quad (1)$$

where *Ypn* is the heights of the top *n* peaks within the sampled portion of the reference length *l*. *Yvn* is the heights of the lowest vally *n* within the sampled portion of the reference length *l*. The length used to calculate is the length of the image size, in this case the length is 200 mm. It can be considered that this technique can normalized the sum of both highest and lowest peaks of the roughness which can be applied to skin roughness quantitatively.

III. Image Processing Technique

Fig.2 shows the flow chart of the skin roughness measurements. The process starts by the RGB image of the wrinkles with different ages. In this case, there are limitations on the selection of pictures is to control the size of the image is the same size. The the RGB image is converted into gray image prior to the three-dimensional contour to investigate some basic properties of the roughness. The histogram is also investigated qualitatively before the function proposed in (1) to get the roughness score.

Fig.3 shows the Functions imread read RGB Image and show the intensity of wrinkles at eye wrinkles areas using a 5 cases, i.e. no wrinkle, slightly wrinkle, mild wrinkle, moderate wrinkle and severe wrinkle. It is seen in Fig.3 (a) that there are different types of wrinkles apparently. Fig.3 (b) shows the the rgb2gray function converts image to grayscale by eliminating the hue and saturation information while retaining the luminance. Rgb2gray converts RGB values to grayscale values by forming a weight sum of the RGB component: 0.2989*R+0.5870*G+0.1140*B. Such figure provides the grey image for further analysis for histogram. Fig.4. shows the rgb2gray function converts image to grayscale by eliminating the hue and saturation information while retaining the luminance. It is qualitatively seen that the figures have different color in different area of eye wrinkles.

In order to qualitatively confirm the different in roughness of eye wrinkle, Fig. 5 shows the function Imhist that calculates the histogram for the intensity image and displays a plot of the histogram. The histogram of the severe wrinkle is relatively spread over all intensity regions.

As for the proposed method, Table 1 Summary of the proposed roughness measurements. The roughness measurements (Rz) have been investigated for the five cases over 10 sample points. (Sample selections to determine the depth will random from a depth of wrinkles at most, in this experiment can select the number of samples that need to know, such as 10, 50, 100 samples, and so on) The results shows that the average value of the roughness is apparent as follows; for case 1 in

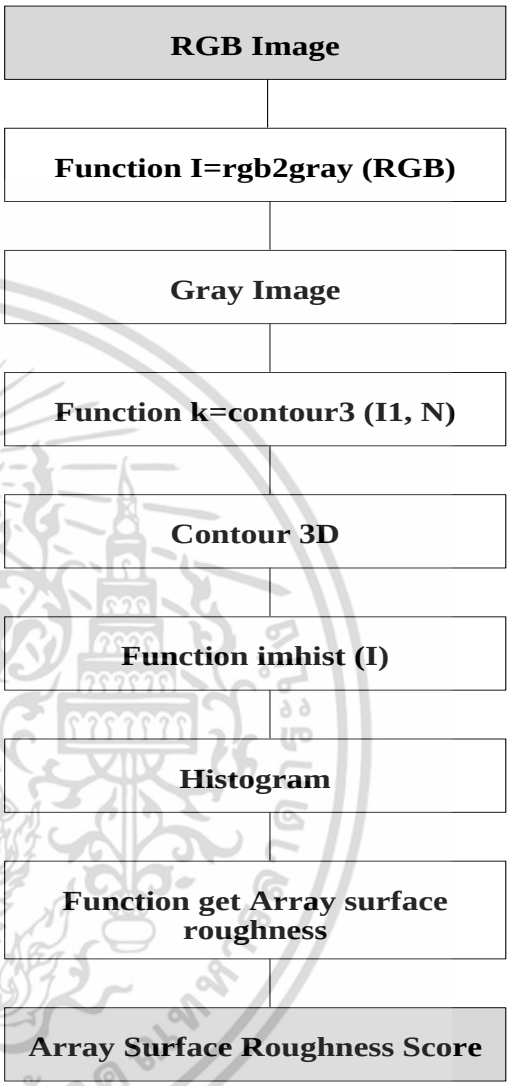
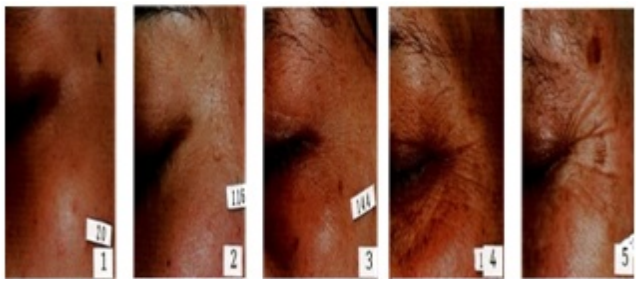


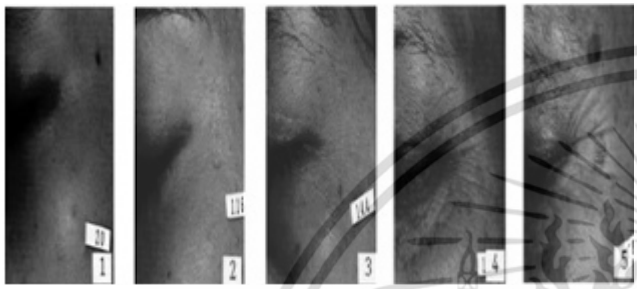
Fig.2 the flow chart of the skin roughness measurements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Case1 No wrinkle image | **Case 2** Slight wrinkles | **Case 3** Mild wrinkles | **Case 4** Moderate wrinkles | **Case 5** Severe wrinkles

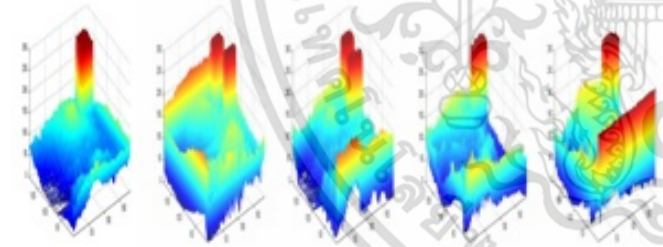
(a)



Case1 No wrinkle image | **Case 2** Slight wrinkles | **Case 3** Mild wrinkles | **Case 4** Moderate wrinkles | **Case 5** Severe wrinkles

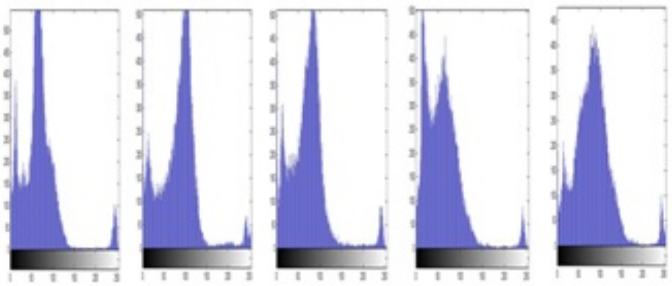
(b)

Fig.3 Functions imread read RGB Image and show the intensity of wrinkles at eye wrinkles areas using a 5 cases.



Case1 No wrinkle image | **Case 2** Slight wrinkles | **Case 3** Mild wrinkles | **Case 4** Moderate wrinkles | **Case 5** Severe wrinkles

Fig.4 The rgb2gray function converts image to grayscale by eliminating the hue and saturation information while retaining the luminance.



Case1 No wrinkle image | **Case 2** Slight wrinkles | **Case 3** Mild wrinkles | **Case 4** Moderate wrinkles | **Case 5** Severe wrinkles

Fig.5 Function imhist calculates the histogram for the intensity image and displays a plot of the histogram.

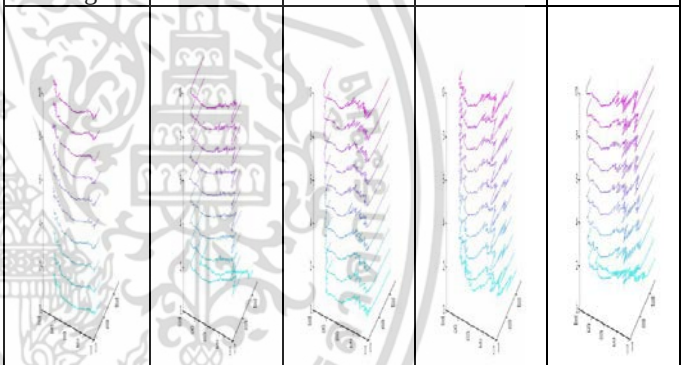
Roughness Mesurements (Rz) for the five cases over 10 sample points				
Case 1 No wrinkle image	**Case 2** Slight wrinkles	**Case 3** Mild wrinkles	**Case 4** Moderate wrinkles	**Case 5** Severe wrinkles
				
68.9231	**67.3182**	**66.3077**	**221.9677**	**286.5333**
66.5000	**73.8235**	**73.9167**	**117.0323**	**104.0714**
58.4286	**60.6842**	**67.7200**	**110.8235**	**120.6818**
53.4706	**65.8947**	**65.8333**	**104.7667**	**110.4348**
55.9333	**62.9474**	**77.0000**	**116.3636**	**121.3333**
54.4583	**65.7333**	**64.5172**	**111.9333**	**116.6667**
62.6875	**64.7368**	**65.2121**	**110.6563**	**105.2917**
63.2143	**65.2727**	**65.9630**	**116.0800**	**102.4231**
57.4091	**69.8947**	**75.8125**	**103.3548**	**105.0385**
52.5200	**70.2941**	**81.5000**	**109.6571**	**114.4545**
59.35448	**66.65996**	**70.37825**	**122.2635**	**128.6929**

Table 1 Summary of the proposed roughness measurements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV. Conclusions

This paper has presented the use of digital image processing for applications on human facial analysis. Although there have been several commercial programs of facial analysis in hospitals or facial treatment clinics, those program can help only visualize real facial skin. In other words, the doctor can qualitatively investigate the results of clinical treatments which importantly based on their experiences. Additionally, the facial analysis programs are relatively costly and therefore not many small clinics can use for treatments. This technique has the novelty is to determine the depth of wrinkles by digital image unlike other techniques showed only lines only. The advantages are easy to use, inexpensive. The results show that no wrinkle has a roughness of only 59.35448. The average value is increases for other four remaining cases as follows; 66.65996, 70.37825, 122.2635, 128.6929. It can be concluded that the proposed method can be used for measure quantitatively that different eye wrinkle has different value of the eye roughness.

Acknowledgements

The authors are grateful to Nagaoka University of Technology for conducting experiments. The authors also acknowledge the Researchand Academic Services Devision of Thai-Nichi Institute of Technology (TNI) for financial supports.

References

[1] Daniel l. Shapiro, and Jack A. Friedland, “A Propective Study of the Efficacy of the N-Lite Laser for the Treatment of Facial Wrinkles”, Aesthetic Surgery Journal, Vol.24, pp. 431-435, October 2004.

[2] Tsutomu Fujimura, Keiichi Haketa, Mitsuyuki Hotta, and Takashi Kitahara, “Loss of skin elasticity precedes to rapid increase of wrinkle levels”,Journal of dermatological Science, Vol.27, pp. 233-239, 2007.

[3] Giovanni Salti, and Ilaria Ghersetich, “Advanced botulinum toxin techniques against wrinkles in the upper face”, Clinics in Dermatology, Vol.26, pp. 182–191, 2008

[4] Emma C. Paes, Hans J. L. J. M. Teepen, Willemijn A. Koop,and Moshe Kon, “Perioral Wrinkles:Histologic Differences Between Men and Women”, Aesthetic Surgery Journal, Vol. 29, pp. 467-472, 2009.

[5] Kukizo Miyamoto, Yasuko Inoue, Kesyin Hsueh, Zhiwu Liang, Xianghong Yan,Takashi Yoshii, and Masutaka Furue, “Characterization of comprehensive appearances of skin ageing: An 11-year longitudinal study on facial skin ageing in Japanese females at Akita”, Journal of Dermatological Science, Vol.64, pp. 229–236, 2011.

[6] Sneha Thakur, and Ligendra Verma, “Identification of Face Age range Group using Neural Network”,ISSN 2250-2459, Vol.2, pp.250-254, 2012.

[7] Nattawat Siritumsakun, and Voravat Limpoka, “Wrinkle densities and proportions of facial images analysis for age prediction”, ICEAST 2012, pp. 37-42, 2012.

[8] Ranjan Jana, Debaleena Datta, and Rituparna Saha, “Age Group Estimation using Face Features”, IJEIT, Vol.3, pp.130-134, 2013.

[9] Sokyna AI-Qatawneh, Ali Mehdi, and Thamer Al Rawashdeh, “3D Modelling Simulation and Prediction of Facial wrinkles”,Computer Science & Information Technology (CS & IT), pp. 317–326, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบเพื่อสร้างแผนผังการเดินภายในอาคารจากวิดีโอและข้อมูลการเคลื่อนที่

A System Development for Creating Indoor Floor Plan of Walking Route using Video and Movement Data

วัชรพล เอื้อพูนวิริยะ[1] สะพรั่งสิทธิ์ มฤทุสาธร[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทร 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700
[1]eu.vacharapol_st@tni.ac.th
[2]saprangsit@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อสร้างแผนผังการเดินที่อ้างอิงจากการเดินจริงของผู้ใช้ผ่านทางสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ร่วมกับการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่สมาร์ทโฟนจะใช้ในการเก็บข้อมูลวิดีโอการเดิน รวมถึงการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวจากเซ็นเซอร์ที่ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟน เช่น accelerometer หรือ gyroscope แต่จะไม่รวมถึงการใช้งานข้อมูลจาก GPS เนื่องจากอาจเกิดการอับสัญญาณเพราะเป็นการใช้งานในอาคาร อีกทั้งยังมีความแม่นยำไม่เพียงพอเมื่อนำมาใช้งานในอาคารอีกด้วย เมื่อทำการเก็บข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จะทำการส่งต่อข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์และใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นอีกตัวหนึ่งเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลวิดีโอโดยประมวลผลจากเส้นขอบที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นและกำแพงในการบอกลักษณะพื้นทางเดินและสร้างเป็นแผนผังการเดินได้อย่างสมบูรณ์โดยที่ระยะทางในแผนที่มีอัตราส่วนของระยะทางเทียบเคียงกับการเดินจริงโดยอ้างอิงจากข้อมูลการเดินที่เก็บมาได้

คำสำคัญ: แผนผังในอาคาร, เซ็นเซอร์, สมาร์ทโฟน, การวิเคราะห์ภาพทางเดินในอาคาร, การคำนวณระยะทางการเดิน

Abstract

In this research, system development for creating indoor floor plans based on the actual walking route of a person using an Android application on a smartphone working with a PC-based application on a PC has been proposed. Via a smartphone, the Android application is used for capturing indoor video and also obtaining various movement data from many types of mobile sensors e.g. accelerometer, gyroscope, etc., however, except for GPS due to the possibility of signal blocking and insufficient accuracy for the indoor purpose. Then all the collected data are sent to the PC to analyze and process using the PC-Based application to detect the edge between the floor and the wall from video and merge into a consolidated floor plan. In addition, the collected movement data is calculated and estimate the actual walking distance used for adjusting scale to correspond with the actual floor plan, which the complete floor plan of actual walking route is finally generated.

Keywords: Indoor Floor Plan, Mobile Sensors, Image Based Indoor Detection, Walking Distance Computation

1. บทนำ

หนึ่งในกิจกรรมหลักของมนุษย์คือการเดินทางซึ่งมีทั้งการเดินทางกลางแจ้งและในร่มหรือในอาคาร โดยบางครั้งอาจเกิดการหลงทางได้เมื่อไปในสถานที่ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่รู้จัก ซึ่งสิ่งที่นำมาช่วยแก้ปัญหานี้คือ GPS ร่วมกับผู้ให้บริการแผนที่เช่น Google Maps เพื่อใช้ในการแสดงตำแหน่งปัจจุบันและนำมาเทียบกับแผนที่เพื่อทำให้เห็นภาพรวมของสถานที่ปัจจุบันรวมถึงใช้ในการค้นหาเส้นทางสำหรับการเดินทางไปยังจุดหมายได้อีกด้วย แต่เมื่อต้องอยู่ภายในอาคาร แผนผังทางเดินในอาคารจะเป็นสิ่งที่ช่วยในการบอกตำแหน่งและระบุเส้นทางที่จะไปยังจุดหมายได้ดีกว่าเพราะในบางอาคารนั้นไม่สามารถใช้งาน GPS ได้อีกทั้ง GPS เองยังมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 7.8 เมตร[1]

โดยปกติแผนผังทางเดินในอาคารมักจะอยู่ในรูปแบบของบอร์ดที่ติดตามกำแพงในอาคารหรือเผยแพร่ไว้ในเว็บไซต์สำหรับผู้ที่เข้ามาใช้งานอาคารใช้ในการอ้างอิง แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่ยังคงเกิดขึ้นคือแผนผังทางเดินที่ซับซ้อนและผู้ที่เข้ามาในอาคารต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ ค้นหาจุดหมายปลายทางและเส้นทางที่จะเดินทางไปอีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการใช้งานเนื่องจากแผนที่เป็นเพียงแค่ข้อมูลภาพเท่านั้น

ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลทางเดินในอาคารและนำไปสร้างเป็นแผนผังการเดินในอาคารได้ นอกจากช่วยลดเวลาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผนผังการเดินในอาคารได้แล้ว ยังสามารถนำไปต่อยอดกับระบบนำทางในอาคารได้ [2],[3]

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำแนวความคิดในการสร้างแผนผังการเดิน[4] มาเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างแผนผังการเดินได้โดยใช้เพียงสมาร์ทโฟนและเครื่องคอมพิวเตอร์โดยหน้าที่หลักของสมาร์ทโฟนคือการเก็บข้อมูลวิดีโอตลอดช่วงการเดินและในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในสมาร์ทโฟน เช่น accelerometer หรือ gyroscope และส่งต่อให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและสร้างแผนผังการเดิน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

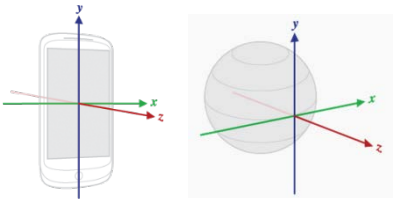
สำหรับการสร้างแผนผังอาคารหรือแผนผังการเดินมีนักวิจัยที่คิดค้นวิธีการสร้างขึ้นโดยระบบที่พัฒนาขึ้นร่วมกับการใช้เซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น งานวิจัยจาก Hyojeong Shin, Yohan Chon และ Hojung Cha ที่สร้างระบบ SmartSLAM[5] โดยใช้หลักการของ Wi-fi fingerprint กับเซ็นเซอร์ accelerometer และเข็มทิศดิจิทัลช่วยในการสร้างแผนผัง โดยใช้ความแรงสัญญาณของ access point เป็นเครื่องมือหลักในการระบุตำแหน่งโดยวัดระยะห่างจาก access point ที่กำลังเชื่อมต่ออยู่ กับข้อมูลจากเข็มทิศเพื่อประกอบกันจนสามารถสร้างแผนผังการเดินได้ แต่สำหรับงานวิจัยนี้จำเป็นต้องทำงานร่วมกับ access point ของอาคารในการระบุตำแหน่งซึ่งในบางอาคารอาจไม่มีการติดตั้ง access point หรือสัญญาณอาจไม่ได้ครอบคลุมทั้งอาคาร

งานวิจัยของ Aditya Sankar และ Steven M.Seitz[6] พัฒนาโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ iOS เพื่อทำการถ่ายวิดีโอและเก็บข้อมูลประกอบอื่นๆ นำไปสร้างแผนผังภายในบ้านจากการถ่ายวิดีโอโดยการหมุนรอบตัวเองที่บริเวณกลางห้องและทำการเคลื่อนที่ไปเก็บข้อมูลทุกห้องภายในบ้าน หลังจากนั้นระบบจะให้ผู้ใช้ช่วยทำการยืนยันและช่วยเหลือด้านข้อมูลเพื่อให้ระบบสามารถสร้างแผนผังของบ้านได้ แต่จะได้แผนผังในรูปแบบของบ้านพักอาศัยหรือห้องในอาคาร แต่ไม่ได้มีการกล่าวถึงการสร้างทางเดินที่เชื่อมต่อกันระหว่างห้องภายในอาคาร

จากปัญหาที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น จึงได้นำวิธีการสร้างแผนผังการเดิน[4] มาทำการพัฒนาเพื่อใช้งาน โดยงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลการเดินด้วยสมาร์ทโฟน การระบุพื้นทางเดินจากภาพ และ การคำนวณระยะทางการเดิน

2.1 การเก็บข้อมูลการเดินด้วยสมาร์ทโฟน

เนื่องจากปัจจุบันในสมาร์ทโฟนนั้นมีการรวมเซ็นเซอร์หลายชนิดเข้าไว้ด้วยกันเพื่อประโยชน์การใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การถ่ายวิดีโอ การตรวจจับการเคลื่อนที่ หรือแม้แต่การหมุนซึ่งสิ่งเหล่านี้ สามารถนำมาใช้ในการสร้างแผนผังการเดินในอาคารได้ โดยที่การถ่ายวิดีโอขณะเดินนั้นจะทำให้เห็นลักษณะของพื้นทางเดินว่ามีรูปร่างแบบใด ส่วนการตรวจจับการเคลื่อนที่จะใช้ accelerometer ตรวจจับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และ gyroscope ที่สามารถตรวจจับการหมุนได้ดังที่แสดงในรูปที่ 1



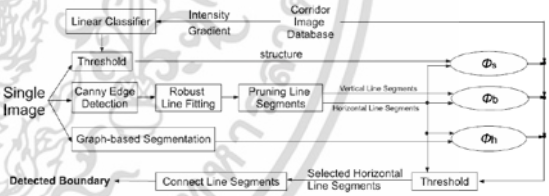
รูปที่ 1 ระบบแกนของ accelerometer และ gyroscope บน Android OS

ในการพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Android นั้น สามารถเรียกใช้งาน API ของ SensorEvent ที่ทำงานกับเซ็นเซอร์ accelerometer เพื่อตรวจจับข้อมูลการเคลื่อนที่และ gyroscope เพื่อตรวจจับข้อมูลการหมุนจากสมาร์ทโฟนได้โดยที่ค่าที่ได้นั้นจะมีหน่วยเป็น m/s^2 สำหรับ accelerometer และ rad/s สำหรับ gyroscope

ในระบบปฏิบัติการ Android รุ่น 4.4(KITKAT) นั้นได้มีการเพิ่มเติม API ที่ปรับปรุงการเรียกใช้งานเซ็นเซอร์บางชนิดให้สะดวกยิ่งขึ้น เช่น step detector และ step counter ซึ่งทำให้ตรวจจับการก้าวได้รวมถึงจำนวนก้าวที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้โดยไม่ต้องนำค่าจาก accelerometer มาทำการหารูปแบบและนับจำนวนการก้าว ซึ่ง step counter จะมีหน่วยเป็นก้าวส่วน step detector จะเป็นเพียง API เพื่อแจ้งว่าเกิดการก้าวขึ้นแล้วจึงไม่มีหน่วยโดยที่ตัวเซ็นเซอร์เองจะมี delay เกิดขึ้นด้วยแต่จะไม่เกิน 2 วินาที[7]

2.2 การระบุพื้นทางเดินจากภาพ

มีงานวิจัยที่คิดค้นวิธีการจำแนกพื้นทางเดินออกจากภาพถ่ายโดยมีงานวิจัยจาก Yinxiao Li และ Stanley T. Birchfield[8] ได้เสนอวิธีการจำแนกพื้นทางเดินจากภาพหนึ่งภาพตามแผนผังการประมวลผลในรูปที่ 2 ซึ่งเริ่มจากการค้นหาเส้นโดยใช้ Canny Edge Detector หลังจากนั้นทำการคัดแยกเส้นที่ไม่ได้อยู่ในแนวตั้งและแนวนอนออกไป



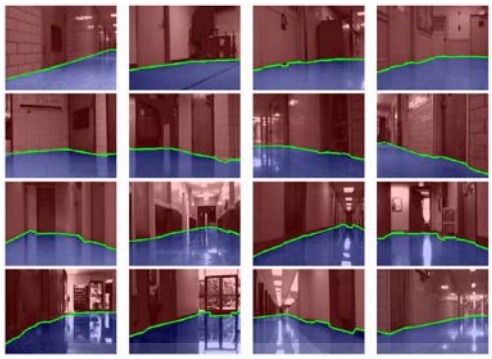
รูปที่ 2 แผนผังการประมวลผลเพื่อจำแนกพื้นจากภาพถ่าย

ต่อจากนั้นทำการตัดทอนเส้นเพิ่มเติมเพื่อให้คงเหลือแต่เส้นที่เป็นตัวแบ่งระหว่างพื้นกับกำแพงออกจากกันไว้เท่านั้น ต่อมาเส้นแนวนอนจะถูกนำมาคำนวณอีกครั้งด้วยสมการที่ 1

$$\Phi_{total}(l_h) = w_s \phi_s(l_h) + w_b \phi_b(l_h) + w_h \phi_h(l_h) \quad (1)$$

โดยสมการนี้จะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ โครงสร้างของเส้นแนวนอนจากภาพไบนารี ส่วนที่ 2 คือ การหาเส้นที่อยู่ใกล้กับขอบภาพด้านล่างมากที่สุดและใกล้กับเส้นแนวตั้ง และส่วนสุดท้ายคือ การจำแนกด้วยสีที่อยู่ภายในภาพ และเมื่อเอามาคำนวณและนำไปเปรียบเทียบกับค่า threshold ก็จะได้ภาพที่มีการแบ่งพื้นกับกำแพงออกจากกันตามรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



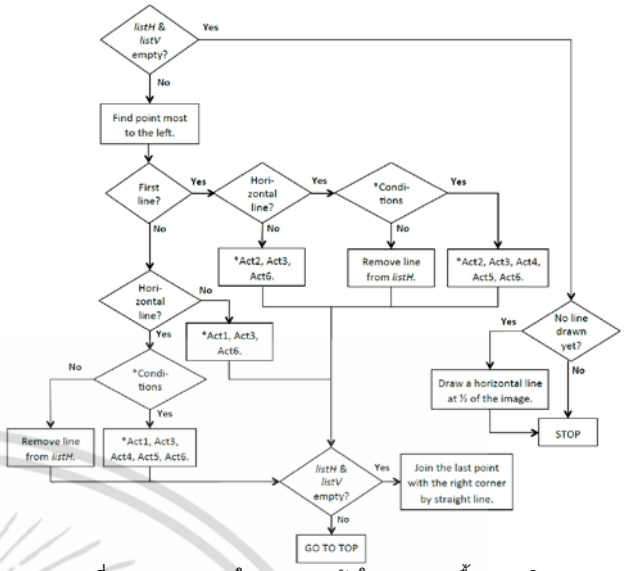
รูปที่ 3 ผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยวิธีการของ Yinxiao Li และ Stanley T. Birchfield

มีงานวิจัยอีกชิ้นหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเป็นงานวิจัยของ Guillum Casas Barcelo [9] ซึ่งเป็นการระบุพื้นทางเดินจากภาพหนึ่งภาพเช่นกันและใช้วิธีการเบื้องต้นใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกันหลังจากที่ทำการค้นหาเส้นขอบได้เรียบร้อยแล้ว จะใช้วิธีการของ Hough Transform ในการค้นหาเส้นตรงแล้วจึงนำไปใช้ในขั้นตอนการค้นหาส่วนของพื้นทางเดินต่อไป โดยภาพมีผลลัพธ์ตามรูปที่ 4

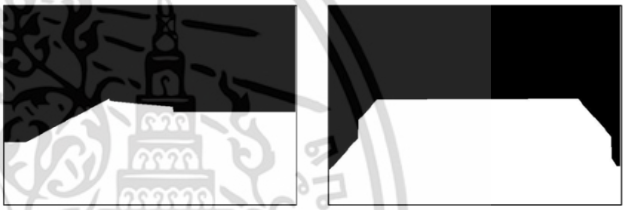
รูปที่ 4 ผลลัพธ์ของเส้นที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนของ Hough Transform

หลังจากที่คัดเลือกเส้นตรงจากเส้นขอบทั้งหมดได้แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการนำเส้นตรงเหล่านี้มาแบ่งกลุ่มโดยจะแบ่งเป็นกลุ่มเส้นแนวตั้งซึ่งจะอยู่ในช่วง 10 องศาเมื่อเทียบเส้นแนวตั้ง และ กลุ่มเส้นแนวนอนซึ่งเส้นจะอยู่ในช่วง 65 องศาเมื่อเทียบกับเส้นแนวนอนและเส้นทั้งสองกลุ่มนั้นจะต้องมีส่วนหนึ่งอยู่ภายในภาพครึ่งล่าง เพราะในงานวิจัยนี้จะเน้นการประมวลภาพที่อยู่บริเวณด้านล่างของภาพซึ่งเป็นพื้นทางเดินเท่านั้น

เมื่อได้เส้นของทั้งสองกลุ่มมาแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของการระบุพื้นทางเดินคือ ทำการเชื่อมต่อเส้นและจุดที่ได้รวบรวมมาตามผังการทำงานในรูปที่ 5 และได้ผลลัพธ์สุดท้ายในรูปที่ 6



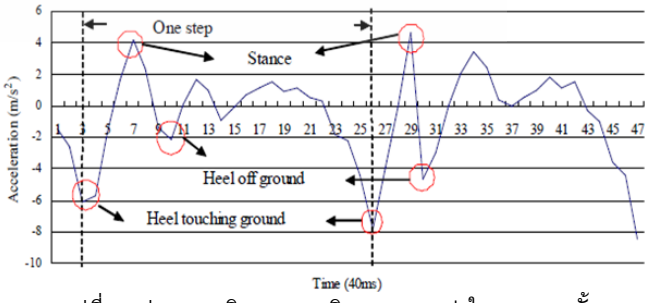
รูปที่ 5 Flow chart ในการร่างเส้นในการระบุพื้นทางเดิน



รูปที่ 6 ผลลัพธ์ของการหาพื้นทางเดินตามวิธีการของ Guillum

2.3 การคำนวณระยะทางการเดิน

จากงานวิจัยของ Wen-Yuah Shih และ Kun-Chan Lan[10] ที่นำ SHM(Simple Harmonic Motion) มาประยุกต์และใช้บนสมาร์ทโฟนเพื่อการตรวจจับการก้าว และคำนวณระยะทางการเดิน สำหรับงานวิจัยนี้จำเป็นต้องนำค่าแรงโน้มถ่วงโลกออกจากความเร่งในแนวแกนตั้งเสียก่อนจึงจะนำมาใช้ในการค้นหารูปแบบของการเดินตามรูปที่ 7 แล้วนำผลของการเดินแต่ละก้าวมาหาระยะทางโดยนำความเร่งคำนวณหาความเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาด้วยการ Integral ได้ผลลัพธ์เป็นความเร็ว และนำค่าความเร็วที่ได้ทำการ Integral เทียบกับเวลาอีกครั้งเพื่อให้ได้ระยะทาง



รูปที่ 7 รูปแบบพฤติกรรมการเดินจากความเร่งในแนวแกนตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประมาณระยะการก้าวของแต่ละคน คือ การคำนวณระยะการก้าวจากความสูงของผู้เดิน[11] โดยอ้างอิงจากสมการที่ 2 โดยที่ค่าคงที่จะเท่ากับ 0.413 เมื่อเป็นเพศหญิง และมีค่าเท่ากับ 0.415 เมื่อเป็นเพศชาย

ระยะก้าว = ความสูง x ค่าคงที่ (2)

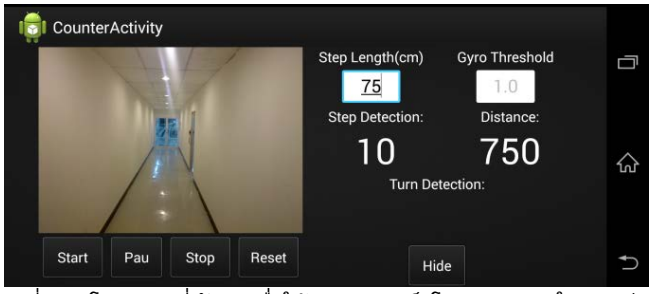
3. การออกแบบและวิธีการทำงานของระบบ

สำหรับการทำงานโดยรวมนั้นจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ต่อจากนั้นผู้ใช้จะทำการโอนข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสร้างแผนผังการเดิน ดังนั้นการออกแบบระบบตามรูปที่ 8 แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเดินและการเคลื่อนไหวกับส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแผนผังการเดินในอาคาร

รูปที่ 8 การทำงานโดยรวมของระบบ

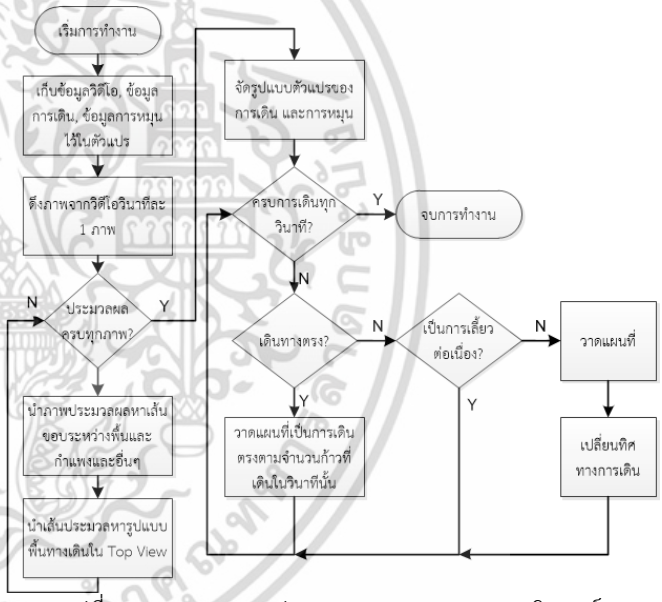
สำหรับการเก็บข้อมูลการเดินในงานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาโปรแกรมและนำไปใช้งานบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งสมาร์ทโฟนที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็น Sony รุ่น Xperia Z2 โดยใช้ Android OS เวอร์ชั่น 4.4.4 KITKAT ที่มีเซ็นเซอร์รองรับการตรวจจับการก้าวและ นับจำนวนก้าวทั้งหมดเพื่อนำมาใช้งานได้(Step Detector และ Step Counter) โดยพื้นฐานการทำงานของโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนนั้น เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน จะทำการถ่ายวิดีโอการเดินและเก็บข้อมูลจำนวนก้าวรวมถึงข้อมูลการเลี้ยวที่เกิดขึ้นของผู้ใช้ไปพร้อมๆ กันกระทั่งผู้ใช้งานสั่งหยุดการทำงาน โดยมีหน้าจอการทำงานตามรูปที่ 9

การทำงานทั้งหมดบน Android จะเรียกใช้ API ต่างๆ เพื่อใช้งานเซ็นเซอร์ โดยการถ่ายวิดีโอจะเรียกผ่าน class Camera ส่วนด้านการเคลื่อนที่จะใช้ class SensorManager โดยที่จะเรียกใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว คือ gyroscope เพื่อใช้ในการตรวจจับการเลี้ยว และ step detector เพื่อใช้ในการตรวจจับการก้าวที่เกิดขึ้น แล้วจึงนำข้อมูลแยกบันทึกลงเป็นไฟล์ข้อมูลภายในหน่วยความจำของสมาร์ทโฟนและรอเพื่อทำการคัดลอกข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสร้างแผนผังการเดิน



รูปที่ 9 รูปโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้งานบนสมาร์ทโฟน Android ในการเก็บข้อมูลการเดิน

ส่วนต่อมาคือการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแผนผังการเดิน ในส่วนนี้จะใช้ MATLAB เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทั้งหมดซึ่งมี flow chart การทำงานแสดงในรูปที่ 10 โครงสร้างภายในของระบบจะประมวลผลตามขั้นตอนเริ่มจาก การนำข้อมูลที่ได้มาจากสมาร์ทโฟนเข้ามายังที่กำหนดไว้



รูปที่ 10 flow chart การประมวลผลของระบบบนคอมพิวเตอร์

ต่อมาทำการดึงภาพในแต่ละวินาทีของการเดินจากวิดีโอออกมาเพื่อนำเอาไปใช้ในการวิเคราะห์หารูปแบบของทางเดินว่าเป็นทางเดินลักษณะใดโดยขั้นตอนนี้จะนำวิธีการของ Barcelo, G.C มาประยุกต์ใช้โดยนำแต่ละภาพมาทำการหาเส้นขอบโดยใช้ Canny Edge Detection หลังจากนั้นทำการหาเส้นตรงที่ยาวพอโดยใช้วิธีการของ Hough Transform ตามรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) ภาพก่อนการประมวลผล

ข) ภาพหลังการประมวลผล

รูปที่ 11 ก) ภาพที่ได้จากวิดีโอก่อนการประมวลผล ข) ภาพหลังการประมวลผลและได้เส้นตรงบริเวณรอยต่อของกำแพงและพื้นทางเดินที่ประมวลผลได้จากการประยุกต์วิธีการของ Barcelo, G.C

หลังจากที่คัดแยกเส้นตรงมาได้แล้วทำการแบ่งเส้นออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นตรงในแนวแกนตั้งซึ่งจะใช้แทนขอบหรือมุมของกำแพงเพื่อทำการหาทางแยก เส้นตรงในแนวแกนนอนเพื่อระบุถึงทางเดินที่น่าจะมีกำแพงอยู่ด้านหน้า และเส้นตรงในแนวเอียงที่มีองศาอยู่ในช่วง 15 ถึง 50 องศาจากแนวแกนตั้งเพื่อเป็นตัวแทนของทางเดินปกติที่จะทอดยาวออกไปในมุมมองแบบ perspective หลังจากทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของเส้นทั้งหมดเพื่อนำไปเปลี่ยนรูปจากมุมมองแบบ perspective ให้กลายเป็นมุมมองด้านบนหรือ top view เพื่อนำไปใช้ในการประกอบสร้างแผนผังการเดิน การเดินที่ไม่สามารถถูกตรวจจับการเลี้ยวโดย gyroscope จะถือว่าเป็นการเดินเป็นเส้นตรงจนกว่าผู้ใช้ได้ทำการเลี้ยวหรือระบบสามารถตรวจจับเจอทางแยกได้ โดยที่เงื่อนไขของทางแยกในระบบนี้คือระบบสามารถตรวจจับเส้นในแนวแกนตั้งที่ด้านเดียวกัน(ซ้ายหรือขวาหรือทั้งสองด้าน) และอยู่ในช่วง 3 วินาทีติดต่อกัน

เมื่อได้รูปของทางเดินในมุม top view ในทุกรูปที่มาจากวิดีโอแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำมาประกอบกันเพื่อสร้างเป็นแผนผังการเดิน โดยในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลการเคลื่อนที่จาก gyroscope และ step detector มาร่วมในการประมวลผลด้วย โดยจะอ้างอิงจากทิศทางการเดินและจำนวนก้าว

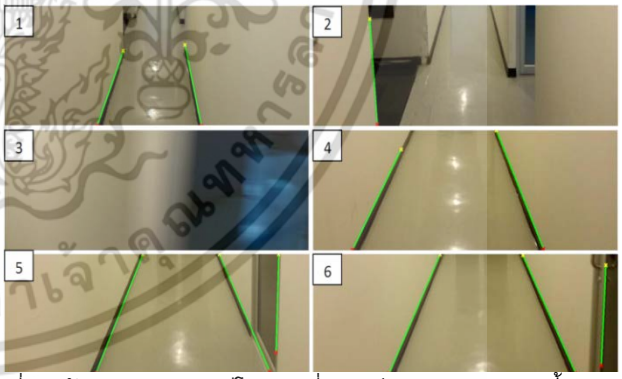
4. ผลการทดลอง

หลังจากพัฒนาโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว ก่อนการทดลองมีการใช้งานระบบเพื่อทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์ step detector เพื่อเป็นการยืนยันว่าเซ็นเซอร์นั้นสามารถใช้งานได้ถูกต้อง โดยทำการทดสอบด้วยการเดินเป็นเส้นตรงในจำนวนก้าวที่ต่างกัน ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ผลเป็นที่น่าพอใจเพราะมีความผิดพลาด 3 ครั้งครั้งละ 1 ก้าว เท่านั้นจากการเดินทั้งหมด 9 ครั้ง

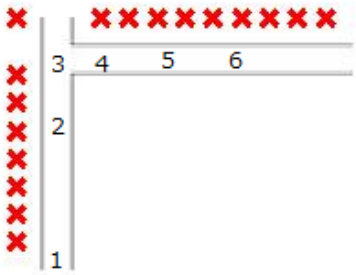
ตารางที่ 1 ผลการคำนวณจำนวนก้าวเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนการก้าวจริง

การเดินที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
จำนวนก้าวจริง	268	70	54	63	79	61	96	62	97
จำนวนก้าวจากระบบ	268	70	54	62	78	62	96	62	97
แตกต่าง	0	0	0	1	1	1	0	0	0

สำหรับการทดลอง เริ่มจากการคัดเลือกสถานที่ที่จะใช้เพื่อเก็บข้อมูลการเดิน โดยการใช้งานระบบนั้นผู้ทำการทดลองจะถือสมาร์ทโฟนไว้ที่ระดับสายตาและพยายามประคองสมาร์ทโฟนให้ขนานกับพื้นทางเดินตลอดการเดินเก็บข้อมูล หลังจากนั้นทำการกดปุ่มเริ่มต้นการเก็บข้อมูลพร้อมกับเริ่มเดินไปตามทางเดินโดยเดินอยู่บริเวณกลางทางเดิน ทำการเลี้ยวเมื่อต้องการจะเลี้ยวที่ทางแยกโดยที่จะทำการเลี้ยวในลักษณะการหมุนตัวอยู่กับที่ที่ไม่ใช่การเดินขณะทำการเลี้ยว กดหยุดการเก็บข้อมูลเมื่อถึงปลายทางเป็นอันเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลการเดิน 1 ครั้ง โดยข้อมูลทั้งหมดนั้นจะถูกจัดเก็บไว้ในสมาร์ทโฟน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องทำการคัดลอกข้อมูลจากในสมาร์ทโฟนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสร้างแผนผังจากโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป โดยภาพการประมวลผลจะแสดงในรูปที่ 12 และได้ผลของแผนผังการเดินตามรูปที่ 13 ซึ่งเครื่องหมายกากบาทที่แสดงในแผนผังการเดินจะเป็นการแทนต่อหนึ่งก้าวที่เกิดขึ้นและสามารถนำมาคำนวณกับระยะก้าวเพื่อหาระยะทางการเดินจริงได้ แต่ถ้าจะนำแผนผังมาใช้งานก็ทำการลบกากบาทออกไป

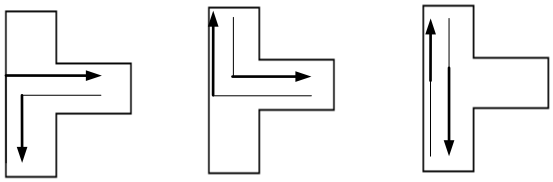


รูปที่ 12 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอ ภาพที่ 1-2 เป็นการเดินตรงและเลี้ยวขวาที่ภาพที่ 3 และเดินตรงต่อไปตามภาพที่ 4-6



รูปที่ 13 ผลลัพธ์การสร้างแผนผังการเดินซึ่งอ้างอิงการเดินในรูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 ภาพการเดินของ Route 1 ถึง 3 ตามลำดับ

จากการเดินทดสอบในสถานที่ 3 แห่งที่เป็นลักษณะสามแยกและสี่แยกทั้งหมด 57 ครั้ง เป็นการเดินในสถานที่ที่ละ 3 เส้นทางที่แตกต่างกันในบริเวณเดียวกันตามรูปที่ 14 แต่ละเส้นทางเป็นการเดินไปและกลับ โดยถือว่าเป็นการเดินคนละครั้งซึ่งมีทั้งการเดินแบบตรงและแบบมีการเลี้ยว สำหรับระยะทางการเดิน นั้นจะคำนวณจากจำนวนก้าวเดินที่เกิดขึ้นคูณกับระยะก้าวของผู้เดิน ซึ่งอ้างอิงจากสมการที่ 2 สำหรับผู้เดินครั้งนี้มีความสูง 180 ซม. ดังนั้นระยะก้าวของการเดินอยู่ที่ 75 ซม. แล้วนำมาเปรียบเทียบกับระยะการเดินจริงแล้วได้เป็นผลตามตารางที่ 2 ซึ่ง Total Distance จะเป็นระยะทางจริงของทางเดินซึ่งจะเท่ากันทั้งการเดินขาไปและขากลับ ส่วน System Count คือจำนวนก้าวเฉลี่ยที่ระบบตรวจจับได้จากการเดินหลายครั้งในเส้นทางเดียวกัน(มีทั้งขาไปและขากลับ) และ Calculated Distance คือการนำเอา System Count มาคูณกับระยะก้าวของผู้ทำการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณระยะการเดินเมื่อเปรียบเทียบกับระยะการเดินจริง

1st Place : Sino Tower 10th floor

	Total Distance(cm)	System Count	Calculated Distance(cm)	Distance Error(%)
Route 1	1320	17.3	1297.5	1.70
Route 2	1170	15.4	1155	1.28
Route 3	1050	15.4	1155	10.00

2nd Place : LPN Thapha 9th floor

	Total Distance(cm)	System Count	Calculated Distance(cm)	Distance Error(%)
Route 1	960	12.7	952.5	0.78
Route 2	1050	15.3	1147.5	9.29
Route 3	930	15.3	1147.5	23.39

3rd Place : TNI's A Building 6th floor

	Total Distance(cm)	System Count	Calculated Distance(cm)	Distance Error(%)
Route 1	1170	18.1	1357.5	16.03
Route 2	900	14.6	1095	21.67
Route 3	930	14.6	1095	17.74

5.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองและงานต่อเนื่อง

ในงานวิจัยนี้ทำการพัฒนาระบบที่สามารถสร้างแผนผังการเดินภายในอาคารได้จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟนโดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์เพิ่มเติมอื่นๆ จากในอาคาร

ด้านความแม่นยำของระยะทางการเดิน จากตารางที่ 2 เมื่อนำระยะทางการเดินที่คำนวณเปรียบเทียบกับระยะทางจริงที่แสดงในช่อง Distance Error(%) พบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระยะทางการเดินรวมอยู่ที่ 11.32% หรือ 112.5 ซม. ซึ่งเมื่อเทียบเป็นจำนวนก้าวของผู้เดินจะอยู่ที่ 1.5 ก้าว โดยถ้านำไปเปรียบเทียบกับการใช้งานจริงของแผนผังทางเดินในอาคาร ความ คลาดเคลื่อนส่วนนี้ยังไม่กระทบกับการนำแผนผังทางเดินไปใช้งานจริง สำหรับการเดินในสถานที่ที่ 3 ที่ค่า Distance Error มีค่าสูงกว่าการเดินในครั้งอื่นมากอาจมีปัจจัยจากการเดินที่ผิดไปจากปกติมากเนื่องจากการควบคุมระยะก้าวการเดินในคงที่ในทุกก้าวสำหรับมนุษย์นั้นเป็นไปได้ยาก อีกทั้งยังมีปัจจัยเพิ่มเติมในการเดินเช่น ความเหนื่อยล้าก่อนการเดิน การแต่งกาย หรือ รองเท้าที่สวมใส่

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้เกิดจาก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ ระยะการก้าวของผู้เดินที่ไม่สามารถก้าวให้เท่ากันในทุกก้าวตามที่กล่าวข้างต้น ปัจจัยที่สองคือ การตรวจจับจำนวนก้าวของสมาร์ทโฟนยังมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยแต่ไม่เกิน 2 ก้าวและปัจจัยสุดท้ายคือ การเดินในก้าวสุดท้ายที่มักจะเดินไม่พอดีกับระยะก้าวที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานซึ่งพบว่ามักจะเดินขาดหรือเกินเล็กน้อยเสมอ

สำหรับความถูกต้องในการตรวจสอบรูปแบบทางเดิน ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องเมื่อเกิดการเลี้ยวขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยวไปทางซ้าย หรือทางขวาโดยจำนวนวินาทีที่ทำให้การเลี้ยวถูกตรวจจับได้อย่างสมบูรณ์จะอยู่ที่ประมาณ 2 วินาที แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในกรณีที่เดินเจอทางแยกหรือประตูและไม่ทำการเลี้ยวไปทางนั้น ในบางครั้งเส้นแนวตั้งที่ควรจะตรวจจับได้กลับตรวจจับไม่พบทำให้ระบบตีความออกมาเป็นทางเดินตรงปกติแทน

งานต่อเนื่องจากงานวิจัยนี้จะมี 3 ประเด็นคือ การเพิ่มความแม่นยำของระยะทางการเดินเพื่อนำไปใช้งานกับระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น เช่น ระบบแนะนำเส้นทางหรือระบบนำทางในอาคาร ประเด็นต่อมาคือการวิเคราะห์รูปแบบของพื้นทางเดินได้หลากหลายมากขึ้นเพื่อทำให้การใช้งานสามารถใช้ในพื้นที่ได้หลากหลายมากขึ้น ประเด็นสุดท้ายคือการนำภาพที่ทำการวิเคราะห์ไปใช้งานต่อเช่น การนำภาพไปวิเคราะห์หาจุดเด่นหรือป้ายต่างๆ ที่อยู่ระหว่างทางเดินโดยใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีประโยชน์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] “GPS.gov: GPS Accuracy.” [Online]. Available: http://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/. [Accessed: 28-Dec-2014].

[2] E. Wise, B. Li, T. Gallagher, A. Dempster, C. Rizos, E. Ramsey-Stewart, and D. Woo, “Indoor navigation for the blind and vision impaired: Where are we and where are we going?,” in *2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, 2012, pp. 1–7.

[3] N. Fallah, I. Apostolopoulos, K. Bekris, and E. Folmer, “The User As a Sensor: Navigating Users with Visual Impairments in Indoor Spaces Using Tactile Landmarks,” in *Proceedings of the SIGCHI*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 2012, pp. 425–432.

[4] V. Euapoonviriya and S. Mruetusatorn, "A New Method of Generating the Indoor Floor Plan of Walking Route using Sequential Images and Movement Data Analysis and Processing," presented at the ICBIR 2014 International Conference on Business and Industrial Research, 2014, pp. 215–217.

[5] H. Shin, Y. Chon, and H. Cha, "Unsupervised Construction of an Indoor Floor Plan Using a Smartphone," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 42, no. 6, pp. 889–898, Nov. 2012.

[6] A. Sankar and S. Seitz, "Capturing Indoor Scenes with Smartphones," in *Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, New York, NY, USA, 2012, pp. 403–412.

[7] "Motion Sensors | Android Developers." [Online]. Available: http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-stepcounter. [Accessed: 28-Dec-2014].

[8] Y. Li and S. T. Birchfield, "Image-based segmentation of indoor corridor floors for a mobile robot," in *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2010, pp. 837–843.

[9] G. C. Barcelo, G. Panahandeh, and M. Jansson, "Image-based floor segmentation in visual inertial navigation," in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2013 IEEE International*, 2013, pp. 1402–1407.

[10] W.-Y. Shih, L.-Y. Chen, and K.-C. Lan, "Estimating Walking Distance with a Smart Phone," in *2012 Fifth International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming (PAAP)*, 2012, pp. 166–171.

[11] J. Goodwin, *Touch & Movement: Palpation and Kinesiology for Massage Therapists*. Cengage Learning, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตาสามมิติโดยใช้ภาพตาสองมิติ

Mathematical Model for 3D Eye Motion Estimation Based on 2D Eye Image

ธนานัน จันทิมา[†1], ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์[†2], วิศาล มหาสิทธิวัฒน์[‡3]

[†]สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, นครนายก
[1] Thananan.jan@gmail.com
[2] theekapun@gmail.com
[‡]คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, นครนายก
[3] visan@swu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการศึกษาการประมาณการเคลื่อนที่ของตาในระบบ 3 มิติมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้การหมุนของเมทริกซ์ในการประมาณค่าการเคลื่อนที่ในระบบ 3 มิติของตาจากภาพตาจริง 2 มิติจากกล้องอินฟาเรด ขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก 1) การสร้างแบบจำลองตา 3 มิติ 2) การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนแรกแบบจำลองตา 3 มิติ ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ไลบรารี่ OpenGL หมุน ±50 องศา รอบแกนนอนและแกนตั้ง โดยใช้ค่าความยาวของเส้นแนวนอน และแนวตั้งบนรูม่านตาเป็นตัวกำหนดการหมุน ขั้นตอนที่สองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สร้างขึ้นโดยใช้การหมุนของเมตริกซ์ในการหมุนพิกัดอ้างอิงเพื่อหาขนาดของเส้นอ้างอิงบนรูม่านตา ขนาดของเส้นอ้างอิงนี้จะนำไปเทียบกับภาพตาจริง 2 มิติ ประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นทดสอบโดยใช้แบบจำลองตา 3 มิติ หมุน ±50 องศา รอบแกนนอน และแกนตั้ง มีความถูกต้องของค่าการเคลื่อนที่ แกนนอน (R_{ex}) และแกนตั้ง (R_{ey}) คือ 99.53 % และ 99.29% เมื่อนำภาพตาจริง 2 มิติ มาหาค่าการเคลื่อนที่ในระบบ 3 มิติ ผลเป็นที่น่าพึงพอใจ แบบจำลองตา 3 มิติสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับ ภาพตา 2 มิติ งานวิจัยนี้สามารถประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตาในระบบสามมิติโดยใช้กล้องแค่หนึ่งตัวต่อตาหนึ่งข้าง ซึ่งสามารถนำไป ต่อยอดในการวินิจฉัยระดับของอาการตากระตุกได้

คำสำคัญ : การเคลื่อนที่ของตา,การหมุนของเมทริกซ์,ตากระตุก

Abstract

A challenge of current research concerning eye motion estimation in three-dimensional (3D) space is to estimate 3D eye motion from a two-dimension (2D) eye image. This paper proposed mathematic model using rotation matrix to estimate eye motion in 3D space from a 2D eye image. Eye movement is captured from two cameras mounting on an infrared binocular. A camera focuses on an eye. Data is recorded in image sequence format. This method consists of two steps: 1) formed 3D eye visual model 2) formed mathematical model. First, 3D eye visual model reconstructed from OpenGL library. Eye is rotated between ±50 degrees in two directions: yaw and pitch axis. Length of vertical and horizontal lines across the pupil are measured and used as indicator of eye rotation. Second, mathematic model is formed by using rotation matrix to rotate reference points to calculate the length of the two lines. Computational result of the two line is compared with the lengths from real eye rotation. To test the performance of proposed method, computational result will be compared with 3D eye visual model. Rotation angle is varied from ±50 degrees in yaw and pitch axis. The accuracy result of horizontal movement (R_{ex}) and vertical movement (R_{ey}) are 99.53 % and 99.29% respectively. To evaluate 3D motion of 2D real eye image, Computation result will be compared with 2D eye image and sent to rotate 3D eye visual model, the result is satisfy. Direction of 3D eye visual model is be the same as 2D eye image. The advantage of this method is that eye motion in 3D space can be estimated from only one camera. The application of this method is to interpret the level of nystagmus disease in quality term.

Keywords: Eye motion, Rotation matrix, Nystagmus

1. คำนำ

ในปัจจุบันเนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการประมวลผลภาพ เราสามารถที่จะสร้างภาพ 3 มิติ จากภาพ 2 มิติได้ ซึ่งความแตกต่างของภาพ 2 มิติกับภาพ 3 มิติ คือ ความลึกของวัตถุ เทคโนโลยีในการสร้างภาพ 3 มิติเดิม[1,2] รับภาพ 2 มิติจากกล้อง 2 ตัว ภาพจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แล้วหาจุดสมนัยกันของภาพเพื่อสร้างภาพ 3 มิติ Y. Y. Huang และคณะ [3] สร้างวัตถุ 3 มิติจาก ภาพ 2 มิติ 2 ภาพโดยการตรวจจับมุมของวัตถุและใช้หลักการแรเงาในการสร้างพื้นผิวของวัตถุ แต่ไม่สามารถใช้กับวัตถุที่มีส่วนเว้าโค้งมากได้ S. Wibirama และคณะ [4] ได้ติดตามการเคลื่อนที่ของดวงตาโดยใช้กล้อง 2 ตัวติดตามการเคลื่อนที่ของรูม่านตาแล้วทำการแปลงเป็นพิกัด 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียคือต้องวัดขนาดของดวงตาก่อนทำการประมวลผล S. Dong [5] นำเสนอวิธีการสร้างภาพ 3 มิติ โดยใช้กล้อง 1 ตัวและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งในการสร้างภาพ 3 มิติ ช่วยลดปัญหาการเคลื่อนไหวของกล้องขณะจับภาพ

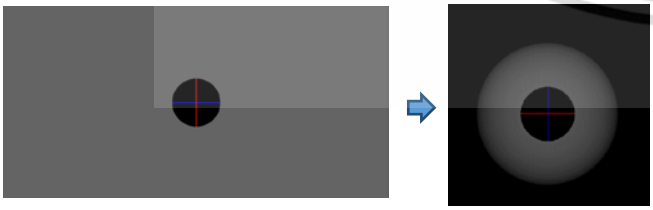
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อยอดจากงานวิจัยเดิม[6,7,8]โดย Ch.Theekapun และคณะ นำเสนออัลกอลิทึมการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาจากภาพตา 2 มิติโดยใช้วิธี Integrated, K-mean Clustering and Mahalanobis Distance, Shape Estimation เพื่อจำแนกรูม่านตาออกจากพื้นหลัง ข้อดีของงานวิจัยคือสามารถติดตามการเคลื่อนที่ของตาแบบ 2 มิติโดยใช้กล้องอินฟาเรดเดี่ยว[i] เพื่อให้เหมือนกับการเคลื่อนที่ของตาจริงที่ลักษณะเป็นทรงกลม มีการเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใช้ในการประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตาระบบ 3 มิติ โดยใช้ภาพตา 2 มิติจากกล้องอินฟาเรดเดี่ยว

ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึง การสร้างแบบจำลองและการคำนวณในหัวข้อที่ 2 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพในหัวข้อที่ 3 ผลการทดลองในหัวข้อที่ 4 และสรุปอภิปรายผลในหัวข้อที่ 5

2. การสร้างแบบจำลอง และการคำนวณ

2.1 การสร้างแบบจำลองตา 3 มิติ

แบบจำลองตา 3 มิติ สร้างจากไลบรารี่ OpenGL โดยการสร้างทรงกลม แล้วทำการแมพพิ้ง ภาพบิทแมพ ขนาด 512 x 256 พิกเซล ที่มีวงกลมรัศมี 64 พิกเซล อยู่ตรงกลาง มีเส้นอ้างอิง 2 เส้น ขนาด 128 พิกเซล ตั้งฉากกัน ตัดกันที่จุดศูนย์กลางวงกลมดังแสดงในรูปที่ 1 แบบจำลองตา 3 มิติที่สร้างขึ้น สามารถหมุนได้รอบแกนนอนและแกนตั้ง โดยการส่งค่า θ_x, θ_y คือค่ามุมการหมุนในแนวแกนนอนและมุมการหมุนในแนวแกนตั้ง ตามลำดับ เมื่อหมุนไปที่มุมใดๆ พิกัดของจุดปลายของเส้นอ้างอิงจะเปลี่ยนไป และขนาดของความยาวเส้นจะเปลี่ยนไป พิกัดการหมุน (0,0) เมื่อวงกลมสีดำหรือรูม่านตาอยู่ตรงกลาง หมุนไปทางขวามือ ค่า θ_x เป็นบวก หมุนไปทางซ้ายมือค่า θ_x เป็นลบ หมุนลงค่า θ_y เป็นบวก หมุนขึ้นค่า θ_y เป็นลบ



ภาพ บิทแมพ แบบจำลองตา 3 มิติ

รูปที่ 1 แสดงวิธีการแมพพิ้งรูปภาพบนทรงกลม

2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการหมุนพิกัด 3 มิติใด ๆ บนแกนนอนและแกนตั้ง ด้วยการหมุนของเมทริกซ์เป็นมุม θ_x, θ_y

$$P_i = \begin{bmatrix} P_{ix} \\ P_{iy} \\ P_{iz} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_x(\theta_x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_x & \sin\theta_x \\ 0 & -\sin\theta_x & \cos\theta_x \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$R_y(\theta_y) = \begin{bmatrix} \cos\theta_y & 0 & \sin\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$P'_i = Ry(\theta_y) * Rx(\theta_y) * P_i \quad (4)$$

โดย

P_i = พิกัดใดๆ

$R_x(\theta_x)$ = การหมุนเมทริกซ์บนแกนนอน ด้วยมุม θ_x องศา

$R_y(\theta_y)$ = การหมุนเมทริกซ์บนแกนตั้ง ด้วยมุม θ_y องศา

P'_i = พิกัดใหม่ที่หมุนพิกัดใดๆ เป็นมุม θ_x, θ_y บนแกนนอนและแกนตั้ง

2.3 การรับภาพตาจริง 2 มิติ และการประมวลผล

ภาพตาจริง 2 มิติ รับจากกล้องเว็บแคมอินฟาเรด ยี่ห้อ MD-TECH รุ่น MDC -14 ความละเอียด 10.0 ล้านพิเซล ขนาดภาพ 320x240 พิกเซล อัตราเร็วต่อเฟรม 25 เฟรมต่อวินาที ประกอบบนหน้ากากสำหรับสวมครอบดวงตาขณะถ่าย

นำภาพตาจริง 2 มิติ ผ่านอัลกอลิทึมเพื่อประมาณค่ารูปทรงวงรีของรูม่านตา [6,7,8] ซึ่งมีกระบวนการคร่าวๆ คือ กระบวนการเทรสโฮลปรับค่า, แบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-means, กำจัด noise ด้วยวิธี Closing และ Filtering & Extract Blackest, กระบวนการหาระยะมาฮาลาโนบิท, การกำจัดขอบของส่วนที่ไม่ใช่ตาดำ, และเทคนิคการประมาณค่ารูปทรงวงรี ผลสุดท้ายที่ได้คือ สมการวงรีของรูม่านตา ค่าที่นำมาใช้กับการวิจัยนี้คือค่าความยาวของเส้นไมเนอร์และเมเจอร์ของวงรีของรูม่านตา

2.4 ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ

ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ คือค่า R_{ex} และ R_{ey} ซึ่งคำนวณได้จาก

$$R_{exi} = \frac{L_{xi}}{L_{xmax}} x\,100 \quad (5)$$

$$R_{eyi} = \frac{L_{yi}}{L_{ymax}} x\,100 \quad (6)$$

L_{xi} = ค่าความยาวเส้นอ้างอิงแกนนอนที่มุมการหมุน i

L_{yi} = ค่าความยาวเส้นอ้างอิงแกนตั้งที่มุมการหมุน i

L_{xmax} = ค่าความยาวของเส้นอ้างอิงแกนนอนเมื่อตาอยู่ตำแหน่ง (0,0) หรือตรงกลาง

L_{ymax} = ค่าความยาวของเส้นอ้างอิงแกนตั้งเมื่อตาอยู่ตำแหน่ง (0,0) หรือตรงกลาง

R_{exi} = ค่าร้อยละความยาวเส้นอ้างอิงแกนนอนเทียบกับความยาวสูงสุด

[i] กล้องอินฟาเรดเดี่ยว คือ กล้องอินฟาเรด 1 ตัว ต่อตา 1 ข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_{eyi} = ค่าร้อยละความยาวเส้นอ้างอิงแกนตั้งเทียบกับความยาวสูงสุด

2.4.1 ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของแบบจำลองตา 3 มิติ

ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของแบบจำลองตา 3 มิติ คำนวณได้จาก การจับภาพการเคลื่อนที่ของแบบจำลองที่มุมการหมุนใด ๆ แล้วนำไปคำนวณหาค่าความยาวเส้นอ้างอิงบนวงกลมสีดำ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

2.4.2 ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

หาได้จากการกำหนด พิกัดอ้างอิง P_1 , P_2 , P_3, P_4 เพื่อหาความยาวเส้นอ้างอิงที่มุมการหมุนใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2

$$P_1 = \begin{bmatrix} r\sin(-\beta) \\ 0 \\ r\cos(-\beta) \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} r\sin\beta \\ 0 \\ r\cos\beta \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ r\sin(-\beta) \\ r\cos(-\beta) \end{bmatrix} \quad (9)$$

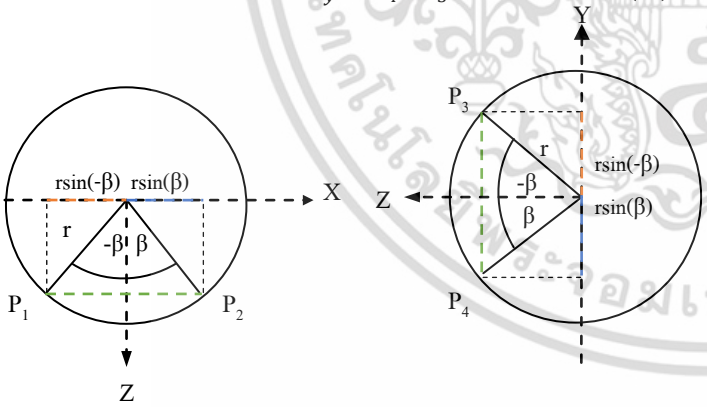
$$P_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ r\sin\beta \\ r\cos\beta \end{bmatrix} \quad (10)$$

β = มุมที่พิกัดทำกับจุดศูนย์กลางทรงกลม

r= รัศมีของทรงกลม

ความยาวของเส้นอ้างอิงแนวนอน $L_x = P_2 - P_1$ (11)

ความยาวของเส้นอ้างอิงแนวตั้ง $L_y = P_4 - P_3$ (12)



1. มุมมองด้านบน 2. มุมมองด้านข้าง

รูปที่ 2 แสดงการกำหนดพิกัดอ้างอิงของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.4.3 ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของภาพตาจริง 2 มิติ

ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของภาพตาจริง 2 มิติ คือค่าความยาวเส้นเมเจอร์และเส้นไมเนอร์ของสมการวงรีที่ได้จากการประมาณค่ารูปทรงของรูม่านตา [6,7,8]

2.5 ค่าการเคลื่อนที่ 3 มิติ

ค่าการเคลื่อนที่ 3 มิติ คือค่ามุมที่หมุนรอบแกนนอน และมุมที่หมุนรอบแกนตั้ง θ_x และ θ_y

3. ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

ทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น โดยเทียบกับแบบจำลองตา 3 มิติ หมุน ±50 องศา รอบแกนนอนและแกนตั้ง ค่าที่นำมาเทียบคือค่า R_{ex} และ R_{ey} โดยเก็บค่าเป็นตารางการเคลื่อนที่ แนวนอน คือ ค่ามุมการหมุนบนแกนนอน ±50 องศา แนวตั้ง คือ ค่ามุมการหมุนบนแกนตั้ง ±50 องศา แล้วนำมาคำนวณหาค่าความถูกต้องจากสูตร

$$percent\ of\ error_i = \frac{|R_{emeasurement} - R_{ereference}|}{R_{ereference}}\ x\ 100 \quad (13)$$

$$Total\ accuracy = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} error_i}{N} \quad (14)$$

$R_{emeasurement}$ = ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

$R_{ereference}$ = ค่าการเคลื่อนที่ 2 มิติ ของแบบจำลองตา 3 มิติ

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลอง

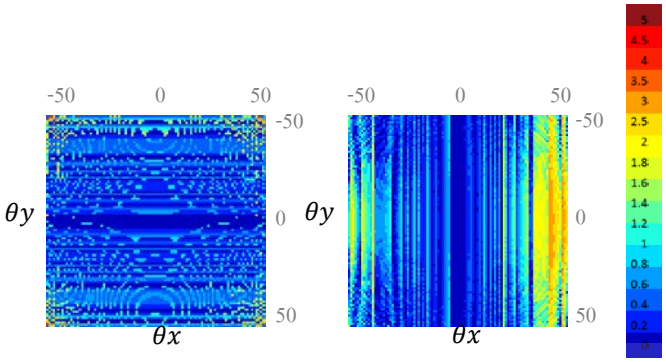
ผลการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นขึ้น โดยเทียบกับแบบจำลองตา 3 มิติ หมุน ±50 องศา รอบแกนนอนและแกนตั้ง ค่าที่นำมาเทียบคือค่า R_{ex} และ R_{ey} จากจำนวนข้อมูล 10,201 ข้อมูล ค่าความถูกต้องของ R_{ex} และ R_{ey}คือ 99.53 % และ 99.29% ตามลำดับ ค่าความผิดพลาดแสดงในรูปที่ 3 แสดงอยู่ในรูปแบบของค่าสีบอกเปอร์เซ็นความผิดพลาด

เมื่อนำภาพตาจริง 2 มิติ มาหาค่าการเคลื่อนที่ในระบบ 3 มิติ แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านแบบจำลองตา 3 มิติ ทิศทางการเคลื่อนที่ของแบบจำลองตา 3 มิติ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับภาพตาจริง 2 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

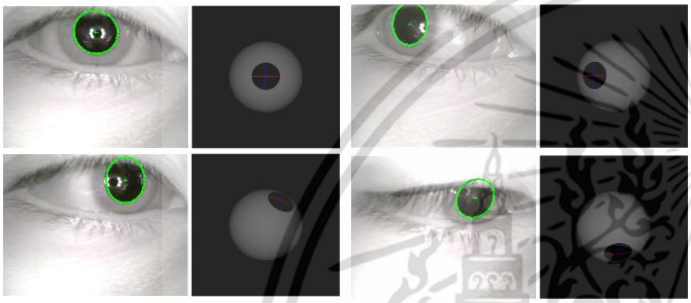
จากผลการทดสอบ ถ้าตาจริงมีรูปทรงเป็น ทรงกลม แนวโน้มค่าการเคลื่อนที่ของตา จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าการเคลื่อนที่ของแบบจำลองทางคณิตศาตร์ ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของ R_{ex} จะเกิดมากในช่วงที่ค่ามุมการหมุนมากกว่า ±40 องศาทั้งแกนนอนและแกนตั้ง R_{ey} จะเกิดมากในช่วงมากกว่า ±40 องศาในแกนนอน และ น้อยกว่า ±10 องศา ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.ค่าความผิดพลาดของ R_{ex} 2.ค่าความผิดพลาดของ R_{ey}

รูปที่ 3 แสดงค่าสีบอกเปอร์เซ็นความผิดพลาด ของ R_{ex} และ R_{ey}



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ของตาจริง 2 มิติ เทียบกับการเคลื่อนที่ของแบบจำลองตา 3 มิติ

แกนตั้ง เนื่องมาจากความผิดพลาดในการคำนวณความยาวของเส้นอ้างอิง

5. สรุปและอภิปลายผล

ในงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตา 3 มิติ โดยใช้ภาพตา 2 มิติ ทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดยเทียบกับแบบจำลองตา 3 มิติ หมุน ±50 องศา รอบแกนนอนและแกนตั้ง ค่าความถูกต้องของค่า R_{ex} และ R_{ey}คือ 99.53 % และ 99.29%

เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้กับภาพตาจริง 2 มิติ เพื่อหาค่าการเคลื่อนที่ในระบบ 3 มิติ แสดงผลทิศทางการเคลื่อนที่ผ่านแบบจำลองตา 3 มิติ ผลเป็นที่น่าพึงพอใจโดย ทิศทางการเคลื่อนที่ของแบบจำลองตา 3 มิติ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับภาพตาจริง 2 มิติ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากวงรีที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กกว่ารูม่านตาจริง ทำให้การคำนวณทิศทางผิดพลาด

งานวิจัยนี้มีข้อดีคือ สามารถประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตา 3 มิติ โดยใช้ภาพตา 2 มิติ จากกล้องอินฟาเรดเดี่ยวและสามารถนำไปต่อยอดในการวินิจฉัยระดับของอาการตากระตุกได้

เอกสารอ้างอิง

[1] F. Tombari, S.Mattoccia., L. D. Stefano and E. Addimanda, “Classification and Evaluation of Cost Aggregation Methods for Stereo Correspondence,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR 2008), 2008,pp. 1-8.

[2] H. C. Longuet-Higgins, “A computer algorithm for reconstructing a scene from two projections”, Nature, vol.239, 1981, pp. 133-135

[3] Y. Y. Huang, M. Y. Chen, “3D Object Model Recovery from 2D Images Utilizing Corner Detection,” 2011 International conference on system science and engineering(ICSSE 2011), Macau, China, 2011, pp. 76-81

[4] S. Wibirama, S. Tungjitkusolmun, Ch. Pimtavirooj, and K. Hamamoto, “Dual Cameras Acquisition for Three-Dimensional Eye-Motion Tracking,” 2nd Biomedical Engineering International Conference(BMEiCON 2009), Thailand, 2009, pp. 126-130

[5] S. Dong, “Vision Measurement Method with Single Camera and 3-Axis Accelerometer Sensor,” 2013 4th International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), Beijing, China, 2013, pp. 25-29

[6] Th. Charoenpong, P. Preeyanan, Ch. Theerasak and M. Visan, “Accurate Pupil Extraction Algorithm by Using Integrated Method,” 2013 5th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST2013), Thailand, 2013, pp: 32-37.

[7] Th. Charoenpong, Sr. Thewsuwan, Th. Chanwimalueng and V. Mahasithiwat, “Pupil Extraction System for Nystagmus Diagnosis by Using K-Mean Clustering and Mahalanobis Distance Technique,” 4th Int. Conf. on Knowledge and Smart Technology (KST), Thailand, 2012, pp: 24-29.

[8] Th. Charoenpong, Sr. Thewsuwan, Th. Chanwimalueng and V. Mahasithiwat, “Accuracy Improvement of Pupil Extraction by Using Shape Estimation Algorithm,” Int. Workshop on Smart Info-Media System in Asia (SISA 2012), Thailand, 2012, pp: 33-38.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจดจำ Marker หลายรูปแบบ สำหรับเทคโนโลยีเสมือนจริง(Augmented Reality) โดยการวิเคราะห์ภาพและการระบุตำแหน่ง

A method of multiple marker patterns recognition for Augmented Reality by image analysis and pose estimation

พิชญา ชาตินันท์, จุฑามาศ บุญอินทร์, ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63 หมู่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ต.องครักษ์ อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
Karnnakub063@gmail.com

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) ในปัจจุบันส่วนใหญ่ขั้นตอนการจดจำ Marker(วัตถุสัญลักษณ์)ยังเป็นการจดจำ Marker เพียงรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งแล้วค่อยแสดงผล ดังนั้น งานวิจัยของเราจึงนำเสนอการจดจำ Marker หลายรูปแบบในครั้งเดียว โดยไม่จำเป็นที่จะต้องทำการจดจำรูปแบบใหม่ทุกครั้งก่อนทำการตรวจจับ Marker ในแต่ละอัน แบ่งขั้นตอนการทำงานหลักออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ ขั้นตอนการระบุตำแหน่งเพื่อนำภาพสามมิติหรือวีดีโอไปวางบน Marker โดยใช้หลักการ Coordinate System และขั้นตอนการแสดงภาพสามมิติ ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพมีอยู่ 3 กระบวนการย่อยคือ 1.การสอบเทียบกล้อง 2.การจดจำรูปแบบ Marker ในรูปแบบของ intensity level 3.การจดจำรูปแบบ Marker เก็บไว้ใน Array เพื่อให้สามารถจดจำได้หลายแบบ ส่วนขั้นตอนการทดสอบโปรแกรม มี 2 แบบ แบบที่ 1 ทดลองวัดค่าความถูกต้องของโปรแกรม Augmented Reality เพื่อดูประสิทธิภาพการตรวจจับ Marker แต่ละแบบ ซึ่งมีประสิทธิภาพ 97.5% แบบที่ 2 ทดลองวัดค่าความถูกต้องของโปรแกรม Augmented Reality เพื่อดูประสิทธิภาพการตรวจจับ Marker ในหลายแบบพร้อมกัน ซึ่งมีประสิทธิภาพ 69% โดยจากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่า งานวิจัยชิ้นนี้มีการจดจำ Marker หลายรูปแบบภายในครั้งเดียวได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เทคโนโลยีภาพเสมือนจริง, Marker, การจดจำ Marker, การตรวจจับ Marker

Abstract

In this present, most marker patterns recognition in augmented reality are recorded just one marker pattern before detection. So this paper represent multiple marker patterns recognition that is not necessary to code pattern of marker before detection each marker for all time. We can code multiple marker patterns in one time before detection. The proposed method has 3 sections: Image analysis, pose estimation by coordinate system and 3D rendering. Image analysis is divided into 3 processes: 1. Camera Calibration, 2. Record Values Marker to intensity level, 3. Record the marker patterns in array. We approve the program are 2 types. 1-Type test each marker detection of program that have 97.5% efficiency. 2-Type test multiple marker detection of program that have 69% efficiency. The result of verify program is effective.

Keywords : Augmented Reality, Marker, Marker pattern recognition, Marker pattern detection

รูปที่ 1 โปรแกรม Augmented Reality

1. คำนำ

เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) คือ เทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริงเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เช่น กล้องเว็บแคมคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ บนเครื่องฉายภาพ หรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่นๆ โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่งสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบว่าให้ออกมาแบบใด[1] ทำให้สามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดในการมองภาพและการเข้าถึงลายละเอียดของภาพ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในด้านต่างๆ ทั้งด้านการแพทย์ การศึกษา และการพาณิช เป็นต้น

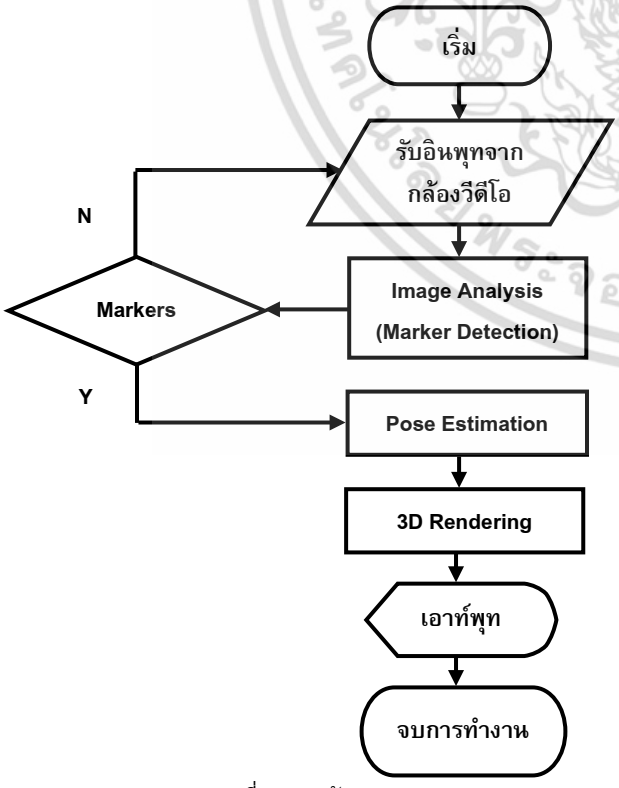
ที่ผ่านมางานวิจัยที่นำเสนอเทคโนโลยีเสมือนจริงแบบที่เรียกว่า Augmented Reality จะมีด้วยกันหลายทาง ทางการแพทย์ เช่น การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการศึกษาและตีความข้อมูลการเต้นของหัวใจ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้สามารถเห็นการเต้นของหัวใจเป็นแบบสามมิติ[2], การจำลองการผ่าตัดตับเสมือนจริงเพื่อช่วยให้แพทย์ฝึกฝนก่อนการผ่าตัดจริง[3], การประยุกต์ใช้กับipadในการผ่าตัดจริงเพื่อช่วยให้แพทย์มองเห็นอวัยวะชัดเจน[4] การประยุกต์ใช้กับการศึกษา เช่น การศึกษากายวิภาคศาสตร์แบบเสมือนจริงทำให้เห็นภาพได้แบบสามมิติเข้าใจถึงโครงสร้างได้ง่ายกว่าแบบอ่านปกติ[5], การประยุกต์ใช้ค้นหาหนังสือในห้องสมุด[6]. ทางด้านการพาณิช เช่น การประยุกต์กับการสั่งสินค้าออนไลน์ ซึ่งเราจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่การประยุกต์ใช้ Augmented Reality กับด้านต่างๆ [7]ในขั้นตอนการจดจำ Marker ยังเป็นการจดจำ Marker รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งแล้วค่อยแสดงผล ดังนั้นงานวิจัยของเราจึงนำเสนอการจดจำ Marker หลายรูปแบบในครั้งเดียวเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพดังกล่าว

โดยงานวิจัยของเรา ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานหลักออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ, ขั้นตอนการระบุตำแหน่งเพื่อนำภาพสามมิติหรือวีดีโอไปวางบน Marker โดยใช้หลักการ Coordinate System และขั้นตอนการแสดงภาพสามมิติ ซึ่งวิธีที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของโปรแกรมให้สามารถจดจำ Marker ได้หลายรูปแบบคือ ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ภาพ ในส่วนการจดจำรูปแบบ Marker เราได้มีการเขียนโปรแกรมจดจำรูปแบบ Marker เก็บไว้ใน Array จึงทำให้โปรแกรมสามารถทำการจดจำ Marker ได้หลายรูปแบบ

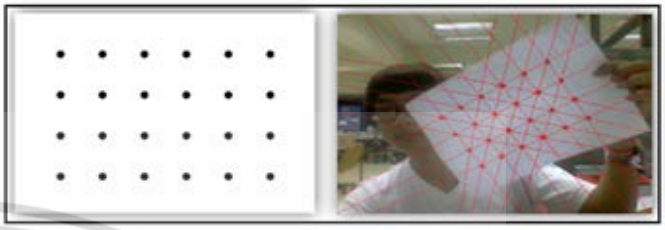
ในส่วนต่อไป จะกล่าวถึง การทำงานของระบบในหัวข้อที่ 2 แสดงผลการทดลองและอภิปรายผลในหัวข้อที่ 3 และ สรุปผลการทดลองในหัวข้อที่ 4



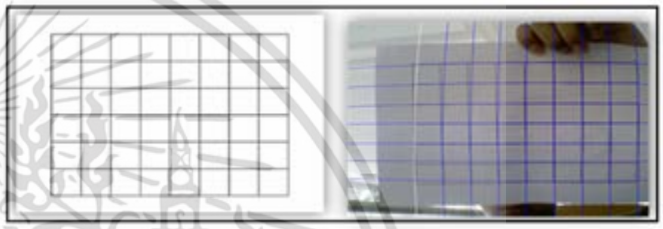
รูปที่ 2 แผนผังการทำงาน

2. การทำงานของระบบ

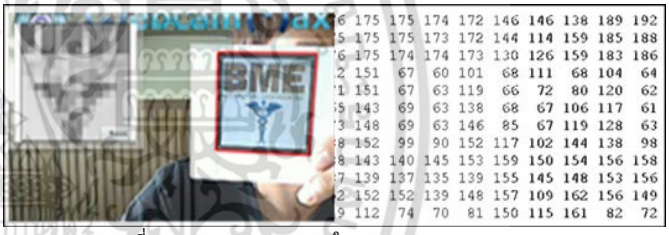
โปรแกรม Augmented Reality แสดงดังรูปที่ 1 และการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 2 ใช้กล้องเว็บแคม ยี่ห้อ Logitech รุ่น Pro 9000 ความละเอียดภาพ 2.0 ล้านพิกเซล ในการรับภาพ ส่วนรายละเอียดในแต่ละกระบวนการมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 การสอบเทียบกล้องโดยใช้ Pattern 1



รูปที่ 4 การสอบเทียบกล้องโดยใช้ Pattern 2



รูปที่ 5 การจดจำ Marker ในรูปแบบ intensity level

2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) จะพูดถึงกระบวนการหลักๆ 3 กระบวนการคือ

2.1.1การสอบเทียบกล้อง (Camera Calibration)

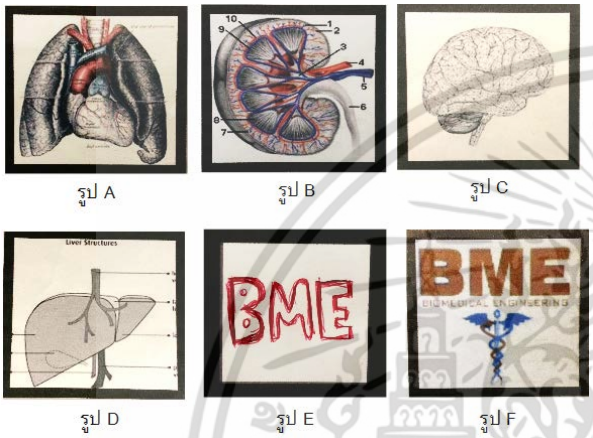
การสอบเทียบกล้องเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการมองภาพสามมิติของคอมพิวเตอร์(3D computer vision) ที่ใช้ในการหาข้อมูลเมทริกซ์(metric information)จากภาพสองมิติ เป็นกระบวนการในการหาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องของกล้อง โดยเราทำการสอบเทียบเมทริกซ์เพื่อให้ได้ภาพที่ไม่บิดเบือน เพราะไม่มีเลนส์กล้องไหนที่สมบูรณ์แบบเลนส์ต่างกันก็จะมีการบิดเบือนของภาพมากน้อยต่างกัน ลักษณะของการบิดเบือนของเลนส์กล้องมี 2 ลักษณะใหญ่ๆได้แก่ เกิดจากรูปทรงของเลนส์(radial distortion) และข้อบกพร่องที่มาจากกระบวนการผลิต (tangential distortion) เกิดจาก ซึ่งในการสอบเทียบกล้องจะใช้ Library ARTOOLKIT ในการสอบเทียบกล้อง โดยการใช้วิธีนี้จะต้องใช้ Pattern 1 และ 2 ในการสอบเทียบดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4ซึ่ง Pattern 1 จะถูกใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งกลางของภาพ (image center point) และความบิดเบือนของเลนส์ (lens distortion) ส่วน Pattern 2 จะใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาความยาวโฟกัสและค่า Parameters อื่นๆ เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรม

2.1.2 การจดจำรูปแบบ Marker ในรูปแบบของ intensity level (Record Values Marker to intensity level)

โดยใช้โปรแกรม ARToolKit Marker Generator เป็นซอฟต์แวร์เฉพาะซึ่งมีไว้สำหรับทำการเปลี่ยนรูปภาพ AR Marker ที่กล้องอ่านได้แปลงเป็นรหัสตัวเลขเพื่อที่ให้โปรแกรม Augmented Realityได้รู้จักกับ Marker



รูป A รูป B รูป C

รูป D รูป E รูป F

รูปที่ 6 Marker ทั้ง 6 แบบที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงการจัดเก็บข้อมูลของ Marker ใน Array

Array	0	1	2	3	4	5
ข้อมูล Intensity level ของ Marker	lung.pat	kidney.pat	brain.pat	liver.pat	bme1.pat	bme.pat
Marker	A	B	C	D	E	F

2.1.3 การจดจำรูปแบบ Marker เก็บไว้ใน Array (Record Marker Patterns in Array)

ตัวแปรชุด (Arrays) คือ กลุ่มของข้อมูลที่มีชนิดของข้อมูลเหมือนกัน จึงทำการจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน และอ้างถึงสมาชิกแต่ละตัวในกลุ่มของตัวแปรชุดนั้นด้วยหมายเลข 0-5 ซึ่งในภาษา Action Script สามารถเขียนโปรแกรมเรียก Array ได้ดังนี้

```
_markers = new Array();
    _markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/lung.pat" , 16 , 50 , 80 ) );
    _markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/kidney.pat" , 16 , 50 , 80 ) );
    _markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/brain.pat" , 16 , 50 , 80 ) );
    _markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/liver.pat" , 16 , 50 , 80 ) );
    _markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/bme1.pat" , 16 , 50 , 80 ) );
    _markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/ bme.pat " , 16 , 50 , 80 ) );
```

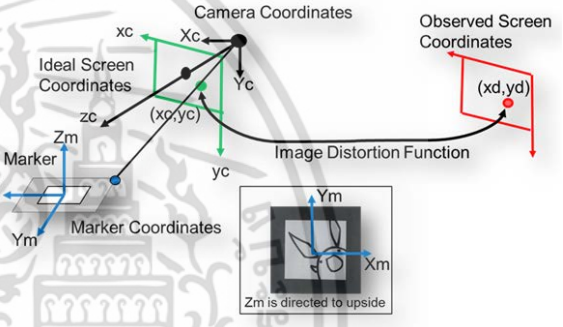
โดยข้อมูล Marker จะเก็บเรียงลำดับดังตาราง 1 จากนั้นใช้ฟังก์ชั่นเรียกแต่ละArray ออกมา เพื่อแสดงภาพสามมิติหรือวีดีโอบน Marker ที่เรียกจาก array

2.2 ขั้นตอนการคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation)

เป็นการคำนวณตำแหน่งเชิงสามมิติเพื่อระบุตำแหน่งของภาพสามมิติบน Marker ที่ใช้ความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่าง กล้องกับMarker, Ideal screen กับกล้อง, Ideal screen กับ Observed screen

2.2.1 ระบบความสัมพันธ์ร่วม (Coordinates System)

Camera Coordinated Frame ก็คือ Coordinated Frame ที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งใดๆของกล้องวีดีโอ และ Marker Coordinated Frame ก็คือ Coordinated Frame ที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งใดๆของ Marker ซึ่งสามารถแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ร่วม (Coordinate system)

2.2.2 สมการ (Equations)

เป็นขั้นตอนของการคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (3D Pose) ของ Marker เมื่อเทียบกับกล้องวีดีโอ ค่านี้จะถูกแสดงในรูปเมตริกซ์ขนาด 4x4 (T_{cm}) ที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่าง Camera Coordinated Frame และ Marker Coordinated Frame ดังสมการที่ (1)

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_1 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_2 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix} = T_{CM} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

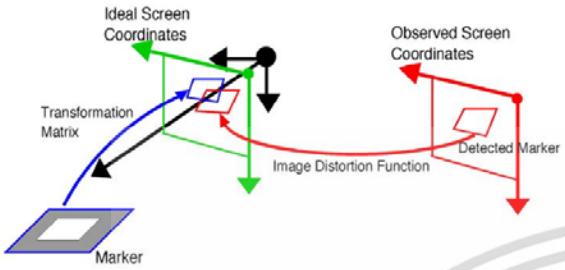
ความสัมพันธ์ระหว่างจุดใดๆ (X_c, Y_c, Z_c) บนCamera Coordinated Frame กับจุดที่ตรงกัน (x_1, y_1) ใน Ideal Screen Coordinated Frame เป็นไปตาม Perspective Projection ดังสมการที่ 2

$$\begin{bmatrix} hx_1 \\ hy_1 \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sf_x & 0 & x_c & 0 \\ 0 & sf_y & y_c & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = c \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

โดยที่ c ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด 3x4 ซึ่งประกอบไปด้วยค่า s, f_x, f_y, X_c, Y_c โดยทั่วไปค่าเหล่านี้ รวมกันเรียกว่า Camera Parameters ซึ่งจะคำนวณได้มาจากขั้นตอน Camera Calibration ตามหัวข้อที่ 2.1.1ส่วนค่าความสัมพันธ์ระหว่างจุดใดๆ บน Ideal Screen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

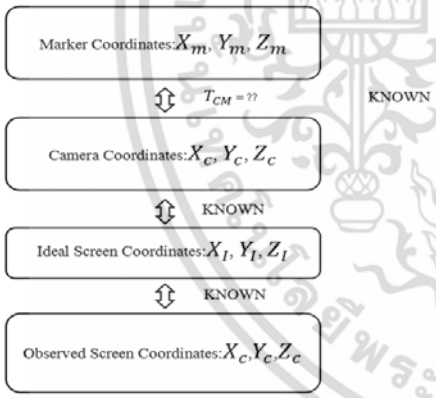
Coordinated Frame (X_1,Y_1) กับ Observe Screen Coordinated Frame (X_o,Y_o) ซึ่งเป็นจุดที่เราเห็นจริงๆในภาพ สามารถแสดงดังรูปที่ 8 และสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 3



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Ideal Screen Coordinates และ Observe Screen Coordinates

$$d^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2$$
$$p = \{1 - fd^2\} \quad (3)$$
$$X_0 = p(x_1 - x_0) + x_0, Y_0 = p(y_1 - y_0) + y_0$$

โดยที่ X_0, Y_0 *คือจุดศูนย์กลางของการ Distortion* (Center Coordinates of Distortion) และ *f* คือ Distortion Factor ซึ่งค่าทั้ง 2 จะได้มาจากกระบวนการ Camera Calibration



รูปที่ 9 กระบวนการคำนวณค่า 3D Pose estimation

จากรูปที่ 9 จะแสดงกระบวนการที่จะได้มาของค่า T_{cm} เมื่อเรารู้ค่าตำแหน่งของ Marker ทั้ง 4 จุดบน Observed Screen Coordinates ในภาพที่ถ่ายจากกล้องวีดีโอ ซึ่งกล่าวโดยเฉพาะค่านี้สามารถหาค่าเฉลี่ยได้จากการคำนวณหาคำตอบของฟังก์ชั่นค่าผิดพลาด (Error Function) ดังสมการที่ 4 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเราจะใช้เทคนิคทางด้านการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) ซึ่งเป็นกระบวนแบบ Iterative

$$err = \frac{1}{4}\sum_{i=1,2,3,4}\{(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2\} \quad (4)$$

โดยที่ $\hat{x}_i$ $\hat{y}_i$ แสดงได้โดยสมการที่ 5

$$\begin{bmatrix} h\hat{x}_i \\ h\hat{y}_i \\ h \end{bmatrix} = C.T_{CM}\begin{bmatrix} X_{Mi} \\ Y_{Mi} \\ Z_{Mi} \\ 1 \end{bmatrix}, i = 1,2,3,4 \quad (5)$$

2.3 ขั้นตอนการแสดงภาพมิติ (3D Rendering)

ส่วนนี้เป็นส่วนสุดท้ายที่จะทำให้กระบวนการของเทคโนโลยีความจริงเสริมครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งก็คือ การเพิ่มส่วนของความจริงเสริมที่เราต้องการเพิ่มเข้าไป ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นกราฟิกโมเดลสามมิติ (3D Models) ลงไปในภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอ ณ ตำแหน่งที่ Marker ปรากฏอยู่ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้จากขั้นตอนการคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ มากำหนดเป็นตำแหน่งที่กราฟิกโมเดลสามมิติ ที่ ต้องการเพิ่มลงไป จากนั้นนำไปซ้อนทับกับภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอแล้วแสดงผลออกทางจอภาพ

3. ผลการทดลอง

สำหรับการทดลอง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม Augmented Reality ได้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 คือ การทดลองที่ใช้วัดค่าความถูกต้องของโปรแกรมโดยสังเกตจากการที่ภาพสามมิติหรือไฟล์วีดีโอสามารถขึ้นได้ตรงกับ Marker ที่เราทำการจดจำหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 1 และการทดลองที่ 2 คือการทดสอบการตรวจจับ Marker ของโปรแกรมเมื่อเราทำการเพิ่มจำนวนของ Marker ในการตรวจจับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งได้ทำการทดลองในแต่ละรูปแบบจำนวน 20 ครั้ง

ตารางที่ 1 ผลการทดลองวัดค่าความถูกต้องของโปรแกรม Augmented Reality เพื่อดูประสิทธิภาพการตรวจจับ Marker แต่ละแบบ

รูปแบบ Marker	จำนวนการตรวจจับ Marker ที่ถูกต้อง	จำนวนการตรวจจับ Marker ที่ผิดพลาด	ความถูกต้อง (%)
A	20	0	100
B	18	2	90
C	19	1	95
D	20	0	100
E	20	0	100
F	20	0	100
รวม	117	3	97.5

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดค่าความถูกต้องของโปรแกรม Augmented Reality เพื่อดูประสิทธิภาพการตรวจจับ Marker ในหลายแบบพร้อมกัน

วิธีการตรวจจับ Marker	จำนวนการตรวจจับ Marker ที่ถูกต้อง	จำนวนการตรวจจับ Marker ที่ผิดพลาด	ความถูกต้อง (%)
ตรวจจับ Marker 2 แบบพร้อมกัน	17	3	85
ตรวจจับ Marker 3 แบบพร้อมกัน	16	4	80
ตรวจจับ Marker 4 แบบพร้อมกัน	13	7	65
ตรวจจับ Marker 5 แบบพร้อมกัน	12	8	60
ตรวจจับ Marker 6 แบบพร้อมกัน	11	9	55
รวม	69	31	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ Marker จำนวน 6 แบบโดยใช้กล้อง ยี่ห้อ Logitech รุ่น Pro 9000 ความละเอียดภาพ 2.0 ล้านพิกเซล ในการตรวจจับ marker กระบวนการทั้งหมดพัฒนาโดยโปรแกรม Adobe Flash Professional cs6 และใช้ ภาษา Action Script ในการเขียนโปรแกรม ร่วมกับ FlARToolKit library คุณลักษณะคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน Core i7 CPU 4700HQ @ความเร็ว 2.40 GHz upto 3.4 GHz หน่วยความจำ8.00 GB

3.1 การทดลองประสิทธิภาพ

เป็นการวัดความถูกต้องของโปรแกรม Augmented Reality ว่าภาพสามมิติหรือวีดีโอที่แสดงสามารถแสดงได้ตรงกับที่โปรแกรมไว้หรือไม่ โดยเมื่อทำการตรวจจับ Marker จะปรากฏภาพสามมิติหรือวีดีโอดังนี้

รูปที่ 8 เป็นการทดสอบตามตารางที่ 2 โดยตรวจจับ Marker จำนวน 5 แบบ และเกิดความผิดพลาดของโปรแกรม

Marker A, B, C และ Dเมื่อทำการตรวจจับจะปรากฏเป็นสามมิติปรากฏบน Marker ส่วนMarker E และ F เมื่อทำการตรวจจับจะปรากฏเป็นภาพวีดีโอเคลื่อนไหวบน Marker ซึ่งการคำนวณจำนวนที่ผิดพลาดและความถูกต้องแสดงในสมการที่ (5)

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนการตรวจจับจำนวนการตรวจจับ}Marker\text{ที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนการตรวจจับ}Marker} \times 100\% \quad (5)$$

จากตารางที่ 1 จะเป็นว่าประสิทธิภาพการตรวจจับ Marker แต่ละแบบมีจำนวนการตรวจจับ Marker 6 แบบ แบบละ 20 ครั้ง รวมทั้งหมด 120 ครั้ง โดย ที่ถูกต้อง 117 ครั้งและ จำนวนการตรวจจับ Marker ที่ผิดพลาด 3 ครั้ง โดยค่าความถูกต้องคือ 97.5%

จากตารางที่ 2 แสดงการตรวจจับ Marker ทั้ง 2, 3, 4, 5, 6 แบบพร้อมกัน แบบละ 20 ครั้ง จำนวนการตรวจจับ Marker รวมทั้งหมด 100 ครั้ง ที่ถูกต้อง 69 ครั้งและ จำนวนการตรวจจับMarkerที่ผิดพลาด 31 ครั้งโดยค่าความถูกต้องคือ 69%

3.2 อภิปรายผลการทดลอง

ข้อผิดพลาดต่าง ๆที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากขึ้นเมื่อเราทำการตรวจจับ Marker หลายแบบพร้อมกันทำให้โปรแกรมต้องประมวลผลหนัก ซึ่งจะสังเกตได้จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อเราทำการตรวจจับ Marker 2 แบบ พร้อมกันจะมีความถูกต้องมากกว่าทำการตรวจจับ 6 แบบพร้อมกัน ส่วนการตรวจจับ Marker ในทีละแบบถือว่าตรวจจับได้ดี ภาพสามมิติหรือไฟล์วีดีโอสามารถขึ้นได้ตรงกับ Marker ที่เราทำการตรวจจับ ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 1 ขนาดของภาพสามมิติและไฟล์วีดีโอยังไม่ส่งผลต่อการรันโปรแกรมมากนักข้อผิดพลาดต่าง ๆของโปรแกรมถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการตรวจจับหลาย Marker พร้อมกัน นอกจากนี้ยังมีข้อผิดพลาดที่เกิดจากตัวกล้องที่ใช้ในการตรวจจับภาพยังมีความละเอียดที่ยังไม่เพียงพอ, ภาพMarkerที่ใช้ตรวจจับยังคมชัดไม่เพียงพอและไฟล์ภาพสามมิติหรือไฟล์วีดีโอมีขนาดใหญ่

4. สรุปผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการจดจำ Marker หลายรูปแบบในครั้งเดียว โดยไม่จำเป็นที่จะต้องทำการจดจำรูปแบบใหม่ทุกครั้งก่อนทำการตรวจจับ Marker ในแต่ละอัน ในการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยใช้ Marker 6 แบบ แบ่งการทดสอบเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 คือการทดสอบว่าภาพสามมิติหรือไฟล์วีดีโอสามารถขึ้นได้ตรงกับ Marker ที่เราทำการจดจำหรือไม่ ซึ่งสรุปได้ว่าสามารถขึ้นตรงกับ Marker ที่เราทำการตรวจจับได้เป็นอย่างดี เพราะมีค่าความถูกต้องถึง 97.5%และแบบที่ 2 คือการทดสอบการตรวจจับ Marker ของโปรแกรมเมื่อเราทำการเพิ่มจำนวนของ Marker ซึ่งสรุปได้ว่า เมื่อทำการเพิ่มจำนวน Marker ในการตรวจจับจะทำให้โปรแกรมเกิดความผิดพลาดได้ ดังแสดงในรูปที่ 8

แนวทางในการพัฒนาในอนาคต เราสามารถเพิ่มความสามารถของโปรแกรมให้มีความเสถียรมากขึ้นเมื่อโปรแกรมทำการตรวจจับ Marker ในหลายแบบพร้อมกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ภาควิชาชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

[1] พนิดา ต้นศิริ, “โลกเสมือนผสานโลกจริง (Augmented Reality)”, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2553

[2] Edgard Lemounier, Jr.,Arthur Bucioli, Alexandre Cardoso, Adriano Andrade and Alcimar Soares, “On the Use of Augmented Reality Techniques in Learning and Interpretation of Cardiologic Data”, 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, August 31- September 4, 2010.

[3] Bernhard Reitinger, Alexander Bornik,Reinhard Beichel, and Dieter Schmalstieg, “Liver Surgery Planning Using Virtual Reality”, Graz University of Technology, December 2006.

[4] Tom Lewis ,“Augmented reality iPad app used in liver surgery to aid tumour resection”, http://www.imedicalapps.com/2013/08/augmented-reality-ipad-app/, August 23, 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[5] Soon-ja Yeon, “Augmented Reality for Learning Anatomy”, Ascilite 2011, School of Computing and Information Systems, University of Tasmania, pp: 1377- 1383.

[6] A.Arun Gnanaraj Alex, S. Jegatha, Dr. J. Gnana Jayanthi, Dr. S. Albert Rabara, “SaaS Framework for Library Augmented Reality Application”, World Congress on Computing and Communication Technologies, 2014, pp: 9-12.

[7] Dieter Schmalstieg, Tobias Langlotz, and Mark Billinghurst, “Augmented Reality 2.0”, Springer-Verlag/Wien, 2011, pp: 13-37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีโดยใช้การประมวลผลภาพ

Colony Counting and Color Classification Device based on Image Processing

รัตนพล ยุทธวิริยะ[†1], นพดล มณีรัตน์[†2], รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์[‡3]

[†] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[1] mixrattanapon@hotmail.com

[2] kmnoppad@kmitl.ac.th

[‡] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[3] ruttikorn@tni.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนี ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ส่วนฮาร์ดแวร์คือส่วนของกล่องนับเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้เป็นส่วนติดต่อกับคอมพิวเตอร์ และควบคุมการแสดงค่าสีของหลอดแอลอีดีชนิด RGB ซึ่งหลอดแอลอีดี จะถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนพื้นสำหรับวางจานเพาะเชื้อ ส่วนซอฟต์แวร์คือส่วนติดต่อสำหรับผู้ใช้งาน (User Interface) และส่วนที่ใช้ในการประมวลผลภาพ โดยขั้นตอนหลักของการประมวลผลภาพคือการพิจารณาองค์ประกอบสี การเทรชโฮลด์หลายระดับ และการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยการใช้มอร์โฟโลยี การทดลองสามารถจำแนกสีของโคโลนีได้ 5 สี คือ ดำ ขาว ชมพู ม่วง และครีม ผลการทดลองของเครื่องนี้มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 2.3% เมื่อเทียบกับการตรวจนับโดยผู้เชี่ยวชาญ ใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่า ด้วยขนาดที่เล็กและพกพาสะดวก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาได้

คำสำคัญ: การนับจำนวนโคโลนี, การประมวลผลภาพ, หลอดแอลอีดีชนิด RGB

Abstract

This paper presents the design and development of color classification and colony counting device. It comprises of two main parts which are hardware and software. The hardware consists of a micro-controller which is used to interface with personal computer and used to control the RGB LED bulbs. The LED bulbs are installed on the plate's surface. The software is the graphic user interface and image processing. The main steps of image processing are determining of color component, multilevel threshold and noise reduction by using morphology. The experiment can identify the color of colonies in 5 colors which are black, white, pink, purple and cream. The result of experiment has average error about 2.3% and it takes the less time to process compared with the experts. The device can be applied to biological laboratory by the small size and portability.

Keywords: Colony Counting, Image Processing, RGB LED

1. บทนำ

ในปัจจุบันความสะอาดนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะในอาหาร เนื่องจากการบริโภคอาหารที่ไม่สะอาดเข้าไป อาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยได้ การนำเข้าและส่งออกอาหารจำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพและการรับรองตามกฎหมายของประเทศนั้นๆ ความสะอาดในอุตสาหกรรมอาหารนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ วิธีหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของอาหารคือ การตรวจหาเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งจะมีทั้งแบคทีเรียที่มีประโยชน์และให้โทษ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อ เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนโคโลนีจึงเป็นขั้นตอนพื้นฐาน [1] โดยปกติแล้วในการจำแนกชนิด และนับจำนวนโคโลนี จะใช้แรงงานคนเป็นหลัก [2] ซึ่งมีความยุ่งยากในการฝึกฝน ใช้เวลานาน อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการนับไม่คงที่ขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคล

จากความจำเป็นที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีหลายงานวิจัยที่ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สำหรับตรวจนับจำนวนโคโลนีโดยใช้การประมวลผลภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านขนาดที่ใหญ่ เคลื่อนย้ายลำบาก อีกทั้งมีการออกแบบเฉพาะในส่วนของซอฟต์แวร์ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของภาพถ่ายได้ [3-4] มีการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ แต่สีของพื้นสำหรับวางจานเพาะเชื้อยังมีเพียงสีเดียวจึงเกิดข้อผิดพลาดง่ายเมื่อโคโลนีมีสีที่ใกล้เคียงกับสีพื้นหลัง [5-6] และบางงานวิจัยยังพัฒนาให้มีราคาที่ถูกลง แต่ยังมีปัญหาด้านระบบโฟกัสและยังสามารถตรวจนับโคโลนีได้เพียงชนิดเดียว [7-8]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบโดยใช้กล่องที่มีขนาดที่เล็ก จึงทำให้มีน้ำหนักเบา มีหลอดแอลอีดีชนิด RGB [9] ติดตั้งที่พื้นสำหรับวางจานเพาะเชื้อ จึงช่วยลดข้อผิดพลาดเรื่องสีที่ใกล้เคียงกัน ช่วยให้สามารถแยกโคโลนีสีต่างๆ ได้หลากหลายสีมากขึ้น และยังง่ายต่อขั้นตอนการประมวลผลภาพ

2. การออกแบบชุดจำแนกสี และตรวจนับโคโลนี

2.1 การออกแบบกล่องนับเชื้อ

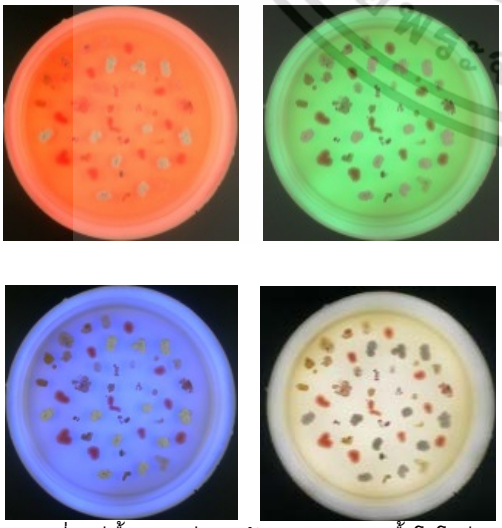
การออกแบบกล่องสำหรับจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีนั้นจะใช้กล่องที่มีขนาดที่เล็กจึงไม่เปลืองพื้นที่ โดยกล่องนับเชื้อจะเป็นกล่องทึบแสง มีฝาปิด เพื่อป้องกันแสงและเงาจากภายนอกสะท้อนที่ฝาปิดจานเพาะเชื้อโคโลนี ซึ่งอาจทำให้เกิดการประมวลผลที่ผิดพลาด ภายในกล่องจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย กล้องวีดีโอเว็บแคมที่มีความละเอียด 2560 X 1440 พิกเซล ใช้สำหรับถ่ายและส่งภาพไปยังซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ โดยกล้องเว็บแคมจะทำหน้าที่ในการถ่ายภาพโคโลนีโดยอัตโนมัติ พร้อมทั้งแสดงภาพได้ตลอดเวลา (Real-Time) ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เลือกใช้ตระกูล Arduino (ATmega32U4) เนื่องจากมีขนาดที่เล็ก มีโมดูลสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB ติดมากับไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขาสำหรับใช้งาน PWM (Pulse Width Modulation) มากเพียงพอสำหรับการควบคุมการทำงานของหลอดแอลอีดีชนิด RGB วงจรสำหรับควบคุมหลอดแอลอีดีชนิด RGB นั้นใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP 122 ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ โดยต่อกับขาสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) เพื่อทำให้มีแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามากเพียงพอที่จะทำให้หลอดแอลอีดีชนิด RGB ทำงานได้ตามที่กำหนด จากนั้นนำหลอดแอลอีดีชนิด RGB มาติดตั้งใต้พื้นสำหรับวางจานเพาะเชื้อ ที่ทำจากแผ่นอะคริลิคสีขาวขุ่น ที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ได้สีพื้นที่สว่างเท่ากันทั้งแผ่น

2.2 การหาค่าสีพื้นที่เหมาะสมสำหรับแต่ละโคโลนี

สำหรับการหาค่าของสีพื้นที่เหมาะสมนั้น สามารถทำได้โดยการนำจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีสีที่ต้องการวางบนพื้น ที่ติดตั้งหลอดแอลอีดีชนิด RGB โดยขั้นตอนการถ่ายภาพจานเพาะเชื้อนั้นจะใช้พื้นที่มีสีขาว สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ หลังจากนั้นจึงนำภาพที่ถ่ายพื้นแต่ละสีมาแยกเป็นองค์ประกอบของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นภาพระดับเทา ขั้นตอนต่อไปคือนำภาพในแต่ละองค์ประกอบสีมาวิเคราะห์ฮิสโตแกรม เพื่อหาว่าพื้นสีใดและองค์ประกอบสีใดที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างระดับความสว่างของพื้นหลัง และระดับความสว่างของโคโลนีสีที่ต้องการมากที่สุด เพื่อให้สามารถเห็นความแตกต่างระหว่างโคโลนีสีที่ต้องการกับส่วนอื่นของภาพอย่างชัดเจน



รูปที่ 1 สีพื้นแต่ละสี สำหรับวางจานเพาะเชื้อโคโลนี

2.3 การออกแบบซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ

ในขั้นตอนการออกแบบนั้น ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมจะอยู่ในสเปซสี RGB ซึ่งนำไปผ่านกระบวนการทำให้ภาพอยู่ในภาพระดับเทา ที่มีระดับความสว่าง 256 ระดับ โดยการแยกให้อยู่ในองค์ประกอบของสีแดง องค์ประกอบของสีเขียว หรือองค์ประกอบของสีน้ำเงิน ขึ้นอยู่กับสีของโคโลนีที่ต้องการ จากนั้นนำภาพที่ผ่านการทำให้อยู่ในระดับเทามากำหนดค่าเทรชโฮลด์หลายระดับ เพื่อทำเป็นภาพไบนารี ซึ่งเป็นวิธีการแยกโคโลนีสีต้องการออกจากพื้นหลังของภาพ กำหนดให้ $f(x, y)$ คือภาพที่อยู่ในระดับเทา

ถ้า $f(x, y) < T_1$

แล้ว $g(x, y) = 0$

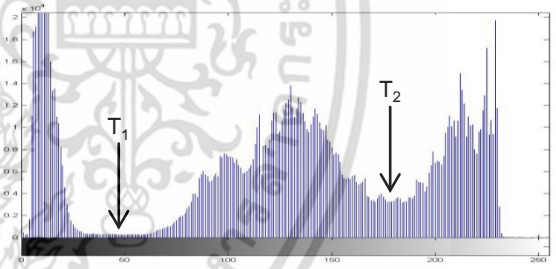
ถ้า $T_1 \leq f(x, y) \leq T_2$

แล้ว $g(x, y) = 255$

ถ้า $f(x, y) > T_2$

แล้ว $g(x, y) = 0$

เมื่อ T_1 และ T_2 คือค่าระดับในการเทรชโฮลด์ และ $g(x, y)$ คือภาพผลลัพธ์ที่จุดพิกัด (x, y) ใดๆ โดยค่า T_1, T_2 ที่เลือกนั้น ได้มาจากค่าระดับความสว่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุดของโคโลนีสีที่ต้องการ แสดงดังรูปที่ 2



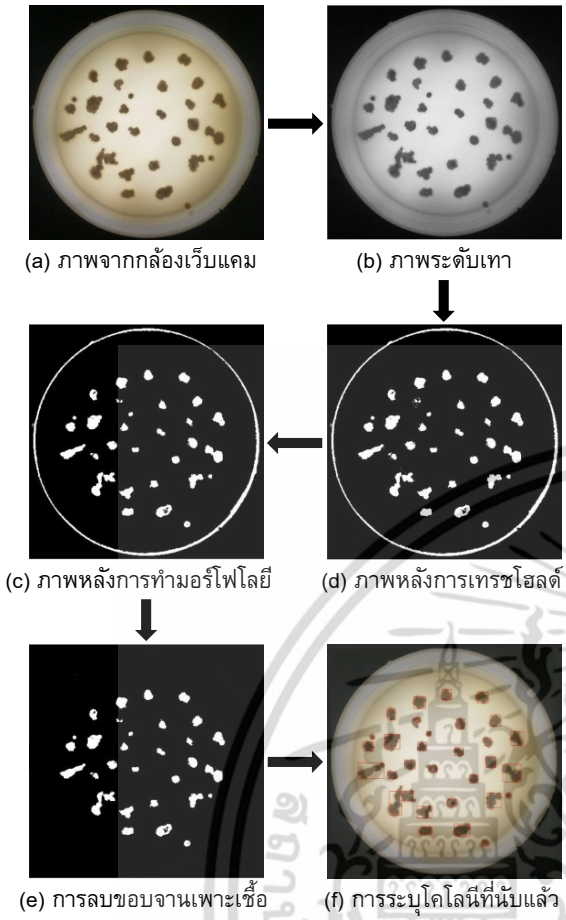
รูปที่ 2 กราฟฮิสโตแกรมและตำแหน่ง T_1, T_2

จากเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าพื้นหลังของภาพจะกลายเป็นสีดำ(ระดับความสว่าง 0) ในขณะที่โคโลนีนั้นจะกลายเป็นสีขาว (ระดับความสว่าง 255) แสดงดังรูปที่ 3(d) ภาพหลังจากที่ผ่านขั้นตอนเทรชโฮลด์มาแล้วนั้น จะยังมีสัญญาณรบกวนปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งจะทำให้ขั้นตอนการนับเกิดข้อผิดพลาดได้ ดังนั้นวิธีการต่อไปคือการใช้มอร์โฟโลยี (Morphology) ในการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยใช้ทฤษฎีการเปิด (Opening) กำหนดให้การเปิด (Opening) ของเซต A โดย B แทนด้วย $A \circ B$ และมีคำจำกัดความดังนี้

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (1)$$

เมื่อ A คือภาพต้นฉบับ เนื่องจากโคโลนีมีขนาดที่แตกต่างกัน การเลือกขนาดของ B นั้น จึงต้องใช้ขนาดที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้ภาพของโคโลนีถูกลบออกไป แสดงดังรูปที่ 3(c) การกำหนดขนาดของ B นั้นได้มาจากการทดลองซึ่งพบว่าขนาดของสัญญาณรบกวนจะมีขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกิน 30 พิกเซล ดังนั้นจึงกำหนดให้ B มีขนาดเท่ากับ 30 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

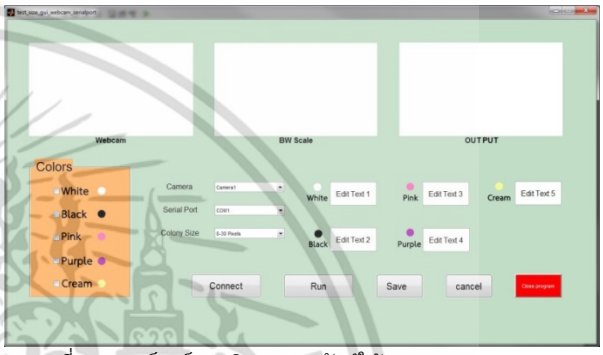


รูปที่ 3 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

ภาพที่ผ่านขั้นตอนมอร์โฟโลยี (Morphology) ยังมีภาพของขอบจานเพาะเชื้อที่ชัดเจน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องลบออกก่อนขั้นตอนการนับจำนวน จากรูปที่ 3(c) จะเห็นได้ว่าภาพของขอบจานเพาะเชื้อเป็นพื้นสีขาว ที่มีกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกันมากที่สุด ดังนั้นจึงใช้ซอฟต์แวร์ในการคำนวณหากลุ่มของพิกเซลนั้น แล้วทำการกำหนดค่าให้กลายเป็นสีดำ (ระดับความสว่าง 0) แสดงดังรูปที่ 3(e) จากนั้นจึงใส่เลเบล (Label) ให้กับแต่ละกลุ่มพิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของข้อมูลไบนารีแต่ละกลุ่มที่อยู่แยกกัน จะได้เลเบล (Label) ที่ต่างกัน เพื่อการนับจำนวนของเชื้อโคโลนี ขั้นตอนสุดท้ายจึงนำภาพที่ใส่เลเบล (Label) มาซ้อนทับกับภาพต้นฉบับ ทำการตีกรอบรอบโคโลนี เพื่อเป็นการระบุว่าได้นับโคโลนีอันไหนบ้างแล้ว แสดงดังรูปที่ 3(f)

2.4 การทำงานร่วมกันระหว่างกล่องนับเชื้อ และซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ

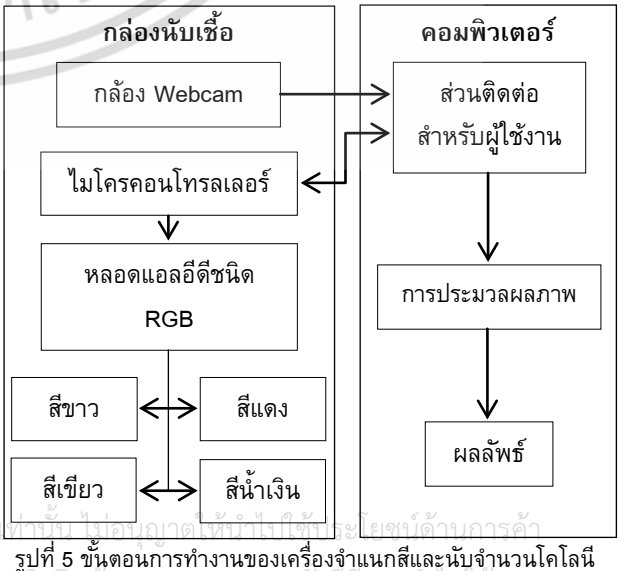
ขั้นตอนการรับและส่งข้อมูลระหว่างกล่องนับเชื้อและซอฟต์แวร์นั้น ข้อมูลภาพจะถูกส่งผ่าน USB Hub โดยโปรแกรม MATLAB ถูกใช้ในการพัฒนาทั้งซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ และส่วนติดต่อสำหรับผู้ใช้งาน ซึ่งในส่วนของขั้นตอนการออกแบบส่วนติดต่อสำหรับผู้ใช้งานนั้น จะมีหน้าต่างสำหรับแสดงภาพที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ ภาพต้นฉบับ ภาพที่ผ่านการทำมอร์โฟโลยี และภาพที่ทำการตีกรอบรอบโคโลนีแล้ว นอกจากนี้แล้วภายในหน้าต่างส่วนติดต่อสำหรับผู้ใช้งานยังประกอบไปด้วย ปุ่มสำหรับเลือกสีของโคโลนีที่ต้องการนับ ช่องสำหรับเลือกขนาดของโคโลนี และช่องสำหรับเลือกกล้องเว็บแคมในกรณีที่มีกล้องมากกว่าหนึ่งตัว แสดงดังรูปที่ 4 จากนั้นซอฟต์แวร์จะสามารถกำหนดสีของพื้น ที่เหมาะสมสำหรับโคโลนีสีนั้นๆ ได้โดยอัตโนมัติ แล้วจึงส่งข้อมูลค่าสีไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมหลอดแอลอีดี ในขั้นตอนสุดท้ายซอฟต์แวร์จึงเริ่มขั้นตอนการประมวลภาพ



รูปที่ 4 ซอฟต์แวร์ส่วนติดต่อสำหรับผู้ใช้งาน (User interface)

ถ้ามีการเลือกสีของโคโลนีที่ต้องการนับมากกว่าหนึ่งสี ซอฟต์แวร์จะเริ่มการนับจากโคโลนีสีขาว สีดำ สีชมพู สีม่วง และสีครีมตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนสีพื้นนั้น จะเกิดขึ้นเมื่อขั้นตอนการประมวลภาพของโคโลนีสีแรกเสร็จสมบูรณ์ ซอฟต์แวร์จึงส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปลี่ยนสีหลอดแอลอีดี ที่เหมาะสำหรับโคโลนีสีถัดไป ซึ่งผลที่ได้จะแสดงเป็นจำนวนโคโลนีออกมา ตามช่องของโคโลนีสีนั้นๆ

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักคือ ส่วนกล่องนับเชื้อ และส่วนคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดลอง

จากการพัฒนาเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างของโคโลนีสีต่างๆ มา เพื่อหาค่าสีของพื้นที่เหมาะสมสำหรับโคโลนีแต่ละสี โดยโคโลนีที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 0.8 มิลลิเมตร และในการทดลองได้ใช้หลอดแอลอีดีชนิด RGB เพื่อช่วยในการสร้างความแตกต่างระหว่างของสีพื้นหลังและสีของโคโลนี เมื่อนำมาวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของแต่ละองค์ประกอบสี ได้ผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สีพื้น และองค์ประกอบสีที่เหมาะสมของโคโลนีแต่ละสี

สีของโคโลนี	สีพื้นที่เหมาะสม	องค์ประกอบสีที่เหมาะสม
โคโลนีสีขาว	ขาว	แดง
โคโลนีสีดำ	ขาว	น้ำเงิน
โคโลนีสีชมพู	เขียว	เขียว
โคโลนีสีม่วง	น้ำเงิน	น้ำเงิน
โคโลนีสีครีม	ขาว	น้ำเงิน

โดยค่าของสีพื้นและองค์ประกอบสีที่เหมาะสมนั้น จะนำมาเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับซอฟต์แวร์การประมวลผลภาพ ขั้นตอนการหาค่าความผิดพลาดนั้น ทำได้โดยการจำแนกสีและนับจำนวนไว้ก่อนอย่างถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความผิดพลาดของเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีเปรียบเทียบกับการตรวจนับโดยผู้เชี่ยวชาญ

สีของโคโลนี		การนับจำนวนโคโลนี		ค่าความผิดพลาด
		ผู้เชี่ยวชาญ	ซอฟต์แวร์	(%)
ขาว	จานเชื้อที่ 1	46	45	2.1
	จานเชื้อที่ 2	48	48	0
ดำ	จานเชื้อที่ 1	213	204	4.2
	จานเชื้อที่ 2	187	180	3.7
ชมพู	จานเชื้อที่ 1	74	73	1.3
	จานเชื้อที่ 2	60	58	3.3
ม่วง	จานเชื้อที่ 1	123	119	3.3
	จานเชื้อที่ 2	156	149	4.5
ครีม	จานเชื้อที่ 1	83	81	2.5
	จานเชื้อที่ 2	79	78	1.3
ความผิดพลาดเฉลี่ย				2.3

จากตารางที่ 2 ชี้ให้เห็นว่าการนับโดยเครื่องจำแนกสีและตรวจนับโคโลนีเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญนั้น มีค่าความผิดพลาดซึ่งยอมรับได้ เหตุผลหลักของค่าความผิดพลาดเกิดจากการเจริญเติบโตของโคโลนีที่บริเวณขอบของจานเพาะเชื้อ จึงทำให้ซอฟต์แวร์ไม่สามารถแยกระหว่างโคโลนีและขอบจานได้ การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีกับผู้เชี่ยวชาญแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีกับการตรวจนับโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตัวแปร	ผู้เชี่ยวชาญ	เครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนี
ความสะดวกสบาย	ยาก	ง่าย
ค่าใช้จ่าย	แพง	ถูก
ความเร็วในการนับ	ช้ากว่า	เร็วกว่า
การพกพาอุปกรณ์	ยาก	ง่าย
ประสิทธิภาพ	ดีมาก	ดี
ระยะเวลาในการฝึกฝน	เร็วกว่า	ช้ากว่า

4. สรุป

จากผลการทดลองเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีพบว่าสามารถนับจำนวนโคโลนีได้ โดยโคโลนีจะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.8 มิลลิเมตรขึ้นไป และสามารถจำแนกสีของโคโลนีได้ทั้งหมด 5 สี โดยที่โคโลนีสีขาว, สีดำ, สีครีมเหมาะสมกับพื้นสีขาว โคโลนีสีชมพูเหมาะสมกับพื้นสีเขียว และโคโลนีสีม่วงเหมาะสมกับพื้นสีน้ำเงิน ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญดังนี้ ค่าความผิดพลาดสูงสุด 4.5% ค่าความผิดพลาดต่ำสุด 0% และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 2.3% ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างกันมากนักและสามารถยอมรับได้ แต่มีข้อได้เปรียบเรื่องการใช้เวลาในการนับที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ มีประสิทธิภาพคงที่และใช้ระยะเวลาในการฝึกฝนบุคลากรที่น้อยกว่า มีขนาดที่เล็ก อีกทั้งยังมีราคาถูก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์ห้องปฏิบัติการวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด (AMARC) และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านผู้เชี่ยวชาญและตัวอย่างเชื้อโคโลนี

เอกสารอ้างอิง

[1] X. Liu, S. Wang, L. Sendi, and M. J. Caulfield, “High-throughput imaging of bacterial colonies grown on filter plates with application to serum bactericidal assays,” Journal of Immunological Methods, 2004, pp. 187 - 193

[2] National Standard of The People's Republic of China [S]. Food hygiene inspection methods (Microbiology section), Beijing, China Standard Press, 1985, pp.194 - 196.

[3] M. Niyazi, I. Niyazi, C. Belka, “Counting colonies of clonogenic assays by using densitometric software,” Radiation Oncology, vol. 2, 2007

[4] H. Men, Y. Wu, X. Li, Z. Kou, S. Yang, “Counting Method of Heterotrophic Bacteria Based on Image Processing” IEEE Publication, 2008, pp. 1238 – 1241.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[5] S. Wei-zheng, W. Ya-chun, Z. Jie, Z. Hui, “Experimental Study for Automatic Colony Counting System Based on Image Processing,” International Conference on Computer Application and System Modeling, 2010, Taiyuan, China, pp. V6-612 - V6-615

[6] C. Zhang, W. Chen, W. Liu, C. Chen, “An Automated Bacterial Colony Counting System,” International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, Taichung, Taiwan, 2008, pp. 233-240

[7] Ates H., Gerek O.N., “An Image-Processing Based Automated Bacteria Colony Counter,” International Symposium on Digital Object Identifier, Guzelyurt, Turkey, 2009, pp. 18-23

[8] P. Chongsomchai, N. Maneerat, R. Varakulsiripunth, S. Junyapoon, “Semi-Continuous Airborne Bacteria Analyzer based on Image Processing,” 1st International Symposium on Technology for Sustainability, Bangkok, Thailand, 2011, pp. 64 - 67

[9] Yueh-Ru Yang, “Implementation of a Colorful RGB-LED Light Source with an 8-bit Microcontroller,” IEEE Conference on Industrial Electronics and Applicationsis, Taichung, Taiwan, 2010, pp. 1951 - 1956

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมองเห็นภาพ 3 มิติผ่านการควบคุมระยะไกลโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติแบบเรียลไทม์สำหรับตาหุ่นยนต์

Real-time 3D Vision via Remote Control Site using Stereoscopic Technique for Robot Eyes

สายนที บุญกว้าง[1], พิรพัฒน์ ชุติมาโยธินกูล[2], สายยัญ สายยศ[3]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ถนนมิตรภาพ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] sainatee@kkumail.com
[2] pirapat.c@kkumail.com.com
[3] saiyan@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ในการควบคุมระยะไกลการมองเห็นของหุ่นยนต์กู้ภัยยังเป็นภาพ 2 มิติทำให้การควบคุมมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอเนื่องจากไม่สามารถมองเห็นความลึกของภาพได้ งานวิจัยนี้มุ่งนำเสนอระบบการมองเห็นภาพ 3 มิติผ่านการควบคุมระยะไกลโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ (3D Stereoscopic) แบบเรียลไทม์สำหรับตาหุ่นยนต์ ที่เน้นการส่งภาพ 3 มิติผ่านและควบคุมผ่านระยะไกล จากการมองผ่านกล้อง 2 ตัว เพื่อที่จะสามารถรับชมภาพเสมือนอยู่ในสถานที่จริงได้ การแสดงภาพโดยเทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติแบบเรียลไทม์นั้น มีข้อได้เปรียบหลายประการจากการแสดงภาพที่สามารถมองเห็นระยะลึกสัมพัทธ์และการมองเห็นเสมือนจริง (Virtual Reality) กับจอรับภาพเสมือนกับการมองของมนุษย์โดยสามารถควบคุมได้จากระยะไกล จากการทดสอบพบว่ามีความล่าช้าในการควบคุมน้อยมาก และมีความล่าช้าในการประมวลผลภาพ 7.4% เมื่อเทียบกับเวลาเฉลี่ยของการควบคุม และทดสอบจากผู้รับชมภาพ 10 คน ทุกคนยืนยันการรับชมได้ภาพ 3 มิติได้ชัดเจน เพื่อที่จะทำไปประยุกต์ใช้ในการมองเห็นที่ต้องการความแม่นยำเช่น การหยิบของใช้ในบ้าน การกู้ระเบิดในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ และการเข้าถึงพื้นแผ่นดินไหว โดยมนุษย์ไม่ต้องเสี่ยงต่อความสูญเสียชีวิต

คำสำคัญ: สเตอริโอสโคปิค, การส่งภาพ 3 มิติ, การควบคุมระยะไกล

Abstract

The remote vision of a rescue robot is still two-dimensional (2D) vision, that is not so efficient because it cannot see the depth of the image. This paper present the real-time three-dimensional (3D) vision via remote control site by using stereoscopic technique for robot eyes. A 3D images will be sent and control from a far distance by looking through the two cameras, this will make it feels like watching in the virtual reality. Displaying images by real-time 3D stereoscopic technique have several advantages of visualization because the image can be seen depth and virtuality. Thus, the monitor will be presented as the robot eyes in which can be controlled remotely. The experiment showed that there was a delay in a little more control and testing of the 10 people confirmed audience to watch 3D images clearly. And a delay in processing an average of 7.4% compared to the control. The proposed technique can be applied for the visibility that need to be precise such as grabbing stuffs, recovery of explosives, and rescuing human from an earthquakes, so that human doesn't have to risk his life.

Keywords: Stereoscopic, Real-time 3D Vision, Remote control

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีในหุ่นยนต์ โดยมีการพัฒนาให้หุ่นยนต์มีลักษณะคล้ายมนุษย์มากขึ้นเพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงในการทำงานหุ่นยนต์จำเป็นต้องอาศัยการมองเห็นในการเดินทางไปยังทิศทางต่าง ๆ ซึ่งจะใช้ระบบเซนเซอร์โดยระบบเซนเซอร์ที่ทำงานเสมือนอวัยวะในร่างกายของมนุษย์ ซึ่งเซนเซอร์ส่วนมากจะทำงานตามหน้าที่ของตนเพียงอย่างเดียว โดยไม่สามารถรับรู้ข้อมูลที่ซับซ้อนและประสานงานร่วมกับการทำงานอื่นได้ ซึ่งปัจจุบันได้มีการแก้ปัญหาโดยการใช้กล้องประเภทเว็บแคม (Webcam) อย่างไรก็ตามระบบที่กล่าวมาข้างต้นยังไม่ครอบคลุมและยืดหยุ่นได้เหมือนการทำงานของมนุษย์ เนื่องจากภาพที่ได้ยังไม่มีความแม่นยำในการมองเห็นเพราะเป็นภาพ 2 มิติ งานวิจัยนี้จึงได้ถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้มีความคล้ายคลึงกับมนุษย์มากที่สุด ในด้านการมองเห็นแบบใหม่ ที่เป็นระบบภาพ 3 มิติและสามารถความควบคุมการมองเห็นผ่านระยะไกลผ่านเครือข่ายแบบเรียลไทม์ ซึ่งยังไม่เคยถูกนำเสนอมาก่อน งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการมองเห็นที่รับชมภาพเป็นระบบ 3 มิติและสามารถควบคุมผ่านระยะไกลแบบใหม่ โดยเริ่มจัดทำตั้งแต่ศึกษาหลักการออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการมองเห็นของกล้องแบบสเตอริโอ การประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ [1] โดยใช้ภาพแบบ Side By Side คือการจับภาพจากกล้องเว็บแคมในเวลาเดียวกันมาต่อกัน และการควบคุมระยะไกลแบบเรียลไทม์โดยแบ่งเป็นส่วนของการควบคุมกับส่วนฝั่งหุ่นยนต์ ส่วนฝั่งหุ่นยนต์จะรอรับคำสั่งการควบคุมไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ (Arduino Microcontroller) และส่งภาพไปแสดงผลผ่านจอ 3 มิติแบบพาสซิฟ (Passive) ผ่านแว่นตาแบบโพลาไรซ์ (Polarized) [2,3] จากการทดลองประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งได้รับผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ ภาพที่ได้มีความลึก [3,4] เสมือนเข้าไปอยู่ในสถานที่จริงและควบคุมได้ตามความต้องการและจากการพัฒนาระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมองเห็นของหุ่นยนต์สามารถนำไปพัฒนาให้มีการประสานงานร่วมกันกับส่วนประกอบอื่นๆของหุ่นยนต์ ช่วยแบ่งเบาภาระของมนุษย์ในงานบ้านหรือช่วยในการเข้าถึงพื้นที่อันตรายเช่นการเก็บกู้วัตถุระเบิดได้

งานวิจัย [5] ได้ออกแบบการมองเห็นของหัวหุ่นยนต์ PTV (Pan-Tilt-Verge vision system) หัวหุ่น PTV ประกอบด้วยกล้องสีแบบซีซีดี (CCD) จำนวน 2 ตัวทำหน้าที่เป็นตัวของหุ่นยนต์กล้องดังกล่าวได้รับการติดตั้งอยู่บนโครงสร้างแบบ 4 มุมอิสระต่างๆ ซึ่งการขับด้วยมุมอิสระต่างๆ ของหุ่นยนต์นี้อาศัยมอเตอร์เซอร์โวกระแสตรงจำนวน 4 ตัว ซึ่งจะใช้การประมวลผลภาพแบบสเตอริโอแอคทีฟ ข้อเสียในการมองเห็นคือแว่นที่ใช้จะต้องมีความถี่ที่สูงเพื่อที่สลับภาพต่างกับระบบที่เป็นสเตอริโอสโคปิค ในส่วนการควบคุมยังไม่สามารถควบคุมผ่านระยะไกลได้และแสดงผลภาพที่เป็นระบบ 3 มิติได้ ทำให้ไม่สามารถนำมาวัดประสิทธิภาพกับงานวิจัยที่นำเสนอนี้ได้

งานวิจัย [6] เน้นการตรวจจับวัตถุด้วยกล้องจำนวน 2 ตัว ในการหาตำแหน่งและการประมาณระยะทางจากตัวกล้องจนถึงวัตถุที่สนใจเพื่อที่จะสามารถทราบค่าความห่างระหว่างวัตถุกับกล้องได้ และการแสดงภาพโดยเทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ มีข้อเสียคือภาพ 3 มิติ ที่แสดงผลยังเป็นไม่เป็นระบบแบบเรียลไทม์ ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการควบคุม และยังไม่สามารถควบคุมผ่านระยะไกลได้ จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้เข้ามาแก้ปัญหาจุดอ่อนของงานวิจัยที่ทำขึ้นมาก่อนหน้านี้ และพัฒนาต่อให้ดียิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากกฎพื้นฐานของกลไกร่างกายมนุษย์ บอกกับเราว่าตาของมนุษย์สามารถมองเห็นภาพเป็น 3 มิติเพราะว่า ตาของเราสองข้างจะแยกการมองวัตถุออกจากกันในแนวนอน ดังนั้นภาพที่ตาแต่ละข้างเห็นจะแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างหรือการแยกออกจากกันนี้เองที่ทำให้เรามองเห็นวัตถุที่มีความลึกลงไปได้ และนี่เองที่เป็นหลักการของการทำภาพ 3 มิติ “เมื่อตาของเรามองเห็นภาพสองภาพจากมุมที่ต่างกัน ทำให้เรามองเห็นเป็นภาพ 3 มิติเสมือนจริง”

2.1 หลักการสเตอริโอวิชันของการมองภาพสองตา

หลักการมองภาพสองตาเป็นวิธีการจำลองการมองของตาซ้ายและตาขวาของมนุษย์มาเป็นภาพสองภาพ คือ ภาพที่มาจากตาซ้ายและภาพที่มาจากตาขวา เพื่อนำมาคำนวณหาความห่างระหว่างภาพสองภาพหรือค่าความลึกแล้วนำค่าระยะห่างระหว่างพิกเซล [9] ที่ได้มาเป็นค่าในการตัดสินว่า ระยะห่างระหว่างวัตถุและกล้องมีค่าเท่าไร

2.2 วิธีการมองภาพ

ในส่วนของการมองภาพ 3 มิติโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค งานวิจัยนี้ต้องการนำเสนอคือการมองภาพโดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเพื่อให้ภาพที่มองเห็นสามารถแสดงผลออกมาในระบบ 3 มิติ โดยเราเลือกใช้เทคนิคการมองโดยใช้แว่นแบบโพลาไรซ์ ผ่านจอแสดงภาพ 3 มิติ

2.2.1 Polarization Stereoscope

เป็นการกรองแสงแบบโพลาไรซ์ ยังคงสีของภาพได้อย่างเป็นธรรมชาติ ทำได้โดยการนำภาพ Stereo 2 ภาพ ซึ่งเป็นภาพของจาขวาและตาซ้าย มาซ้อนทับกัน การดูภาพให้สมจริงต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ฉายภาพ (Projector) สองตัว ซึ่งแต่ละตัวจะติดตั้งแผ่นกรองแสงแบบโพลาไรซ์ แต่จะติดอยู่ในแนวตั้งฉากกัน ผู้ชมจะต้องสวมแว่นตาแบบโพลาไรซ์ด้วย ซึ่งจะมีแผ่นฟิล์มโพลาไรซ์ที่ติดตั้งอยู่ ทำให้ตาแต่ละข้างสามารถมองเห็นภาพในแต่ละข้างนั้นๆได้ สมองจะแปลผลภาพให้เป็นเหมือน 3 มิติ สาหรับวิธีนี้จะต้องใช้จอรับภาพแบบ Nondepolarizing เพื่อให้แสงที่สะท้อนจากจอรับภาพไปยังผู้ชม ยังคงเห็นเป็นแบบโพลาไรซ์ [10] วิธีการดังกล่าว มีข้อดี คือ สามารถหาอุปกรณ์ได้ง่าย แว่นตามีราคาถูก และให้ภาพแบบ 3 มิติที่ชัดเจนสมจริง และคงสีธรรมชาติไว้ด้วย การใช้แว่นตาแบบโพลาไรซ์ที่ใช้เทคนิคการซ้อนภาพด้วยช่องของการมองเห็นที่ไม่เหมือนกัน ทำให้แว่นตาทั้งสองข้างมองเห็นภาพที่ปรากฏบนจอคนละภาพพร้อมกัน ปัจจุบันมีการพัฒนาจอภาพแบบ 3 มิติ มาใช้งาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำมาใช้ โดยเป็นจอยี่ห้อ LG FLATRON รุ่น D2342 เป็นจอ LG Cinema 3D [1]

2.2.2 เทคนิคของจอแสดงภาพ 3 มิติ

เทคโนโลยีการแสดงภาพ 3 มิติ มีหลายวิธีแต่พื้นฐานหลักของการมองภาพ 3 มิติ นั้นคือ การแบ่งภาพออกเป็น ภาพสำหรับตาซ้าย และขวา โดยเริ่มแรกมีการใช้เทคโนโลยี Anaglyph ซึ่งก็คือการใช้แว่นตาที่เป็นกระจกโปร่งใสสีแดงและอีกข้างเป็นสีเขียว ต่อมาได้มีการประยุกต์เทคนิคการหักเหของแสงโดยการฉายภาพด้วยเครื่องฉาย 2 เครื่องที่มีโพลาไรซ์ตั้งฉากกัน ลงบนฉากรับภาพเดียวกันซึ่งต้องใช้ แว่นตาแบบโพลาไรซ์ ที่มีกระจกโพลาไรซ์ฟิวเตอร์ (Filter) ตั้งฉากกัน 2 ข้าง

2.2.3 สเตอริโอสโคปิค 3 มิติ

คือเทคนิคใดก็ได้ที่สามารถเก็บข้อมูลภาพเป็น 3 มิติ ให้เห็นความลึกของภาพนั้นได้ การสร้างภาพนั้น ต้องมีภาวะความลึกตา โดยทำภาพเป็นสองภาพ ให้มีลักษณะต่างกันเล็กน้อยแก่ตาแต่ละข้าง การแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคมีข้อได้เปรียบ จากการแสดงระยะลึกสัมพัทธ์กับจอภาพเป็นการขยายขอบเขตของการนำเสนอซึ่งจะทำให้ผู้ชมได้รับรู้มิติความลึกที่ดีขึ้นและทำให้ข้อมูลภาพที่นำเสนอมีคุณค่ามากขึ้นกว่าเดิมเป้าหมายของระบบการแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคจำเป็นต้องรักษาคุณภาพของภาพส่วนต่างๆไว้ ได้แก่ ความสว่าง ความละเอียดสูง สีครบถ้วน อัตราเฟรม และการรบกวนกัน (Crosstalk) ระหว่างสองมุมมองที่อยู่ในระยะวัตถุต่ำ เพื่อลดภาพซ้อน (Ghosting) [7,8] ในการบันทึกภาพเพื่อการสร้างภาพดังกล่าว ทำได้โดยการใช้กล้อง 2 ตัว หรือกล้องแบบสเตอริโอที่สามารถบันทึกภาพจากสองมุมมองได้ในเวลาเดียวกัน

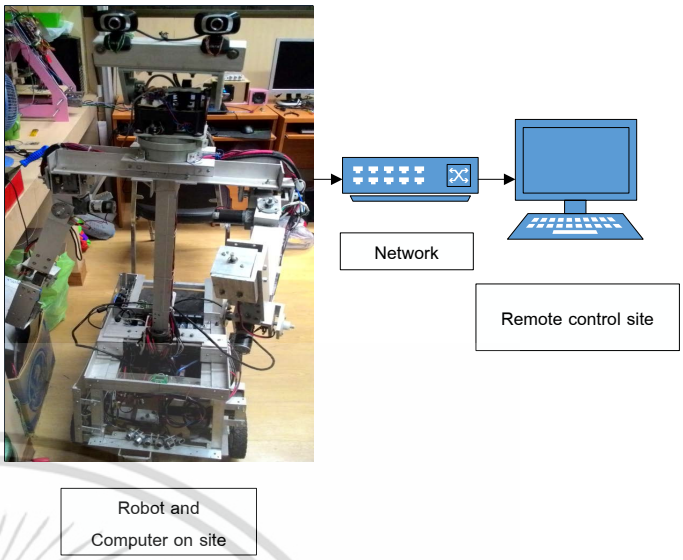
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย (Network)

ในการส่งข้อมูลภาพและการควบคุม จากอาศัยระบบเครือข่ายในการส่งเพื่อการติดต่อสื่อสาร โดยอาศัยโปรโตคอลทีซีพีไอพี (TCP/IP) ในการสื่อสารเพื่อที่จะได้รับข้อมูลที่ครบถ้วน เนื่องจากโปรโตคอลทีซีพีไอพีมีคุณสมบัติในการตรวจสอบการรับ-ส่งข้อมูล โดยข้อมูลที่ส่งไปจะมีการยืนยันเมื่อข้อมูลถึงผู้รับแล้ว [11]

3. การออกแบบระบบ

การมองเห็นภาพ 3 มิติผ่านการควบคุมระยะไกลโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติแบบเรียลไทม์สำหรับตาหุ่นยนต์ในภาพรวมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนของฝั่งหุ่นยนต์ และส่วนฝั่งควบระยะไกล ซึ่งในส่วนของงานวิจัยนี้จะเน้นที่การส่งภาพในระบบเรียลไทม์ และควบคุมผ่านระยะไกลเป็นหลัก จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 1



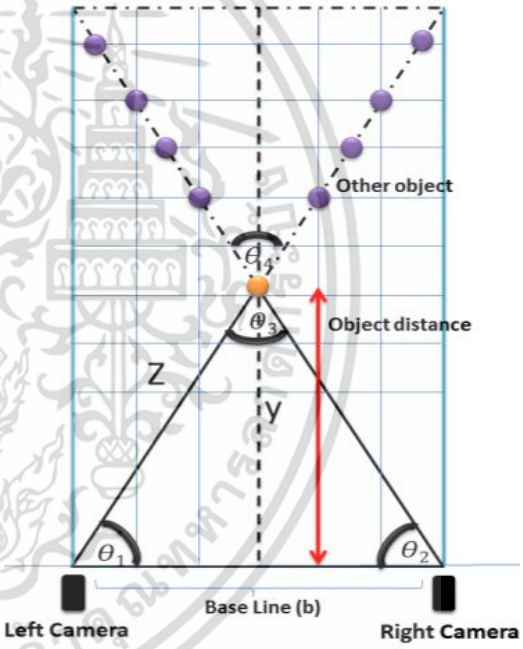
รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

3.1 ฝั่งหุ่นยนต์

จะมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ประมวลผลภาพ และส่วนของชุดควบคุมการหมุนกล้องรับคำสั่งควบคุมการหมุนจากระยะไกลโดยผ่านโปรโตคอลทีซีพีไอพี

3.1.1 ประมวลผลภาพ

ส่วนประมวลผลภาพและส่งภาพการวางกล้องแบบสเตอริโอทั้งกล้องยังมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และเหมาะสมกับขนาดของตัวหุ่นยนต์ งานวิจัยนี้จึงได้นำกล้องแบบเว็บแคมมาใช้งาน และออกแบบโครงสร้างการมองเห็นของกล้อง การมองเห็นของกล้องทั้ง 2 ตัว คือ กล้องซ้าย (Left Camera) และกล้องขวา (Right Camera) ซึ่งกล้องทั้ง 2 ตัวข้างต้นเราสามารถกำหนดมุมองศาของกล้องเองได้ และกำหนดจุดโฟกัสเองโดยกำหนดจุดโฟกัสไว้ที่ 2 เมตร สิ่งที่สำคัญในการกำหนดจุดโฟกัสก็คือต้องกำหนดให้กล้องโฟกัสวัตถุในจุดเดียวกันเท่านั้นซึ่งจะทำให้เกิดระยะห่างระหว่างกล้องไปยังวัตถุที่โฟกัส เช่น กล้องซ้ายและกล้องขวาห่างกัน 14 เซนติเมตร [6] ทำมุม $\theta_1\theta_2$ ได้ 87.9955 องศา ในรูปที่ 2

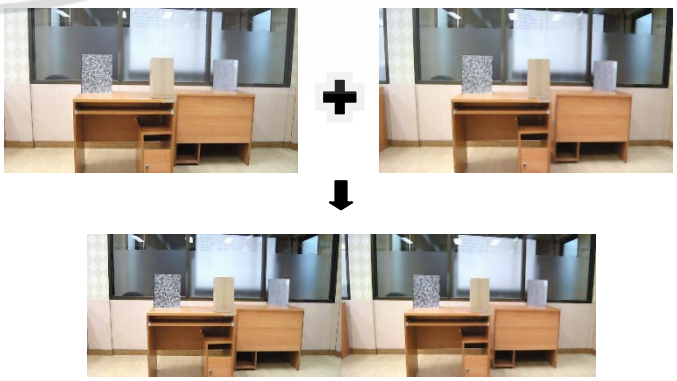


รูปที่ 2 โครงสร้างการมองเห็นของกล้องทั้ง 2 ตัว

การประมวลผลภาพจะรับภาพจากกล้อง 2 ตัวมา แล้วทำการจับภาพจากกล้องซ้ายและภาพกล้องขวาในเวลาเดียวกัน แล้วนำภาพที่ได้มาประมวลผลเป็นภาพแบบ Side by Side แล้วส่งจากเครื่องฝั่งของหุ่นยนต์ไปยังเครื่องฝั่งของควบคุมระยะไกล

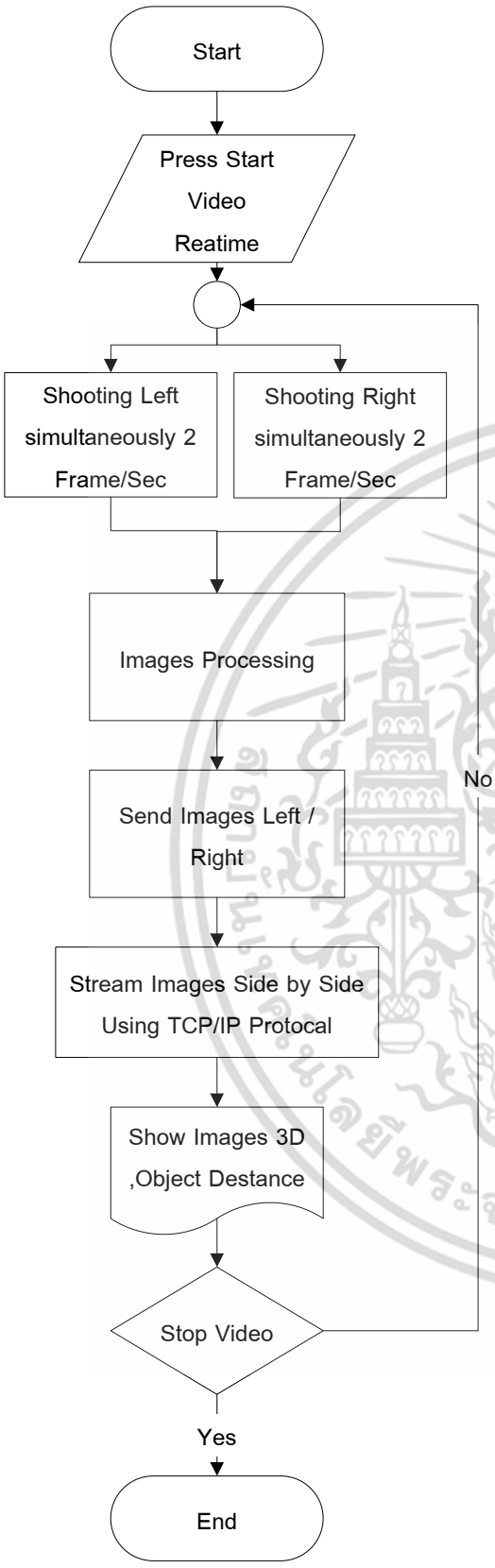
การประมวลผลภาพ Side by Side จากรูปที่ 3 เนื่องจากข้อมูลภาพที่รับเข้ามาเป็นอาร์เรย์ 3 มิติ แล้วนำอาร์เรย์มาต่อกันเป็นแนวนอน จะได้เป็นข้อมูลภาพที่เป็นแนวนอนแนวแกน x ที่มีความกว้างเพิ่มเป็น 2 เท่า ทำให้ได้ภาพใหม่ที่เป็นแบบ Side By Side ออกมา

รูปที่ 4 จะเป็นกระบวนการประมวลผลภาพและส่งภาพ โดยจะเริ่มจากการรับภาพจากกล้อง Webcam มาทำการประมวลผลภาพให้เป็นแบบ Side By Side โดยการรวมภาพจากกล้องซ้ายและกล้องขวามารวมกันจะได้ภาพ Side By Side



รูปที่ 3 การประมวลภาพแบบ Side By Side

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

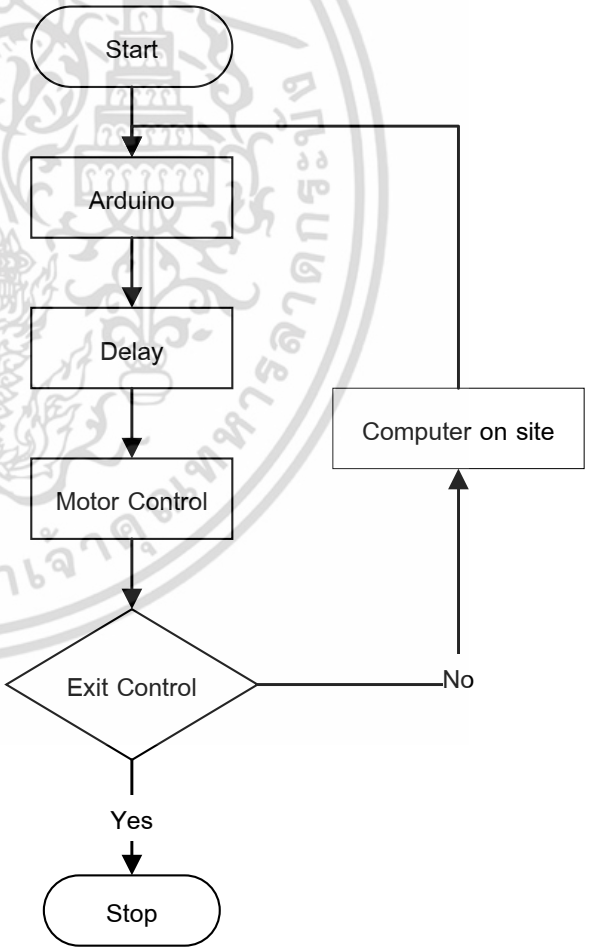


รูปที่ 4 ขั้นตอนการประมวลภาพแบบ Side By Side

3.1.2 ชุดควบคุมการหมุนกล้อง

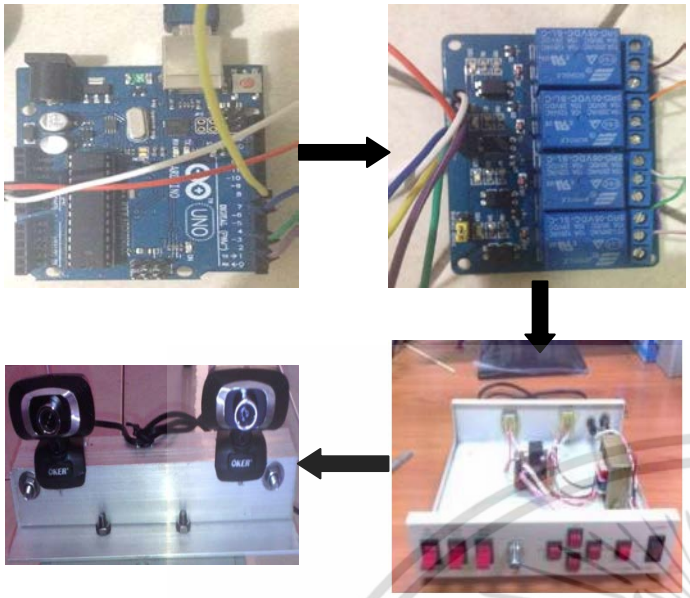
ส่วนของชุดควบคุมการหมุนกล้องรับคำสั่งควบคุมการหมุนจากระยะไกลโดยผ่านโปรโตคอลทีซีพีไอพี โดยจะมีชุดมอเตอร์ส่าย ก้มเงยกล้อง มุมส่าย 355 องศา มุมก้ม 60 องศา เพื่อใช้ในส่วนที่เป็นการส่ายและการก้มเงยสำหรับตาหุ่นยนต์ ต่อเข้ากับชุดกล่องกล่องควบคุม 301C มีหน้าที่ควบคุมและจ่ายไฟกระแสตรง 24 โวลต์ เข้ามอเตอร์การหมุนซ้าย ขวา มุมก้ม มุมเงย โดยจะทำงานควบคุมไปพร้อมกับโมดูลรีเลย์ (Delay) 4 ช่องแบบมี OPTO มีหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมกล่องควบคุม 301C โดยสั่งงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ (Arduino Microcontroller) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ จะอ่านคำส่งจากฝั่งความคุมระยะไกล จะมีโครงสร้างในรูปที่ 5

ในการควบคุมเครื่องฝั่งหุ่นยนต์จะรับคำสั่งจากเครื่องฝั่งควบคุมระยะไกลผ่านโปรโตคอลทีซีพีไอพีมา ก่อนที่จะนำค่าที่ได้รับมาสั่งงานผ่านโดยสั่งงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ ผ่านสายอนุกรมชนิดยูเอสบี (USB Serial Port) โดยมีรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 6

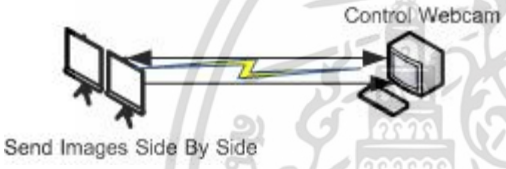


รูปที่ 5 โครงสร้างอุปกรณ์การของชุดควบคุมการหมุนกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 อุปกรณ์การของชุดควบคุมการหมุนกล้อง



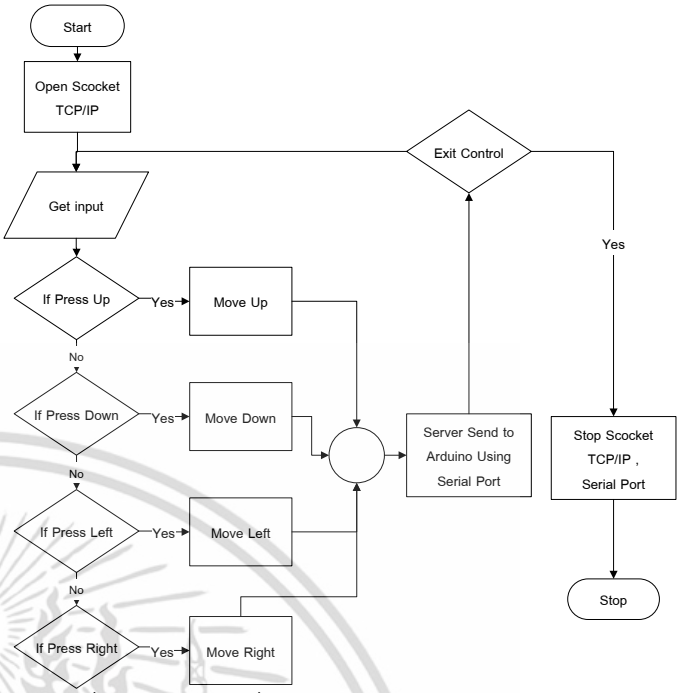
รูปที่ 7 โครงสร้างส่วนของระบบเครือข่าย

ในการควบคุมระยะไกลจะอาศัยระบบเครือข่าย ซึ่งเป็นที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องฝั่งของหุ่นยนต์การเครื่องฝั่งของควบคุมระยะไกล โดยอาศัยโปรโตคอลทีซีพีไอพี ในการรับส่งภาพจากเครื่องฝั่งของหุ่นยนต์ไปยังเครื่องฝั่งของควบคุมระยะไกล และคำสั่งควบกล้องจากเครื่องฝั่งของควบคุมระยะไกลไปยังเครื่องฝั่งของหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 7,8 จะเป็นการส่งข้อมูลไปยังเครื่องควบคุมโดยจากส่งข้อมูลภาพ Side By Side จากเครื่องฝั่งหุ่นยนต์ไปยังเครื่องควบคุม และรอรับคำสั่งการควบคุม เช่น การสั่งหุ่นยนต์ให้หมุนซ้าย (Move Left) การสั่งหุ่นยนต์ให้หมุนขวา (Move Right) การสั่งหุ่นยนต์ให้เงยขึ้น (Move Up) การสั่งหุ่นยนต์ให้เงยลง (Move Down) จากเครื่องควบคุม โดยจะมีขั้นตอนการรับดังรูปที่ 9

3.2 ฝั่งควบคุมระยะไกล

ส่วนของฝั่งควบคุมระยะไกลจะมีหน้าที่รับภาพที่เป็น Side By Side มาแสดงผ่านจอภาพ 3 มิติ แบบพาสซีฟ และส่วนของการควบคุมการหมุนคอโดยผู้ใช้งาน

รูปที่ 8 ภาพ Side By Side บนจอ 3 มิติและควบคุมระยะไกล



รูปที่ 9 โครงสร้างการสั่งงานผ่านผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่

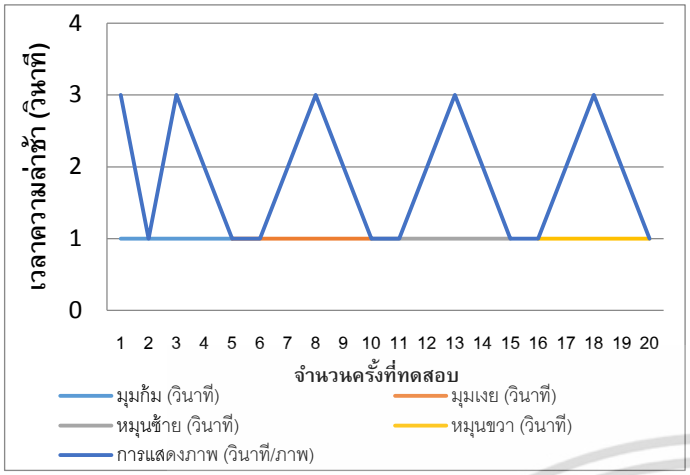
จากรูปที่ 10 จะเป็นการแสดงผลภาพ 3 มิติจากระยะไกลแบบเรียลไทม์โดยการควบคุมผ่านเครือข่ายทำให้ได้ภาพที่ออกมามีความเสมือนจริงทำให้การมองเห็นมีความแม่นยำ แล้วนำไปแสดงผลผ่านจอที่เป็น 3 มิติ แบบ Side By Side โดยดูผ่านแว่นแบบโพลาไรซ์ ดังรูปที่ 8 จะเป็นการแสดงผลภาพ 3 มิติที่ปรับเป็นโหมด Side by Side ผ่านจอภาพแบบ 3 มิติ โดยผ่านแว่นแบบโพลาไรซ์ ทำให้ได้รับชมภาพเสมือนเข้าไปอยู่ในสถานที่จริง

4. ผลการทดลอง

จากการทดลอง เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการควบคุมการมองเห็นระยะไกลที่เป็นระบบภาพแบบ 3 มิติ โดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัยที่วิจัยมาก่อนได้ งานวิจัยนี้จึงทำการวัดประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของความล่าช้าในการควบคุมการหมุนและส่งภาพที่เป็นระบบ 3 มิติผ่านระยะไกล และ 2) ส่วนของการรับชมภาพที่เป็นระบบภาพแบบ 3 มิติที่สังเกตจากการมองโดยใช้ผู้รับชมจำนวน 10 คน

รูปที่ 10 ภาพ Side By Side บนจอ 2 มิติและควบระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 การทดสอบการควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่าย

ซึ่งทดสอบกับเครื่องฝั่งควบคุมระยะไกลมายังเครื่องฝั่งหุ่นยนต์พบว่าภาพ Side By Side ที่ได้รับชมจากจอ LCD Passive 3 มิติ Mode Side By Side ผ่านแว่นโพลาไรซ์ที่มีกระจกโพลาไรซ์ฟิวเตอร์ตั้งฉากกัน 2 ข้าง มีความเสมือนจริง มีความลึกของภาพชัดเจนเหมือนเข้าไปอยู่ในสถานที่จริง เพราะว่าภาพทุกภาพจะถูกส่งไปยังเครื่องควบคุมครบ 100% เนื่องจากใช้งานผ่านโปรโตคอลทีซีพีไอพี และทดสอบการควบคุมได้ซึ่งจะได้ผลออกมาตามกราฟ รูปที่ 11 จากกราฟหลังการทดลองพบว่าความล่าช้าในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายในส่วนการควบคุมการหมุนพบว่าในการควบคุมไปยังทิศทางต่างๆ จะใช้เวลา 1 วินาทีในการตอบสนอง ซึ่งมีความล่าช้าในการควบคุมน้อยมาก แต่มีความล่าช้าในการส่งข้อมูลภาพเมื่อเทียบสัดส่วนกับความล่าช้าในการควบคุมคิดเป็นร้อยละ 7.4 เมื่อเทียบกับเวลาเฉลี่ยในการควบคุม และทดสอบการมองเห็นภาพ 3 มิติจากกลุ่มตัวอย่าง 10 คน ทุกคนยืนยันการรับชมภาพ 3 มิติผ่านการควบคุมระยะไกลได้ชัดเจน มองเห็นระยะลึกสัมพัทธ์และการมองเห็นเสมือนจริง สาเหตุจากการประมวลผลภาพมีความล่าช้า ซึ่งทรัพยากรของเครื่องที่ประมวลผลใช้ CPU Core 2 Duo 2.4 GHz. RAM 2 GB. ซึ่งมีขีดจำกัดทำให้การประมวลผลทำให้ไม่มีความรวดเร็ว

5. สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นนำเสนอระบบการมองเห็นภาพ 3 มิติผ่านการควบคุมระยะไกลโดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ แบบเรียลไทม์ ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับระบบการควบคุมระยะไกลที่แสดงผลภาพเป็น 3 มิติที่ทำมาก่อน งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นการนำเสนอองค์ความรู้ใหม่สำหรับระบบการมองเห็นผ่านการควบคุมระยะไกลที่เป็นระบบภาพ 3 มิติ ทำให้ภาพที่ได้มีความเสมือนจริงมีความลึกของภาพได้การรับชมภาพที่ชัดเจนและสามารถควบคุมมุมกล้องจากระยะไกลได้ ผลการควบคุมหมุนพบว่ามีความล่าช้าน้อยมาก แต่ในการส่งภาพจะมีความล่าช้าคิดเป็น ร้อยละ 7.4 เมื่อเทียบกับเวลาเฉลี่ยของการควบคุม และทดสอบการมองภาพที่เป็น 3 มิติ จากกลุ่มตัวอย่าง 10 คน พบว่าทุกคนได้รับชมภาพ 3มิติ ผ่านการควบคุมระยะไกลได้ชัดเจนมองเห็นระยะลึกสัมพัทธ์และการมองเห็นเสมือนจริง ทำให้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถนำไปพัฒนาให้มีการประสานงาน ร่วมกันกับส่วนประกอบอื่นๆของหุ่นยนต์โดยมนุษย์ไม่ต้องเข้าไปอยู่ในสถานที่จริง ทำให้สามารถควบคุมได้ ช่วยแบ่งเบาภาระของมนุษย์ในงานบ้านหรือช่วยในการเข้าถึงพื้นที่อันตรายเช่น การเก็บกู้วัตถุระเบิดได้ เพลิงไหม้ หรือในทางการแพทย์เช่น การผ่าตัดจากระยะไกลได้ แต่ยังมีความล่าช้าในการประมวลผลซึ่งผู้วิจัยจะทำการวิจัยต่อไปให้มีความไหลลื่นของภาพมากกว่านี้อาจจะนำไปประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูงบวกกับการทำเขียนโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสามารถคอมไพล์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผู้วิจัยจะนำไปพัฒนาในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Eichenlaub, “A Lightweight, Compact 2D/3DAutostereoscopic LCD Backlight for Games, Monitorand Notebook Applications,” *in Proceedings of theSPIE*, vol. 3295, pp. 193-222, Jan, 1998.

[2] ELSA AG, 3D Revelator, Quick Start Guide, Aachen, Germany, 1999.

[3] N. Holliman, “3D Display Systems,” to appear; Handbook of Opto-electronics, IOP Press, Spring 2004, ISBN 0-7503-0646-7.

[4] ก้องเกียรติ เรืองไทย และ วัชระ ฉัตรวิริยะ. 2554. "การปรับระยะภาพสเตอริโอสโคปิคเพื่อการรับรู้ของมนุษย์".,วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ 7, 13 (มกราคม-มิถุนายน)

[5] อาทิตย์ ศรีแก้ว.(2546).โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาหุ่นยนต์ระบบการมองเห็นแบบสเตริโอแอคทีฟในเวลาจริงสำหรับระบบช่วยเหลือคนพิการแบบ.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[6] นางสาวจุรีลักษณ์ แก้วกลุ่ม นางสาวภูติญา บัวระภา และนายสุรพงศ์ เทียนทอง. 2553. " การมองเห็นของหุ่นยนต์โดยใช้เทคนิคสเตอริโอสโคปิค 3 มิติ ". ปริญญานิพนธ์การศึกษาบัณฑิต ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[7] N. Holliman, “Mapping perceived depth to regions of interest in stereoscopic images,” Displays and Virtual Reality Systems XI, Proceedings of SPIE 5291, 2004.

[8] G. Jones, D. Lee, N. Holliman, and D. Ezra, “Controlling perceived depth in stereoscopic images,” *in Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VIII*, Proceedings of SPIE 4297A, 2001.

[9] G. N. Hiruma, and T. Fukuda, “Accomodation Response to Binocular Stereoscopic TV Images and their Viewing Conditions,” *SMPTE Journal*, pp. 1137 -1144, Dec,1993.

[10] G. R. Sand, and A. Chiari, eds., *Stereoscopic Television*: *Standards, Technology and Signal Processing*, European Commissio Directorate General XIII-B, Brussels, 1998.

[11] Stevens, W. R. 1994. TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols. Addison-Wesley.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มขีดความสามารถของธุรกิจร่วมทุน ไทย-ญี่ปุ่น

A Competitive Development of Thai-Japanese Joint Venture Cooperation

วนิดา วาดีเจริญ[†1], รังสรรค์ เลิศในสัตย์[†2], ณฐาพัชร์ วรพงศ์พัชร์[‡3], บัญชา เกิดมณี[§4], สมชาย เลิศภิรมย์สุข[§5], สมบัติ ทีฆทรัพย์[#6]

[†]*คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*

1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

[1]wadeecharoen@gmail.com
[2]orbusiness@hotmail.com

[‡]*คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*

86 ถนนพิษณุโลก แขวงจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[3]dr.thiwat@gmail.com

[§]*คณะบัญชี มหาวิทยาลัยธนบุรี*

29 ซ.เพชรเกษม 110 แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

[4] b.kirdmanee@gmail.com
[5] alert_ac@hotmail.com

[#]*คณะวิศวะกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย*

200 ถนนรังสิต-นครนายก (คลอง 5) ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

[6]sombat.teekasap@gmail.com

บทคัดย่อ

กลยุทธ์การร่วมทุนระหว่างประเทศ นับเป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรมของไทยให้มีความแข็งแกร่ง สามารถแข่งขันได้กับนานาประเทศ การร่วมทุนระหว่างประเทศไทย กับประเทศญี่ปุ่นเป็นอีกหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญของการเพิ่มขีดความสามารถของไทย โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่ดำเนินงานในรูปของบริษัทร่วมทุนระหว่างไทยกับญี่ปุ่น อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของการร่วมทุนดังกล่าวเป็นเพียงข้อบังคับด้านกฎหมายที่กำหนดให้บริษัทในประเทศผู้รับการลงทุนเข้าถือหุ้นขั้นต่ำร้อยละ 10 ของทุนจดทะเบียน ซึ่งมิได้เป็นการร่วมทุนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพึ่งพากันอย่างแท้จริง ทำให้บริษัทท้องถิ่นของไทยที่เข้าร่วมทุนไม่สามารถพัฒนาขีดความสามารถของตนได้ เนื่องจากไม่มีกิจกรรม หรือบทบาทในการบริหารใดๆ สุดท้ายจึงจบด้วยการควบรวมกิจการในที่สุด วัตถุประสงค์ของบทความนี้ เพื่อเป็นการเสนอแนะแนวทางการเพิ่มขีดความสามารถของธุรกิจร่วมทุนไทย-ญี่ปุ่น ในการสร้างความได้เปรียบด้านการแข่งขันของไทยในอาเซียน

คำสำคัญ: ขีดความสามารถ, กลยุทธ์การร่วมทุน, ไทย-ญี่ปุ่น

Abstract

International Joint Venture (IJV) is the strategy tool driven Thailand industrial sector competitive in global market. Thai-Japanese IJV is recognized as strategic importance for Thailand empowerment. Particularly, in assembly automobile, auto parts and electronic manufacturing sectors whereby most of IJV firms are engaged in these sectors. However, the purpose of the joint venture is just such a regulation requiring local companies in the recipient investment country to hold a minimum of 10 percent of share capital. Thus, IJV partners are not truly interdependent. As the result, Thai local's company can't develop their capabilities due to lack of interdependent, activities and management role. Finally, this type of IJV was end up with the merger. The purpose of this article is for giving the guidelines to increase of Thai firm's competitiveness via joint venture strategy between Thailand - Japan firms. In order to gain Thailand competitive advantage in Asean.

Keywords: Competitive, IJV, Thai-Japan

1. คำนำ

ประเทศญี่ปุ่นถูกจัดว่าเป็นประเทศคู่ค้าสำคัญอันดับสองของไทยรองจากประเทศจีน มีมูลค่าการนำเข้า และส่งออกมากถึง 1,927,850 ล้านล้านบาทในปี ค.ศ. 2013 ก่อนที่จะลดลงร้อยละ 15 เหลือ 1,862,653 ล้านล้านบาทในปี ค.ศ. 2014 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าการนำเข้า และส่งออกจะเห็นได้ว่าประเทศไทยขาดดุลการค้ากับประเทศญี่ปุ่นอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอดนับแต่ปี ค.ศ. 2010 ที่ขาดดุล 569,566 ล้านบาท และปี ค.ศ. 2011 ขาดดุลอยู่ที่ 568,772 ล้านบาท ก่อนที่จะลดลงมาที่ 330,601 ล้านบาท ในปี ค.ศ. 2012 และถีบตัวสูงขึ้นอีกครั้งในปี ค.ศ. 2013 ที่ 584,241 ล้านบาท และ 459,584 ล้านบาทในปี ค.ศ. 2014 [5] เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่าการนำเข้าสินค้าจากประเทศญี่ปุ่นมีมูลค่าสูงกว่าการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น คิดเป็นร้อยละ 46 ในปี ค.ศ. 2013 และร้อยละ 38 ในปี ค.ศ. 2014 ตามลำดับ (แสดงในตารางที่1 มูลค่าการค้ารวม และดุลการค้าระหว่างประเทศในปี ค.ศ. 2013-2014) มูลค่าการนำเข้าที่สูงกว่าการส่งออกเหล่านี้ส่งผลให้ประเทศไทยขาดดุลการค้าระหว่างประเทศอย่างมหาศาล ส่งผลให้อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมของไทยที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบจากประเทศญี่ปุ่น [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

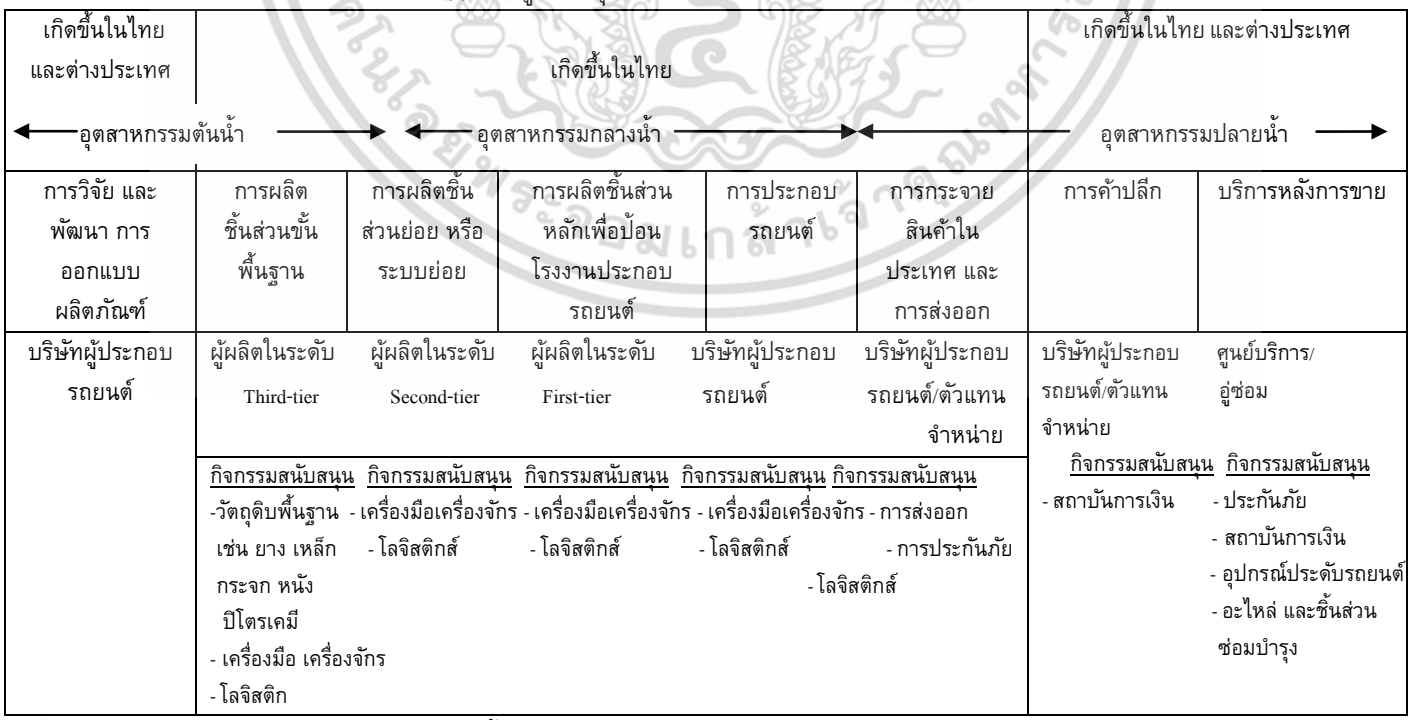
ตารางที่ 1 แสดงมูลค่าการค้ารวม (มูลค่านำเข้า-ส่งออก) และดุลการค้าระหว่างประเทศในปี ค.ศ. 2013-2014

อันดับ	ประเทศ	2013				2014			
		มูลค่ารวม	นำเข้า	ส่งออก	ดุลการค้า	มูลค่ารวม	นำเข้า	ส่งออก	ดุลการค้า
1	จีน	1,979,968	1,155,296	824,672	**-330,624**	2,057,966	1,251,528	806,438	**-445,091**
2	ญี่ปุ่น	1,927,850	1,256,045	671,805	**-584,241**	1,862,653	1,161,119	701,535	**-459,584**
3	สหรัฐ	1,141,802	447,476	694,326	246,851	1,241,959	474,102	767,856	293,754
รวม 3 ประเทศ		5,049,620	2,858,817	2,190,803	**-668,015**	5,162,578	2,886,749	2,275,829	**-610,921**

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร, (2557)

Wadeecharoen and Teekasap, (2014) พบว่ากว่าร้อยละ 80 ของผลผลิตที่ได้จากบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศไทย อีกร้อยละ 20 เป็นการผลิตเพื่อการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น และภูมิภาคใกล้เคียง ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจที่ประเทศไทยประสบภาวะขาดดุลจากประเทศญี่ปุ่นมาโดยตลอด เนื่องจากบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งไทยไม่มีแหล่งวัตถุดิบภายในประเทศ เช่น เหล็ก หนัง สิ่งทอสำหรับทำพรม เม็ดพลาสติก ทำให้ไทยต้องนำเข้าวัตถุดิบพื้นฐานเหล่านี้จากต่างประเทศ ในขณะที่ชิ้นส่วนการผลิตที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ได้แก่ ชิ้นส่วนสมองกล (Micro Computer Chip) และชิ้นส่วนที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม จะต้องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น โดยวัตถุดิบพื้นฐานเพียงอย่างเดียวที่ไทยสามารถผลิตได้เองในประเทศคือ ยางพารา

ภาคอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ มีผู้ผลิตด้วยกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ผลิตในระดับ First-Tier เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ป้อนให้โรงงานประกอบรถยนต์โดยตรง หรือ Direct OEM Supplier ผู้ผลิตกลุ่มนี้จะใช้เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง มีความซับซ้อน คุณภาพจะต้องตรงตามมาตรฐานที่กำหนดโดยผู้ผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนประเภทนี้ส่วนใหญ่จะนำเข้าโดยตรงจากต่างประเทศ ผู้ผลิตอีก 2 กลุ่มคือ Second-Tier และ Third-Tier จะเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนประเภท REM (Replacement Equipment Manufacturing) ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนที่จำหน่ายในตลาดอะไหล่ทดแทน และป้อนวัตถุดิบด้านการผลิตให้กับผู้ผลิตในระดับ First-Tier ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธุรกิจ SMEs ผู้ประกอบการในกลุ่มธุรกิจต้นน้ำเหล่านี้จะนำเข้าวัตถุดิบพื้นฐานจากต่างประเทศ นำมาแปรรูปเป็นชิ้นส่วนพื้นฐานหรือชิ้นส่วนขนาดเล็กทั่วไปเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบป้อนให้กับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมกลางน้ำนำไปใช้เป็นส่วนประกอบรถยนต์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความซับซ้อนมากขึ้น (อ้างอิงจากรูปที่ 1 ห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วน) ประเด็นที่น่าสนใจคือ การผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ของผู้ประกอบการที่อยู่ในอุตสาหกรรมกลางน้ำ จะต้องตรงตามมาตรฐานที่กำหนดโดยบริษัทประกอบรถยนต์ ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจ SMEs ของไทยไม่มีบทบาทมากนัก [4]



รูปที่ 1 ห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วน
ที่มา: สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้า และการพัฒนา, (2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี และความเชื่อมั่นด้านมาตรฐานการผลิตสินค้าที่ไม่สามารถพัฒนาให้ผลิตได้ตรงตามความต้องการของบริษัทประกอบรถยนต์ ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในระดับ First-Tier ส่วนใหญ่เป็นบริษัทข้ามชาติ (Multinational Enterprise: MNEs) ที่เข้ามาตั้งฐานการผลิตในประเทศไทย ในขณะที่ผู้ผลิตในระดับ Second-Tier จะเป็นบริษัทข้ามชาติที่ร่วมทุนกับคนไทย (International Joint Venture: IJVs) โดยบริษัทที่คนไทยเป็นเจ้าของมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น [6]

จากรูปที่ 1 ห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วน แสดงให้เห็นว่าผู้ผลิตในระดับ Second-Tier อยู่ในส่วนของอุตสาหกรรมกลางน้ำ ซึ่งเป็นบริษัทต่างชาติร่วมทุนกับบริษัทไทย (IJVs) ดังนั้นการแสวงหาแนวทางเพื่อพัฒนา และเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขัน ด้วยการยกระดับมาตรฐานการผลิตของผู้ผลิตในระดับ Second-Tier ให้พัฒนาขึ้นเป็นผู้ผลิตในระดับ First-Tier จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน เพื่อลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ โดยเฉพาะวัตถุดิบที่มีมูลค่าการผลิตสูงนำเข้าโดยตรงจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยสามารถแก้ปัญหาการขาดดุลการค้ากับประเทศญี่ปุ่นได้ นอกจากนี้ยังเป็นการกระจายความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากภัยภิบัติทางธรรมชาติ ดังเช่นในปี ค.ศ. 2011 ที่ญี่ปุ่นได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากเหตุการณ์สึนามิในโทโฮกุ ส่งผลต่อระบบซัพพลายเชนของญี่ปุ่น และประเทศคู่ค้าอีกหลายประเทศ เป็นระยะเวลาหลายเดือน ด้วยเหตุนี้การดำเนินธุรกิจในรูปแบบของบริษัทร่วมทุนระหว่างประเทศ (IJVs) จึงเป็นทางออกที่สามารถเพิ่มขีดความสามารถของบริษัทได้มากที่สุด เนื่องจากเปิดโอกาสให้บริษัทสัญชาติญี่ปุ่น และองค์กรธุรกิจ SMEs ของไทย สามารถพัฒนาธุรกิจร่วมกันในการเพิ่มศักยภาพทางการผลิตในด้านเทคโนโลยี การจัดการ และการตลาด เพื่อเตรียมความพร้อมในการก้าวเข้าสู่การค้าแบบเสรีของกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียน [1]

2. การขับเคลื่อนกลยุทธ์การร่วมทุนระหว่างประเทศ

ธุรกิจระหว่างประเทศมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา การสร้างพันธมิตรร่วมทุนระหว่างประเทศเป็นทางเลือกหนึ่งของกลยุทธ์ทางการจัดการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการย้ายฐานการผลิตไปสู่แหล่งที่มีทรัพยากรการผลิตที่มีราคาต่ำกว่าแล้ว ยังเป็นการแสวงหา อุปสงค์ภายในตลาดของประเทศผู้รับการลงทุน และเพื่อแสวงหาประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าที่ผู้รับการลงทุนมีความถนัด [9],[16] จึงไม่น่าแปลกใจที่บริษัทสัญชาติญี่ปุ่นส่วนใหญ่เข้ามาลงทุนในประเทศไทยโดยใช้กลยุทธ์การร่วมทุนระหว่างประเทศ (IJVs) กล่าวคือ เป็นการร่วมลงทุนระหว่างบริษัทสัญชาติญี่ปุ่น และบริษัทสัญชาติไทย ตั้งแต่ 2 บริษัทขึ้นไปเข้าร่วมทุนจัดตั้งองค์กรขึ้นมาใหม่ โดยมีการบริหารจัดการที่เป็นอิสระจากบริษัทแม่ในต่างประเทศ (Foreign Parent Firm) และบริษัทแม่ที่มีฐานอยู่ในประเทศที่ดำเนินธุรกิจอยู่ (Host Parent Firm) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของบริษัทร่วมทุนต่างประเทศ [12]

ตารางที่ 2 จำนวนโครงการจากประเทศญี่ปุ่น แยกตามขนาดของโครงการ

Investment Size	2010		2011		2012		2013		2013 (Jan-Jun)		2014 (Jan-Jun)	
	No.	Million Baht	No.	Million Baht	No.	Million Baht	No.	Million Baht	No.	Million Baht	No.	Million Baht
[1]**Total Japanese IJV** มูลค่าการลงทุนทั้งหมด	**342**	**100,305**	**484**	**158,968**	**761**	**348,430**	**686**	**290,492**	**374**	**124,458**	**201**	**78,858**
<50	131	2,606	205	4,214	263	5,140	264	5,047	145	2,929	82	1,497
50-99	72	5,173	78	5,723	96	6,949	101	7,261	48	3,486	35	2,487
100-499	105	27,307	141	33,833	264	67,111	228	52,076	136	31,498	76	14,240
500-900	18	12,495	31	20,708	74	50,080	49	33,212	27	18,133	3	1,745
>1,000	16	52,725	29	94,490	64	219,151	44	192,894	18	68,412	5	58,889
[2]**Japanese SME IJV<500**	**308**	**35,086**	**424**	**43,770**	**623**	**79,200**	**593**	**64,384**	**329**	**37,913**	**193**	**18,221**
[(1-2)]**%of Japanese SME IJV** (ร้อยละของ SME IJV)	**90**	**35**	**88**	**27**	**82**	**23**	**68**	**16**	**88**	**30**	**96**	**23**
Total Registered Capital มูลค่าทุนจดทะเบียนทั้งหมด		**7,677**		**31,745**		**49,607**		**45,322**		**22,879**		**5,416**
- [3]Japanese (ญี่ปุ่น)		**6,167**		**28,450**		**42,256**		**41,800**		**21,660**		**5,250**
- [4]Thai (ไทย)		**1,017**		**2,542**		**6,800**		**2,409**		**1,021**		**161**
[(3-4)]**%of Thai Partner** (สัดส่วนของผู้ถือหุ้นบริษัทไทย)		**16**		**9**		**16**		**6**		**5**		**3**

Source: Author's calculation based on data provided by Board of Investment (BOI), International Affairs Bureau., BOI, As of July 21, 2014

Japanese investment projects with Japanese capital of at least 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงทุนโดยตรงจากประเทศญี่ปุ่น ด้วยการใช้กลยุทธ์ **'การร่วมทุนระหว่างประเทศ'** นับเป็นเครื่องมือส่งเสริมการเติบโตด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย เห็นได้จากกว่าครึ่งหนึ่งของบริษัทญี่ปุ่นใช้กลยุทธ์การร่วมทุนในการเจาะตลาดยานยนต์ของประเทศไทย [17],[19]-[21] อย่างไรก็ตาม การร่วมทุนดังกล่าวอาจเป็นไปตามเงื่อนไขด้านกฎหมายของประเทศผู้รับการลงทุนที่กำหนดให้บริษัทท้องถิ่นในประเทศผู้รับการลงทุนถือหุ้นขั้นต่ำร้อยละ 10 [8] ในความเป็นจริงบริษัทท้องถิ่นแทบจะไม่มีบทบาทการดำเนินงานในโครงสร้างใดๆ ของบริษัทร่วมทุนเลย เป็นเพียงผู้ถือหุ้นทางกฎหมายเท่านั้น Julion and O'Cass, (2005) ให้นิยามหุ้นส่วนประเภทนี้ว่า ผู้ร่วมหุ้นที่นอนหลับ (Sleeping Partner) เห็นได้จากสัดส่วนการถือหุ้นของบริษัทท้องถิ่นของไทยมีเพียงร้อยละ 3 และไม่เกินร้อยละ 16 เท่านั้น (อ้างอิงจาก ตารางที่ 2 จำนวนโครงการจากประเทศญี่ปุ่น แยกตามขนาดของโครงการ)

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณกระแสเงินลงทุนไหลเข้าจากประเทศญี่ปุ่นที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปี ค.ศ. 2010 คิดเป็นมูลค่า 100,305 ล้านบาท ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 348,430 ล้านบาท เพิ่มขึ้นกว่า 3 เท่าตัว หรือประมาณร้อยละ 70 ในปี ค.ศ. 2012 การลงทุนขนาดใหญ่ของญี่ปุ่นจะอยู่ในรูปของบริษัทร่วมทุนต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีขนาดกลาง และขนาดย่อม (SME IJV) ด้วยการใช้กลยุทธ์การร่วมทุน บริษัทท้องถิ่นสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูงทั้งการผลิต และการบริหารจัดการ เพื่อยกระดับคุณภาพการผลิตของบริษัทในประเทศผู้รับการลงทุน [14],[15] ในความเป็นจริงจึงเกิดเป็นคำถามขึ้นมาว่า *'บริษัทข้ามชาติเหล่านั้นมีเจตนาที่จะถ่ายทอดความรู้ และเทคโนโลยีสำคัญให้กับบริษัทผู้ร่วมทุนในประเทศผู้รับการการลงทุนอย่างนั้นหรือ?'* คำถามนี้จึงกลายเป็นประเด็นสำคัญที่ก่อให้เกิดข้อพิพาทระหว่างผู้ถือหุ้นทั้งสองฝ่าย อันจะนำไปสู่ปัญหาด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้ถือหุ้น จนต้องควบรวมกิจการ (Merger) หรือปิดกิจการ (Shut-Down) ในที่สุด [13] บริษัทร่วมทุนไทย-ญี่ปุ่น ที่ตั้งฐานการผลิตในประเทศไทยกว่าร้อยละ 80 ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เป็นการผลิตเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศ [11] ซึ่งดูเหมือนว่าญี่ปุ่นได้ย้ายฐานการผลิตมาตั้งในประเทศไทยเพื่อการใช้ทรัพยากร และแรงงานราคาถูกของไทยในการผลิตสินค้าเพื่อส่งกลับไปยังประเทศแม่ และประเทศคู่ค้าอื่นๆ ทำให้บริษัทในประเทศเจ้าบ้านผู้รับการลงทุนไม่สามารถพัฒนาศักยภาพการผลิต หรือการยกระดับความขีดสามารถด้านการแข่งขันตามที่คาดหวัง สาเหตุอาจสืบเนื่องมาจากขนาดของผู้ถือหุ้นระหว่างบริษัทสัญชาติญี่ปุ่น และบริษัทสัญชาติไทย มีขนาดการลงทุนแตกต่างกันอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบระหว่างทุนจดทะเบียนของบริษัทญี่ปุ่น และบริษัทไทย ญี่ปุ่นถือหุ้นมากกว่าบริษัทไทยถึง 11 เท่าตัวในปี ค.ศ. 2011 ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 15 เท่า ในครึ่งปีแรกของปี ค.ศ. 2012 (ดูเพิ่มเติมในตารางที่ 2) ดังนั้นการที่จะทำให้บริษัททั้งสองสัญชาติเกิดการพึ่งพากันอย่างแท้จริงนั้นจะต้องพิจารณาจากขนาดของบริษัทผู้ร่วมทุนทั้งสองฝ่ายต้องมีขนาดที่เหมาะสมใกล้เคียงกันจึงจะเกิดการพึ่งพากันอย่างแท้จริง (partner dependency) กล่าวคือ เป็นการร่วมทุนเพื่อการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างแท้จริงนั่นเอง

3. แนวโน้มการดำเนินธุรกิจร่วมทุนไทย-ญี่ปุ่น

ตามทัศนะของนักลงทุนชาวญี่ปุ่น ประเทศไทยจัดว่าเป็นประเทศที่เปิดรับการลงทุนจากประเทศญี่ปุ่นมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มประเทศอาเซียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระแสเงินลงทุนจากประเทศญี่ปุ่นมีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย [19] จำนวนโครงการจากประเทศญี่ปุ่นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี ค.ศ. 2011 บริษัทร่วมทุนญี่ปุ่นเพิ่มขึ้นเป็น 480 บริษัท เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 2010 จำนวน 138 บริษัท หรือคิดเป็นร้อยละ 29 โดยมีโครงการเพิ่มขึ้นเกือบ 300 โครงการใน 6 เดือนแรกของปี ค.ศ. 2012 หรือคิดเป็นร้อยละ 60 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2011 (ดูเพิ่มในตารางที่ 2 จำนวนโครงการจากประเทศญี่ปุ่น แยกตามขนาดของโครงการ)

การที่ประเทศไทยกำลังจะเข้าสู่ประชาคมอาเซียนภายในปลายปี ค.ศ. 2015 ทำให้นักลงทุนชาวญี่ปุ่นจะต้องปรับตัวโดยการแสวงหาทรัพยากรการผลิตที่มีต้นทุนที่ถูกกว่า เพื่อรักษาความได้เปรียบในการแข่งขัน โดยเฉพาะกลุ่มธุรกิจร่วมทุนไทย-ญี่ปุ่นที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในระดับ Third-Tire ซึ่งผลิตสินค้าอย่างง่ายที่เน้นการใช้แรงงานในการผลิต (Labor Intensive) ผู้ประกอบการเหล่านี้จะมีแนวโน้มในการเข้าไปตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ หรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศกัมพูชา สปป. ลาว และเวียดนาม เนื่องจากอุตสาหกรรมด้านนี้ต้องการกำลังแรงงานมาก และกลุ่มประเทศเหล่านี้ยังมีค่ามีแรงงานที่ถูกกว่าประเทศไทย [7] จากนั้นจึงส่งสินค้ากลับมายังประเทศไทยเพื่อประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูป โดยมีโรงงานของไทย และญี่ปุ่นขยายฐานการผลิตไปยังนิคมอุตสาหกรรมในจังหวัดตราด และจังหวัดเกาะกง กัมพูชา ซึ่งจัดว่าเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษ ในขณะที่ฐานการผลิตในประเทศไทยจะต้องมุ่งไปที่สินค้าเทคโนโลยีสูงขึ้น ดังนั้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากญี่ปุ่นไปสู่บริษัทไทยจึงดูค่อนข้างที่จะเป็นไปได้ยากเนื่องจากขาดการพึ่งพาซึ่งกันและกันอย่างแท้จริง [2] การที่จะทำให้บริษัททั้งสองสัญชาติเกิดการพึ่งพาซึ่งกัน และกันอย่างแท้จริงควรต้องมีขนาดที่เหมาะสมใกล้เคียงกันโดยมุ่งการร่วมทุนเพื่อการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างแท้จริง มิใช่ร่วมทุนเนื่องจากข้อบังคับด้านกฎหมาย

4. บทสรุป

การที่จะขับเคลื่อนเศรษฐกิจของไทยให้พัฒนาได้อย่างยั่งยืนนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยการลงทุนจากต่างประเทศเข้ามาขยายฐานเม็ดเงินลงทุนภายในประเทศ โดยเฉพาะการลงทุนจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นนักลงทุนรายใหญ่ของไทย การลงทุนจากประเทศญี่ปุ่นนี้ไม่ได้มาในรูปของเม็ดเงินการลงทุนเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงความรู้ด้านเทคโนโลยี การจัดการ และทุนทางปัญญา ซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ และกระตุ้นการเติบโตของเศรษฐกิจไทย อุตสาหกรรมที่ได้รับเงินลงทุนโดยตรงจากประเทศญี่ปุ่นมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนประกอบยานยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตของไทย ด้วยเหตุนี้ประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างต่อเนื่อง ด้วยการจับคู่ธุรกิจที่มีขนาดใกล้เคียงกันก่อให้เกิดการพึ่งพาซึ่งกัน และกันอย่างแท้จริง เพื่อให้ธุรกิจ SME ของไทยสามารถเติบโตไปได้ตามการขยายตัวของสินค้าในตลาดอาเซียน และตลาดโลก

เอกสารอ้างอิง

[1] ผลิน ภู่จรูญ, (2544). กลยุทธ์การจัดการบริษัทร่วมทุนระหว่างประเทศในประเทศไทย กับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ, Strategic Management of International Joint Ventures in Thailand and the Development of International Competitive Advantage, เสนอต่อสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

[2] วนิดา วาดีเจริญ, อธิวัฒน์ กาญจนวณิชย์กุล, วัลลภา พัฒนา และสมบัติทีฆทรัพย์, (2555). แนวทางการพัฒนาธุรกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม (SMEs) อย่างยั่งยืนในประชาคมอาเซียน (AEC)และการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของบริษัทร่วมทุนระหว่างประเทศในประเทศไทย, การประชุมวิชาการ เครือข่ายงานวิจัยสาขาการบริหารเทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 4, ThaiTIMA The 4th Annual Conference on Technology and Innovation Management, หน้า 382-389

[3] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร, (2557). Thailand Trading Report ระบบ รายงานข้อมูลการค้าระหว่างประเทศของไทย สืบค้นจาก http://www2.ops3.moc.go.th/

[4] สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้า และการพัฒนา, (2553). อุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วน สืบค้นจาก http://tpso.moc.go.th/userfiles/09_TPSO_Rev-Final_Chap7Vehicles_v3.pdf

[5] สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, (2558). ข้อมูลเศรษฐกิจ. สืบค้นจาก http:/www2.moc.go.th/main.php?filename=index_design4

[6] สำนักนโยบาย และยุทธศาสตร์การค้า, (2555). ข้อมูลการค้า และขีดความสามารถในการแข่งขัน, กระทรวงพาณิชย์ สืบค้นจาก http://www.tpso.moc.go.th/indexdemo/vehicles/present11_4.html

[7] สำนักดูแลนักเรียนไทยในประเทศญี่ปุ่น (สนร.), (2556). ภาพรวม และลักษณะการลงทุนของญี่ปุ่นในประเทศไทย และอุตสาหกรรมไทย-ญี่ปุ่น สืบค้นจาก http://education.thaiembassy.jp/index.php

[8] Board of Thailand Investment (BOI), (2014). International Affairs Bureau., retrieved from http://www.boi.go.th/

[9] Dunning, H. (1993). *Multinational Enterprises and the Global Economic*. Addison Wesley Workingham

[10] Julian, C., & O'Cass, C. (2005). *International Joint Venture performance in South East Asia*. MA: Edward Elgar.

[11] Kanjanavanikul, A., Wadeecharoen, W., & Teekasap, S. (2011). The Effect of Marketing Determinant towards Small and Medium Enterprises (SMEs) International Joint Ventures (IJVs) Performance in Thailand Manufacturing Sectors. *Proceeding of Asian Business & Management Conference AMBC 2011, Sponsored by and publication by The International Academic Forum, iafor 11-13 Nov*, Ramada Osaka Hotel, Osaka, Japan

[12] Killing, J.P. (1983). Strategies for Joint Venture Success: New York: Praeger.

[13] Millington A., & Bayliss B. (1999) Transnational marketing joint ventures: A viable market penetration strategy in the EU? *European Management Journal,* 17(6), 635-644

[14] Mohamad, O, Ramayah, T, & Hathaivaseawong, N, (2010) Transfer of Marketing Knowledge in Thai International Joint Venture Firms, *Asian Academy of Management Journal,* Vol.15, No.2, 197-216, July 2010

[15] Samart Chiasakul, (2004). Production Networks, Trade and Investment Policies, and Regional Cooperation in Asia: A Case Study of Automotive Industry in Thailand. Paper presented at the 6th ADRF General Meeting.

[16] Urata, S. (1998). Japanese foreign direct investment in Asia: Its impact on export expansion technology acquisition of the host economic (Unpublished paper). Waseda University and Japan Center for Economic Research

[17] Wad, P. (2009). The automobile industry of Southeast Asia: Malaysia and Thailand. *Journal of the Asia Pacific Economy,* Vol. 14, No. 2, May 2009, 172-193

[18] Wadeecharoen W. and Teekasap S. (2014). *Japanese Investment Via International Joint Venture*, Asean Association-Thailand, 26 Aug 2014, Publication Available on: https://www.facebook.com/450839074945274/photos/a.450845544944627.116868.450839074945274/889102817785562/?type=1&theater

[19] Wadeecharoen, W., Kanjanavanikul, A., Lertnaisat, R. & Teekasap, S. (2013). An Examines of Thailand International Investment Position and The Role of Small and Medium Enterprises (SMEs) International Joint Venture (IJVs) towards Thailand Economic Development. *Chulalongkorn Business Review*, April- July 2013

[20] Wadeecharoen, W., Kanjanavanikul, A., Lertnaisat, R. & Teekasap, S. (2012b). An Examines of Thailand International Investment Position and The Role of Small and Medium Enterprises (SMEs) International Joint Venture (IJVs) towards Thailand Economic Development. *Proceeding of International Conference on Contemporary Business and Management,* ICOM 2012, Bangkok, December 10-12, 2012.

[21] Wadeecharoen, W., Kanjanavanikul, A., Lertnaisat, R. & Teekasap, S. (2012a). A Contribution of Small and Medium Enterprise (SMEs) International Joint Venture (IJV) to Sustain Thailand Economic Development. *Proceeding of International Conference on Business and Industrial Research,* Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand, May 17-18, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น

The Study of Thai Students' Expectation on Working with Japanese Companies

อนุวัต เจริญสุข[1], วัลย์ลดา ภวภูตานนท์[2]
คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] anuwat@tni.ac.th
[2] wanlada@tni.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น กลุ่มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มนักศึกษาไทยเป้าหมายได้แก่กลุ่มนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ชั้นปีที่ 4 กลุ่มนักศึกษาไทยสถาบันอื่นๆในประเทศไทย ชั้นปีที่ 4 กลุ่มนักศึกษาที่จบการศึกษาจากสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และกลุ่มนักศึกษาที่จบการศึกษาจากสถาบันอื่นๆในประเทศไทย ผู้วิจัยกำหนดวิธีการศึกษาการสุ่มตัวอย่างจากการสุ่มประชากรแบบอย่างง่าย (Simple Random sampling) และได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาไทยส่วนใหญ่คาดหวังการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น บริษัทจะต้องมีนโยบายและการบริหารองค์กรสำคัญที่สุดโดยจะต้องเน้นการดำเนินธุรกิจมีความชัดเจนและให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของพนักงาน รองลงมาความคาดหวังว่าการจะทำงานกับบริษัทญี่ปุ่น บริษัทจะต้องให้ค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงานโดยรับประกันว่าจะต้องมีโบนัสประจำปี มีการตรวจสุขภาพประจำปีและมีระบบที่ชัดเจนในการจ่ายค่าตอบแทนการปฏิบัติงานล่วงหน้า

คำสำคัญ: ความคาดหวัง

Abstract

The purpose of this study is to investigate the expectation of Thai students on working with Japanese companies. The samples were the fourth-year undergraduate Thai students from Thai-Nichi Institute of Technology (TNI) and other institutes in Thailand as well as students who graduated from TNI and other Thai institutes. The sample used simple random sampling for data collection of 400 samples. The research instrument was the 5-point Likert scales questionnaire. The data were analyzed by a statistical analysis software program for percentage, mean and standard deviation. The results show that all participants expect highly on companies' policies and organization management that were clear and emphasized on working quality and workers' life quality. The second most expectation was on payment and welfare. The annual bonus, annual body check-up, and clear system in performance agreement needed to be provided. In addition, TNI fourth-year students also expected that the working place's condition should be safe and convenient.

Keywords: expectation

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความน่าสนใจในการลงทุนของชาวต่างชาติสูง โดยมีประชากรประมาณ 65 ล้านคนและเป็นศูนย์กลางของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับนานาประเทศ ประเทศไทยติดอันดับหนึ่งในประเทศที่มีการแข่งขันทางการตลาดสูงที่สุดในภูมิภาคและติดอันดับ 15 ประเทศในเรื่องการคุ้มครองผู้ลงทุน การลงทุนในประเทศนั้นทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่น่าสนใจและเป็นจุดหมายปลายทางของนักลงทุนจากต่างประเทศอยู่ในอันดับที่ 8 ของโลก [1] จากข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้บริษัทต่างชาติได้เข้ามาลงทุนและขยายฐานผลิตมาประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศหนึ่งที่มีความสนใจเข้ามาลงทุนและขยายฐานการผลิตในประเทศไทย ที่ผ่านมาจนถึงปี 2547 มีมูลค่าคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 40 ของมูลค่าการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศทั้งหมด โดยที่ญี่ปุ่นเป็นประเทศผู้ลงทุนรายใหญ่ที่สุด ปัจจุบันจึงมีบริษัทญี่ปุ่นที่ตั้งฐานการผลิตในประเทศไทยนั้นมากถึง 1,234 แห่ง (ทั้งนี้ เฉพาะบริษัทที่ลงทะเบียนกับหอการค้าญี่ปุ่นในกรุงเทพฯ เท่านั้น) และบริษัทเหล่านี้ได้จ้างแรงงานคนไทยมากเกือบ 4 แสนคน [2]

สถาบันอุดมศึกษาทั้งของรัฐบาลและของเอกชนได้ผลิตบัณฑิตที่จะสำเร็จการศึกษา ออกมาแต่ละปีมีจำนวนมาก ทำให้บัณฑิตใหม่เหล่านี้ต้องประสบกับปัญหาการหางานทำโดยเฉพาะในยุคของการแข่งขัน และภาวะวิกฤตเศรษฐกิจในปัจจุบัน จึงทำให้มีการแข่งขันที่จะแย่งเข้าทำงานมากขึ้น บริษัทญี่ปุ่นก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นักศึกษาและผู้ที่จบการศึกษาต่างก็ต้องการเข้าไปทำงาน โดยเฉพาะผู้ที่เรียนภาษาญี่ปุ่นเพราะมุ่งมั่นใฝ่ฝันต้องการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น หรือบางคนก็กำลังตัดสินใจที่จะเริ่ม เรียนภาษาญี่ปุ่นเป็นภาษาที่สามเพราะคิดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในอนาคตเนื่องจากในประเทศไทยมีบริษัทญี่ปุ่นอยู่มากมาย หรือสำหรับบางคนที่อยากทำงานในบริษัทญี่ปุ่นแต่ยังลังเลว่าการทำงานในบริษัทญี่ปุ่นนั้นจะมีลักษณะเป็นอย่างไร การที่บริษัทญี่ปุ่นขยายการผลิตในประเทศไทยจำเป็นต้องส่งผู้บริหารจากบริษัทแม่ซึ่งเป็นชาวญี่ปุ่นมาบริหารงานในองค์กรจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริหารจัดการและรูปแบบการทำงานให้กับคนไทย อีกทั้งคนไทยก็ต้องเรียนรู้และเข้าใจการบริหารงานของชาวญี่ปุ่นด้วย เพราะวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน ความเคยชินการปฏิบัติงานแบบเรียบง่ายของไทยหรือการปฏิบัติงานที่เคร่งครัดของชาวญี่ปุ่น ก็อาจจะทำให้การทำงานในองค์กรไม่ราบรื่น ไม่สามารถบรรลุการทำงานตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ บริษัทเองมีความต้องการพนักงานที่ที่มีคุณภาพเข้ามาร่วมงานเพื่อที่จะเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร ทำให้องค์กรมีประสิทธิภาพ ฉะนั้นในการคัดเลือกพนักงานใหม่จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะคัดสรรบุคลากรที่มีคุณภาพ ก่อนที่จะมีกระบวนการคัดสรรบุคลากรใหม่ บริษัทจะต้องมีผู้สนใจเข้ามาสมัครเพื่อให้ทางบริษัทได้คัดเลือก บริษัทจะต้องดำเนินการอย่างไรเพื่อที่จะให้มีบัณฑิตที่มีคุณภาพจำนวนมากเข้ามาสมัครเพื่อที่บริษัทจะได้มีโอกาสในการคัดเลือกพนักงานที่มีคุณภาพเข้ามาร่วมงานกับบริษัท

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการวิจัย เรื่องการศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่นเพื่อที่เป็นแนวทางในการบริหารจัดการองค์กรให้สามารถดึงดูดบัณฑิตที่มีคุณภาพเข้ามาสมัครงาน อีกทั้งยังสามารถช่วยส่งเสริมความก้าวหน้าในวงการธุรกิจต่อไปในอนาคต เนื่องจากผลการบริหารจัดการภายในองค์กรที่มีประสิทธิภาพแล้วนั้น ก็สามารถนำพาซึ่งความสำเร็จในหลายๆด้านขององค์กร

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 ได้รับรู้ความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น

3.2 สามารถนำเสนอความคิดเห็นและความต้องการนั้น สู่สาธารณะ ให้ได้รับรู้อย่างเป็นระบบและรูปธรรม

โดยสารนิพนธ์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สามารถใช้เป็นฐานในการพัฒนาองค์ความรู้ที่จำเป็นสำหรับบริษัทญี่ปุ่น
3.4 สามารถเผยแพร่ต่อสาธารณะ ชื่อเสียงและศักยภาพการทำวิจัยของสถาบันได้

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีหลักการ แนวคิด ที่เกี่ยวข้องดังนี้

ทฤษฎีความคาดหวังถูกนำเสนอโดย Victor Vroom (1964) โดยทฤษฎีแรงจูงใจนี้กล่าวว่า พนักงานจะมีแรงจูงใจเมื่อพวกเขารับรู้ว่าความพยายามของพวกเขาจะทำให้เกิดผลสำเร็จในการงานและท้ายสุดจะได้รางวัลและผลลัพธ์ที่พนักงานต้องการ หรือกล่าวโดยง่ายคือ การที่จะจูงใจให้พนักงานทำงานเพิ่มขึ้นจะต้องเข้าใจกระบวนการทางความคิดและการรับรู้ของบุคคลก่อนโดยปกติเมื่อคนจะทำงานเพิ่มขึ้นเขาจะคิดว่าเขาจะได้อะไรจากการกระทำนั้น ในกรณีของการทำงานพนักงานจะเพิ่มความพยายามมากขึ้นเมื่อเขาคิดว่าการกระทำนั้นนำไปสู่ผลลัพธ์บางประการที่เขามีความพึงพอใจเช่น เมื่อทำงานหนักขึ้นผลการปฏิบัติงานของเขาอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้นทำให้เขาได้รับการพิจารณาเลื่อนขั้น เลื่อนตำแหน่งและได้ค่าจ้างเพิ่มขึ้น ค่าจ้างกับตำแหน่งเป็นผลของการทำงานหนักและเป็นรางวัลที่เขาต้องการ แต่ถ้าเขาคิดว่าแม้เขาจะทำงานหนักขึ้นเท่าไรก็ตามหัวหน้าของเขาก็ไม่เคยสนใจดูแลยกย่องเขา จึงเป็นไปไม่ได้ที่เขาจะได้รับการพิจารณาเลื่อนขั้น เลื่อนตำแหน่ง เขาก็ไม่เห็นความจำเป็นของการทำงานเพิ่มขึ้น ความรุนแรงของพฤติกรรมที่จะทำงานขึ้นอยู่กับการคาดหวังที่จะกระทำตามความคาดหวังนั้นรวมถึงความดึงดูดใจของผลลัพธ์ที่จะได้รับซึ่งจะมีเรื่องของการดึงดูดใจการเชื่อมโยงรางวัลกับผลงานและการเชื่อมโยงระหว่างผลงานกับความพยายาม Vroom ได้เสนอรูปแบบของความคาดหวังในการทำงานเรียกว่า VIE Theory ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากในการอธิบายกระบวนการจูงใจของมนุษย์ในการทำงานซึ่งมีส่วนประกอบได้แก่

Effort to performance expectancy ซึ่งหมายถึงโอกาสที่ความพยายามของพนักงานจะเป็นทำให้งานที่ได้มีความน่าพอใจ ซึ่งความคาดหวัง (expectancy) นี้แสดงถึงความรับรู้ของพนักงานว่างานที่ได้รับมอบหมายมีความยากขนาดไหน พนักงานที่คิดว่าสามารถทำงานได้ดีจะมีความคาดหวังสูงกว่าพนักงานที่คิดว่าตนเองทำงานนั้นไม่ได้ ซึ่งต้องไปดูว่าส่วนใดที่ขาด เช่น ทักษะ ความรู้ เวลาหรือประสบการณ์ หัวหน้าควรจะจ่ายงานที่เหมาะกับความสามารถของพนักงานเพื่อจะให้งานนั้นประสบความสำเร็จได้

Performance to outcome Instrumentality หมายถึงโอกาสที่งานหรือการกระทำที่เกิดขึ้นจะนำมาสู่ผลลัพธ์ที่ปรารถนา โดยพนักงานที่รับรู้ว่างานที่มีคุณภาพจะทำให้ได้รับผลลัพธ์หรือผลตอบแทนที่เหมาะสมจะทำให้ระดับ instrumentality สูง โดยหัวหน้าต้องให้ผลตอบแทนแก่พนักงานอย่างเหมาะสมและทันเวลาเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในส่วนนี้ด้วย

Desired outcomes and valence หมายถึง ความชื่นชอบของบุคคลในผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เช่น บางคนอาจชอบที่จะได้รับเงินเดือนเพิ่มขึ้น แต่บางคนอาจต้องการวันหยุดเพิ่มขึ้น โดยผลลัพธ์อาจเกิดในด้านดีหรือด้านไม่ดีต่อบุคคลได้ เช่น การจ่ายเงินเดือนเพิ่มย่อมเป็นด้านดีต่อทุกคน แต่การแต่งตั้งผู้จัดการ (หลังจากทำงานได้ดี) อาจทำให้พนักงานบางส่วนไม่พอใจได้

5. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มเป้าหมายคือ

5.1 กลุ่มนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 จำนวน 689 คน [3]

5.2 กลุ่มนักศึกษาไทยสถาบันอื่นๆในประเทศไทย ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 จำนวน 262,277 คน [3]

5.3 กลุ่มนักศึกษาที่จบการศึกษาจากสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 4,255 คน [4]

5.4 กลุ่มนักศึกษาที่จบการศึกษาจากสถาบันอื่นๆในประเทศไทย จำนวน 168,116 [3]

6. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการสุ่มประชากรตรงตามลักษณะที่กำหนดจะศึกษาโดยใช้วิธีการสุ่มประชากรแบบ convenience sampling วิธีสุ่มตัวอย่างและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้เท่ากับ 399.63 คณะผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยที่จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 400 คน จะต้องครอบคลุมกลุ่มนักศึกษาไทยเป้าหมายทั้ง 4 กลุ่ม

7.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 8 ข้อ
ส่วนที่ 2 การศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น
ด้านความมีชื่อเสียงของบริษัท จำนวน 2 ข้อ
ด้านความมั่นคงในการทำงาน จำนวน 2 ข้อ
ด้านโอกาสก้าวหน้าในการทำงาน จำนวน 5 ข้อ
ด้านนโยบายและบริหารองค์กร จำนวน 6 ข้อ
ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน จำนวน 17 ข้อ
ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ จำนวน 7 ข้อ
ด้านการบริหารงานของบริษัท จำนวน 3 ข้อ
ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร จำนวน 4 ข้อ
ด้านสภาพการทำงาน จำนวน 3 ข้อ
ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

8.การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

8.1 การประมวลผลข้อมูลโดยแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสและแปลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
8.2 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นรายข้อและรายด้าน
8.3 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบสอบถามเป็นรายข้อและรายด้าน
8.4 แปลความหมายค่าเฉลี่ยน้ำหนักคำถามแบ่งเป็น ตามแนวคิดของเบสท์ [5] ดังนี้
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง คาดหวังน้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง คาดหวังน้อย
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง คาดหวังปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง คาดหวังมาก
ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง คาดหวังมากที่สุด
8.5 วิเคราะห์น้ำหนักของการศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น

9.สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

10.ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		จำนวน	%
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	เพศชาย	115	49.78
	เพศหญิง	116	50.22
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	เพศชาย	73	43.20
	เพศหญิง	96	56.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		จำนวน	%
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	อายุต่ำกว่า 21 ปี	19	8.23
	อายุ 21-25 ปี	208	90.04
	อายุ 26 ปีขึ้นไป	4	1.73
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	อายุต่ำกว่า 21 ปี	30	17.75
	อายุ 21-25 ปี	88	52.07
	อายุ 26 ปีขึ้นไป	51	30.18
สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		จำนวน	%
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	คณะที่กำลังศึกษาหรือคณะที่จบการศึกษา คณะบริหารธุรกิจ	121	52.38
	คณะที่กำลังศึกษาหรือคณะที่จบการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์	34	14.72
	คณะที่กำลังศึกษาหรือคณะที่จบการศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	76	32.90
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	คณะที่กำลังศึกษาหรือคณะที่จบการศึกษา คณะบริหารธุรกิจ	81	47.93
	คณะที่กำลังศึกษาหรือคณะที่จบการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์	59	34.91
	คณะที่กำลังศึกษาหรือคณะที่จบการศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	29	17.16
สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		จำนวน	%
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่ งานสำนักงาน	59	25.54
	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่ งานการผลิต	55	23.81
	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่ งาน Project	103	44.59
	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่อื่นๆ	14	6.06
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่ งานสำนักงาน	52	30.77
	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่ งานการผลิต	33	19.53
	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่ งาน Project	58	34.32
	ลักษณะงานที่คาดหวังหรือปฏิบัติอยู่อื่นๆ	26	15.38

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ของการศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น จำแนกรายด้าน

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	ด้านความมั่นคงในการทำงาน	231	3.96	0.84
	ด้านโอกาสก้าวหน้าในการทำงาน	231	4.32	0.74
	ด้านนโยบายและการบริหารองค์กร	231	4.47	0.74
	ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน	231	4.38	0.75
	ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	231	4.34	0.78
	ด้านการบริหารงานของบริษัท	231	4.32	0.79
	ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร	231	4.33	0.79
	ด้านสภาพการทำงาน	231	4.36	0.80
	ภาพรวม	231	4.65	0.60

ตารางที่ 2 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ของการศึกษาความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น จำแนกรายด้าน

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	ด้านความมั่นคงในการทำงาน	169	4.09	0.75
	ด้านโอกาสก้าวหน้าในการทำงาน	169	4.28	0.73
	ด้านนโยบายและการบริหารองค์กร	169	4.41	0.61
	ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน	169	4.37	0.74
	ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	169	4.33	0.70
	ด้านการบริหารงานของบริษัท	169	4.13	0.78
	ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร	169	4.12	0.78
	ด้านสภาพการทำงาน	169	4.27	0.68
	ภาพรวม	169	4.62	0.57

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านนโยบายและการบริหารองค์กร มีค่าเฉลี่ย 4.47 และ สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านนโยบายและการบริหารองค์กร มีค่าเฉลี่ย 4.41

ตารางที่ 3 ด้านความมีชื่อเสียงของบริษัท จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นที่มีชื่อเสียงทำให้ท่านเป็นที่ยอมรับในสังคม	231	3.90	0.94
	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นที่มีชื่อเสียงทำให้ท่านมีความภาคภูมิใจในการทำงาน	231	4.05	0.89
	ด้านความมีชื่อเสียงของบริษัท	231	4.12	0.83
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นที่มีชื่อเสียงทำให้ท่านเป็นที่ยอมรับในสังคม	169	3.92	0.80
	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นที่มีชื่อเสียงทำให้ท่านมีความภาคภูมิใจในการทำงาน	169	3.99	0.83
	ด้านความมีชื่อเสียงของบริษัท	169	4.07	0.78

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นที่มีชื่อเสียงทำให้ท่านมีความภาคภูมิใจในการทำงานมีค่าเฉลี่ย 4.05 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นที่มีชื่อเสียงทำให้ท่านมีความภาคภูมิใจในการทำงานมีค่าเฉลี่ย 3.99

ตารางที่ 4 ด้านความมั่นคงในการทำงาน จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นทำให้ท่านมีความมั่นคงในการทำงานสูง	231	3.97	0.88
	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นสามารถปฏิบัติงานได้จนกระทั่งปลดเกษียณ	231	3.61	1.04
	ด้านความมั่นคงในการทำงาน	231	3.96	0.84
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นทำให้ท่านมีความมั่นคงในการทำงานสูง	169	4.07	0.75
	การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นสามารถปฏิบัติงานได้จนกระทั่งปลดเกษียณ	169	3.83	0.93
	ด้านความมั่นคงในการทำงาน	169	4.09	0.75

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นทำให้ท่านมีความมั่นคงในการทำงานสูง มีค่าเฉลี่ย 3.97 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ การได้ร่วมงานกับบริษัทญี่ปุ่นทำให้ท่านมีความมั่นคงในการทำงานสูง มีค่าเฉลี่ย 4.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ด้านโอกาสก้าวหน้าในการทำงาน จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)	มีการฝึกอบรมภายในบริษัทอย่างเป็นระบบ	231	4.13	0.85
	มีการส่งไปฝึกอบรมภายนอกบริษัทอย่างเป็นระบบ	231	4.13	0.91
	มีการส่งไปฝึกอบรมในต่างประเทศ (โดยเฉพาะญี่ปุ่น)	231	4.10	0.95
	มีโอกาสได้เลื่อนตำแหน่งไปเป็นผู้บริหารระดับสูงได้	231	3.83	1.02
	มีโอกาสได้ศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นระหว่างการทำงาน	231	4.01	0.93
	ด้านโอกาสก้าวหน้าในการทำงาน	231	4.32	0.74
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	มีการฝึกอบรมภายในบริษัทอย่างเป็นระบบ	169	4.07	0.75
	มีการส่งไปฝึกอบรมภายนอกบริษัทอย่างเป็นระบบ	169	4.11	0.75
	มีการส่งไปฝึกอบรมในต่างประเทศ (โดยเฉพาะญี่ปุ่น)	169	3.96	0.99
	มีโอกาสได้เลื่อนตำแหน่งไปเป็นผู้บริหารระดับสูงได้	169	3.93	0.95
	มีโอกาสได้ศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นระหว่างการทำงาน	169	3.91	0.89
	ด้านโอกาสก้าวหน้าในการทำงาน	169	4.28	0.73

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ มีการฝึกอบรมภายในบริษัทอย่างเป็นระบบและมีการส่งไปฝึกอบรมภายนอกบริษัทอย่างเป็นระบบมีค่าเฉลี่ย 4.13 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ มีการส่งไปฝึกอบรมภายนอกบริษัทอย่างเป็นระบบมีค่าเฉลี่ย 4.11

ตารางที่ 6 ด้านนโยบายและการบริหารองค์กร จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)	มีปรัชญาบริษัทที่ชัดเจน	231	4.16	0.86
	นโยบายการดำเนินธุรกิจที่ชัดเจน	231	4.23	0.80
	นโยบายการดำเนินธุรกิจสามารถปฏิบัติได้	231	4.14	0.86
	นโยบายมุ่งเน้นให้งานมีประสิทธิภาพมาก	231	4.23	0.78
	บริษัทให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของพนักงาน	231	4.24	0.90
	เปิดโอกาสให้พนักงานมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อนโยบายและแผนการดำเนินงานของบริษัท	231	4.14	0.90
	ด้านนโยบายและการบริหารองค์กร	231	4.47	0.74
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	มีปรัชญาบริษัทที่ชัดเจน	169	4.15	0.78
	นโยบายการดำเนินธุรกิจที่ชัดเจน	169	4.15	0.70
	นโยบายการดำเนินธุรกิจสามารถปฏิบัติได้	169	4.15	0.71
	นโยบายมุ่งเน้นให้งานมีประสิทธิภาพมาก	169	4.21	0.68
	บริษัทให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของพนักงาน	169	4.08	0.79
	เปิดโอกาสให้พนักงานมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อนโยบายและแผนการดำเนินงานของบริษัท	169	3.90	0.84
	ด้านนโยบายและการบริหารองค์กร	169	4.41	0.61

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ บริษัทให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของพนักงาน มีค่าเฉลี่ย 4.24 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ นโยบายมุ่งเน้นให้งานมีประสิทธิภาพมาก มีค่าเฉลี่ย 4.21

ตารางที่ 7 ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)	ค่าตอบแทนที่ได้รับมีความเหมาะสมกับวุฒิการศึกษา ความรู้	231	4.08	0.90
	ค่าตอบแทนที่ได้รับมีความเหมาะสมกับความสามารถของท่าน	231	4.15	0.86
	มีระบบที่ชัดเจนในการจ่ายค่าตอบแทนการปฏิบัติงานล่วงเวลา	231	4.21	0.84
	มีระบบแลกเปลี่ยนวันหยุดพักผ่อนประจำปีเปลี่ยนเป็นค่าตอบแทน	231	3.94	1.00
	มีสวัสดิการเสื้อผ้าชุดยูนิฟอร์ม	231	3.99	0.95
	การรับประกันการมีโบนัสประจำปี	231	4.23	0.91
	มีสวัสดิการอาหารกลางวัน	231	3.94	1.10
	มีสวัสดิการรักษาพยาบาลสำหรับพ่อแม่	231	4.10	1.11
	มีสวัสดิการรักษาพยาบาลสำหรับคู่สมรสและบุตร	231	3.98	0.98
	มีสวัสดิการสำหรับการศึกษาของบุตร	231	3.98	1.03
	มีสวัสดิการสำหรับค่าที่พักอาศัย	231	3.90	1.10
	มีสวัสดิการสำหรับค่าเดินทาง	231	4.06	1.05
	มีสวัสดิการรถรับส่ง	231	4.03	1.06
	มีสวัสดิการประกันสุขภาพนอกเหนือจากประกันสังคม	231	4.07	1.00
	มีสวัสดิการตรวจสุขภาพประจำปี	231	4.16	0.89
	มีสวัสดิการกู้ยืมเงินฉุกเฉิน	231	3.80	1.09
	มีสวัสดิการห้องออกกำลังกายให้กับพนักงาน	231	3.90	1.13
	ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน	231	4.38	0.75
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	ค่าตอบแทนที่ได้รับมีความเหมาะสมกับวุฒิการศึกษา ความรู้	169	4.05	0.73
	ค่าตอบแทนที่ได้รับมีความเหมาะสมกับความสามารถของท่าน	169	4.06	0.79
	มีระบบที่ชัดเจนในการจ่ายค่าตอบแทนการปฏิบัติงานล่วงเวลา	169	4.10	0.82
	มีระบบแลกเปลี่ยนวันหยุดพักผ่อนประจำปีเปลี่ยนเป็นค่าตอบแทน	169	3.81	1.14
	มีสวัสดิการเสื้อผ้าชุดยูนิฟอร์ม	169	4.12	0.85
	การรับประกันการมีโบนัสประจำปี	169	4.12	0.95
	มีสวัสดิการอาหารกลางวัน	169	4.00	1.01
	มีสวัสดิการรักษาพยาบาลสำหรับพ่อแม่	169	3.78	1.20
	มีสวัสดิการรักษาพยาบาลสำหรับคู่สมรสและบุตร	169	3.81	1.11
	มีสวัสดิการสำหรับการศึกษาของบุตร	169	3.89	1.06
	มีสวัสดิการสำหรับค่าที่พักอาศัย	169	3.76	1.20
	มีสวัสดิการสำหรับค่าเดินทาง	169	3.88	1.12
	มีสวัสดิการรถรับส่ง	169	3.98	0.97
	มีสวัสดิการประกันสุขภาพนอกเหนือจากประกันสังคม	169	4.05	0.95
	มีสวัสดิการตรวจสุขภาพประจำปี	169	4.20	0.80
	มีสวัสดิการกู้ยืมเงินฉุกเฉิน	169	3.95	0.96
	มีสวัสดิการห้องออกกำลังกายให้กับพนักงาน	169	3.73	1.22
	ด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน	169	4.37	0.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ การรับประกันการมีโบนัสประจำปี มีค่าเฉลี่ย 4.23 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ มีสวัสดิการตรวจสุขภาพประจำปี มีค่าเฉลี่ย 4.20

ตารางที่ 8 ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)	ลักษณะงานที่รับผิดชอบท่านสามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาที่เรียนได้อย่างเต็มความสามารถ	231	4.05	0.91
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบมีความน่าสนใจ	231	4.12	0.86
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบปริมาณงานมีความเหมาะสม	231	4.03	0.89
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบมีความหลากหลาย	231	4.00	0.91
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบท้าทายความสามารถสูง	231	3.93	0.89
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบทำให้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ	231	4.11	0.86
	ลักษณะงานที่มีโอกาสได้ใช้ทักษะภาษาต่างประเทศ	231	4.01	0.91
	ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	231	4.34	0.78
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	ลักษณะงานที่รับผิดชอบท่านสามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาที่เรียนได้อย่างเต็มความสามารถ	169	4.03	0.89
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบมีความน่าสนใจ	169	4.15	0.81
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบปริมาณงานมีความเหมาะสม	169	4.01	0.85
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบมีความหลากหลาย	169	4.04	0.88
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบท้าทายความสามารถสูง	169	4.08	0.82
	ลักษณะงานที่รับผิดชอบทำให้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ	169	4.09	0.83
	ลักษณะงานที่มีโอกาสได้ใช้ทักษะภาษาต่างประเทศ	169	4.03	0.85
	ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	169	4.33	0.70

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ ลักษณะงานที่รับผิดชอบมีความน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 4.12 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ ลักษณะงานที่รับผิดชอบมีความน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 4.15

ตารางที่ 9 ด้านการบริหารงานของบริษัท จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	บริษัทมีความยุติธรรม เสมอภาคกับพนักงานทุกคน	231	4.21	0.88
	บริษัทรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำงานจากพนักงานระดับทั่วไป	231	4.14	0.89
	รูปแบบการบริหารงานที่เป็นสากลทำให้มีระบบการบังคับบัญชาที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน	231	4.11	0.84
	ด้านการบริหารงานของบริษัท	231	4.32	0.79
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	บริษัทมีความยุติธรรม เสมอภาคกับพนักงานทุกคน	169	4.01	0.89
	บริษัทรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำงานจากพนักงานระดับทั่วไป	169	3.96	0.89
	รูปแบบการบริหารงานที่เป็นสากลทำให้มีระบบการบังคับบัญชาที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน	169	3.96	0.88
	ด้านการบริหารงานของบริษัท	169	4.13	0.78

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ บริษัทมีความยุติธรรม เสมอภาคกับพนักงานทุกคน มีค่าเฉลี่ย 4.21 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ บริษัทมีความยุติธรรม เสมอภาคกับพนักงานทุกคน มีค่าเฉลี่ย 4.01

ตารางที่ 10 ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI)	ท่านสามารถปรึกษากับผู้บังคับบัญชาได้ในทุกเรื่อง	231	4.11	0.91
	ท่านและเพื่อนร่วมงานมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน	231	4.23	0.83
	ผู้บริหารชาวญี่ปุ่นมีความเป็นกันเอง	231	4.11	0.91
	ผู้บริหารชาวญี่ปุ่นมีความเข้าใจพนักงานในทุกๆเรื่อง	231	3.99	0.94
	ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร	231	4.33	0.79
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	ท่านสามารถปรึกษากับผู้บังคับบัญชาได้ในทุกเรื่อง	169	3.91	0.91
	ท่านและเพื่อนร่วมงานมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน	169	4.17	0.70
	ผู้บริหารชาวญี่ปุ่นมีความเป็นกันเอง	169	3.85	0.93
	ผู้บริหารชาวญี่ปุ่นมีความเข้าใจพนักงานในทุกๆเรื่อง	169	3.71	1.00
	ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร	169	4.12	0.78

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ ท่านและเพื่อนร่วมงานมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน มีค่าเฉลี่ย 4.23 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ ท่านและเพื่อนร่วมงานมีสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน มีค่าเฉลี่ย 4.17

ตารางที่ 11 ด้านสภาพการทำงาน จำแนกรายข้อ

สถาบันที่กำลังศึกษาหรือสถาบันที่จบการศึกษา		N	Mean	Std. Deviation
สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)	สถานที่ทำงานมีความสะดวกเรียบร้อยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	231	4.20	0.83
	ภายในบริษัทมีสถานที่พักผ่อน สันทนาการที่ดีเพียงพอ	231	4.06	0.96
	สถานที่ทำงานมีความปลอดภัย	231	4.31	0.86
	ด้านสภาพการทำงาน	231	4.36	0.80
สถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI	สถานที่ทำงานมีความสะดวกเรียบร้อยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	169	4.15	0.69
	ภายในบริษัทมีสถานที่พักผ่อน สันทนาการที่ดีเพียงพอ	169	3.99	0.84
	สถานที่ทำงานมีความปลอดภัย	169	4.21	0.75
	ด้านสภาพการทำงาน	169	4.27	0.68

สถาบันเทคโนยีไทย-ญี่ปุ่น(TNI) ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ สถานที่ทำงานมีความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย 4.31 และสถาบันอื่นๆที่ไม่ใช่ TNI ข้อที่ส่งผลมากที่สุด คือ สถานที่ทำงานมีความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย 4.21

11.สรุปภาพรวม

บริษัทต้องให้ความสำคัญทุกด้าน จากข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยในภาพรวมผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้าน บริษัทควรเริ่มที่นโยบายและการบริหารองค์กร ค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน สภาพการทำงาน เพื่อดึงดูดให้บัณฑิตมีคุณภาพมาสมัครงานสอดคล้องกับงานวิจัยของพัช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีวรรณ ภาสบุตร [6] ได้ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและความคาดหวังในการทำงานกับความผูกพันต่อองค์การของพนักงานในธุรกิจอุตสาหกรรม : กรณีศึกษา บริษัท ฮอนด้า จำกัดในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง พบว่า พนักงานในบริษัท ฮอนด้า จำกัด ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังมีระดับความพึงพอใจในการทำงานในภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความพึงพอใจในการทำงานระดับสูง ได้แก่ ด้านนโยบายและการบริหารงาน ความพึงพอใจในการทำงานในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านลักษณะของงานรองลงมา คือ ด้านกฎระเบียบ ด้านค่าตอบแทนและด้านความก้าวหน้า

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พิจารณา 3 ลำดับแรก

นโยบายและการบริหารองค์กร 3 ลำดับแรกคือ นโยบายมุ่งเน้นให้งานมีประสิทธิภาพมาก นโยบายการดำเนินธุรกิจที่ชัดเจนและบริษัทให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของพนักงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของญาณินี รัตตกุล [7]ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการทำงานและผลการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของพนักงานของบริษัทต่างชาติแห่งหนึ่งที่ประกอบธุรกิจประเภทวางโครงข่ายปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีแรงจูงใจในการทำงานในบริษัทต่างชาติที่ประกอบธุรกิจประเภทวางโครงข่ายปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีแรงจูงใจในการทำงานในระดับมาก 3 ด้านคือ ด้านความมั่นคงในการทำงาน ด้านสภาพการทำงาน และด้านนโยบายและการบริหารขององค์กร

ค่าตอบแทนและสวัสดิการในการทำงาน เน้นรับประกันโบนัสประจำปี มีการตรวจสุขภาพประจำปีและมีระบบที่ชัดเจนในการจ่ายค่าตอบแทนการปฏิบัติงานล่วงหน้า สอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพ์พร อังสกุลวงศ์ [8] ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ของความคิดเห็นที่มีต่อระบบการจ่ายค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการทำงานของพนักงานบัญชีในองค์กร พบว่า ถ้าองค์กรมีระบบการจ่ายค่าตอบแทนที่ดีแล้วนั้น จะส่งผลให้พนักงานเกิดความพึงพอใจ มีแรงจูงใจในการทำงานและเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยผลักดันให้องค์กรประสบความสำเร็จ

สภาพการทำงาน ได้แก่สถานที่ในการทำงานมีความปลอดภัย สะดวกเรียบร้อย สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและภายในบริษัทจะต้องมีสถานที่พักผ่อนสันทนาการที่ดีเพียงพอ สอดคล้องกับงานวิจัย
ภูวเดช วัชรีฤทัย[9] ได้ศึกษาเรื่องสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานที่ทำงานที่มีผลต่อแรงจูงใจในการทำงานของพนักงาน พบว่า พนักงานมีแรงจูงใจในการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง พนักงานมีสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานที่ทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง พนักงานที่มีปัจจัยส่วนบุคคลได้แก่ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ต่างกันมีแรงจูงใจในการทำงานต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พนักงานที่ได้รับสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานที่ทำงานแต่ละด้านต่างกันมีแรงจูงใจในการทำงานต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

12.ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

12.1 งานวิจัยครั้งนี้กลุ่มนักศึกษาไทยที่ใช้เป็นตัวอย่างยังไม่ครอบคลุมทุกสถาบันการศึกษาควรที่จะศึกษาสถาบันการศึกษาที่ไม่ได้ศึกษาในครั้งนี้

12.2 งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการสำรวจในภาพรวมและรายด้าน เพื่อที่จะได้ข้อมูลเชิงลึกควรมีการเก็บข้อมูลในประเด็นที่เฉพาะเจาะจงในด้านที่ส่งผลต่อความคาดหวังของนักศึกษาไทยต่อการทำงานในบริษัทญี่ปุ่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์งบประมาณจากสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์รังสรรค์ เลิศในสัตย์ คณบดี คณะบริหารธุรกิจที่ปรึกษางานวิจัยท่านอาจารย์ พรอนงค์ นิยมค้า โฮริคาวา รองอธิการบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์ ประชาสัมพันธ์ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน.(ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *ภาพรวมการลงทุน*. ค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2557, จาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน เว็บไซต์: http://stein-advisors.com/th/.

[2] สถานเอกอัครราชทูตญี่ปุ่นประจำประเทศไทย.(ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *ความร่วมมือทางเศรษฐกิจ*. ค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2557, จาก สถานเอกอัครราชทูตญี่ปุ่น ประจำประเทศไทย เว็บไซต์: http://www.th.emb-japan.go.jp/th/oda/oda1.htm.

[3] ข้อมูลสถิติการศึกษา.(2556-2557). *ข้อมูลสถิติการศึกษา*. ค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2557, จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เว็บไซต์: http://www.info.mua.go.th/information/show_all_statdata_table.php?data_show=2.

[4] สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้สำเร็จการศึกษา. (2552-2556).*ผู้สำเร็จการศึกษา 2552-2556*.ค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2557,จาก สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. เว็บไซต์ http://www.tni.ac.th/.

[5] ณรงค์ศักดิ์ สุมาลย์โรจน์. (2534).*การประเมินผลโครงการฝึกอบรมหลักสูตรเตรียมผู้อำนวยการประถมศึกษาจังหวัดสถาบันพัฒนาผู้บริหาร การศึกษา สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ*.ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. (สำเนา)

[6] พัชรีวรรณ ภาสบุตร.(2553).*ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและความคาดหวังในการทำงานกับความผูกพันต่อองค์การของพนักงานในธุรกิจอุตสาหกรรม : กรณีศึกษา บริษัท ฮอนด้า จำกัดในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง*.วิทยานิพนธ์ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต.มหาวิทยารามคำแหง. (สำเนา)

[7] ญาณินี รัตตกุล.(2554).*การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการทำงานและผลการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของพนักงานของบริษัทต่างชาติแห่งหนึ่งที่ประกอบธุรกิจประเภทวางโครงข่ายปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย*.การศึกษาอิสระ ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยศิลปากร.(สำเนา)

[8] *พิมพ์พร อังสกุลวงศ์ (2553).การศึกษาความสัมพันธ์ของความคิดเห็นที่มีต่อระบบการจ่ายค่าตอบแทนที่ส่งผลต่อแรงจูงใจในการทำงานของพนักงานบัญชีในองค์กร*.การศึกษาด้วยตนเอง ปริญญาบัญชีมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.(สำเนา)

[9] ภูวเดช วัชรีฤทัย(2556).*สิ่งอำนวยความสะดวกในสถานที่ทำงานที่มีผลต่อแรงจูงใจในการทำงานของพนักงาน*.วิทยานิพนธ์ ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.(สำเนา).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนทางการเงินกับผลตอบแทนของหุ้นของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย : กรณีศึกษากลุ่มบริการ

Relationship between Financial Ratio and Stock Return of the Listed Companies in Stock Exchange of Thailand: A Case Study of Service Sector

กาญจนา ส่งวัฒนา[†1], ศันสนีย์ เทพปัญญา[†], ศรีสุดา ถุงสุวรรณ[†2], อรุณี ลิ้มประเสริฐ[†], เสาวรภย์ กุสุมา ณ อยุธยา[†], ศรัญยา แสงลิ้มสุวรรณ[‡3]

[†]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, [2]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ถนนพระราม 4 คลองเตย กรุงเทพฯ 10110

[1] karnjana.s@bu.ac.th
[2] srisuda.th@bu.ac.th

[‡]*วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา*

169 ถนนลงหาดบางแสน อ.เมือง ชลบุรี 20131

[3] nongna@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าหลักทรัพย์และอัตราส่วนทางการเงิน 3 ดัชนีอันได้แก่ อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น และอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไรต่อมูลค่าหลักทรัพย์ โดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากจากธุรกิจภาคบริการที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยจำนวน 87 บริษัท ในช่วงระหว่างไตรมาสหนึ่งปี พ.ศ. 2551 – ไตรมาสสี่ปี พ.ศ.2556 ทั้งนี้งานศึกษาในอดีตที่ผ่านมาส่วนมากแล้วใช้วิธีการศึกษาจากแบบจำลองสมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวมีข้อจำกัดทางด้านปัญหาทางเศรษฐมิติ บทความนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนางานศึกษาต่อเนื่องโดยเลือกใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลา โดยมีการทดสอบ Unit Root Test การทดสอบความความสัมพันธ์ในระยะสั้นโดยแบบจำลอง Error Correction Model การทดสอบความสัมพันธ์ในระยะยาวโดยแบบจำลอง Johansen Cointegration และการทดสอบความสัมพันธ์ไขว้กันโดยใช้แบบจำลอง Vector Autoregressive Model ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินทั้ง 3 ดัชนีต่อมูลค่าหลักทรัพย์ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ไขว้กันระหว่างตัวแปร

คำสำคัญ: *อัตราส่วนทางการเงิน, มูลค่าหลักทรัพย์ ,ความสัมพันธ์ไขว้กัน ,ข้อมูลอนุกรมเวลา*

Abstract

This study aims to examine relationships between stock price and three financial ratios including debt to equity ratio, return on equity ratio and price to earnings ratio. This study uses secondary data from 87 companies in service sector listed in Thailand stock exchange during the first quarter of 2008 - the fourth quarter of 2013. Most previous studies related to this topic used only simple regression model which has limitation in econometric problems. Therefore, this study focuses on the continued study by using more proper econometric models for time series data. The unit root test, the Error Correction model, the Johansen Cointegration model and the Vector Autoregressive Model are studied. The results show that there are statistically significant impacts from three financial ratios to stock market price; however, there is no bidirectional relationship between each variables.

Keywords: *financial ratio, stock price, causality relationship, time series data*

1. คำนำ

ในปัจจุบันการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์เป็นเรื่องที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยมากแล้วนักลงทุนจะมุ่งเน้นไปที่ผลกำไรจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ในรูปของมูลค่าหลักทรัพย์ที่สูงขึ้น และเงินปันผล ซึ่งนักลงทุนระยะสั้นจะมุ่งผลตอบแทนในรูปการทำกำไรจากมูลค่าหลักทรัพย์ที่สูงขึ้น ในขณะที่นักลงทุนระยะยาวจะมุ่งเน้นการทำกำไรจากเงินปันผล นักลงทุนส่วนใหญ่จะมีวิธีในการประเมินมูลค่าหลักทรัพย์ในตลาดผ่านข้อมูลที่ประกาศผ่านงบการเงินของบริษัท ทั้งนี้งานศึกษาในอดีตหลายงานได้พูดถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินที่ส่งผลต่อมูลค่าหลักทรัพย์ เช่น อัตราส่วนเงินปันผลต่อมูลค่าหลักทรัพย์ [1-3]; อัตราส่วนราคาต่อกำไรต่อหุ้น price earning (P/E) ratio [4-5]; เงินปันผล [6-9] ซึ่งผลการศึกษามีทั้งความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ทิศทางตรงกันข้ามกัน และไม่พบความสัมพันธ์ ทั้งนี้งานศึกษาโดยมากแล้วจะอาศัยข้อมูลจากตลาดหลักทรัพย์ในสหรัฐอเมริกา ในขณะที่งานศึกษาในประเทศไทยที่ได้รับเผยแพร่ยังมีค่อนข้างจำกัด เช่น อัตราส่วนของหนี้สินต่อสินทรัพย์ [10-11] อัตราผลตอบแทนจากยอดขาย [12] อย่างไรก็ดี นอกจากงานศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนทางการเงินต่อมูลค่าหลักทรัพย์ที่มีจำกัดในประเทศไทยแล้ว งานศึกษาในอดีตในประเทศไทยนั้นจะใช้การทดสอบสมมติฐานจากวิธี Simple Regression หรือสมการถดถอยอย่างง่าย โดยแยกเป็นการวิเคราะห์แบบข้อมูลภาคตัดขวาง และข้อมูล

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมเวลา [13-14] ซึ่งวิธีดังกล่าวยังไม่มีการครอบคลุมถึงปัญหาที่เกิดจาก Omitted Variable Bias หรือ ความมีอคติจากข้อมูลเฉพาะรายบริษัทที่ไม่สามารถเก็บได้ และปัญหาที่เกิดจากข้อมูลอนุกรมเวลา หรือ Time Series Data อันเกิดจากข้อมูลรายปี รายไตรมาส หรือรายเดือน นอกจากนี้งานศึกษาในอดีตในเรื่องนี้ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์แบบพลวัตด้วยการทดสอบ Granger Causality หรือด้วยแบบจำลอง Vector Autoregressive ดังนั้นบทความนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะเพิ่มเติมส่วนที่หายไปในการศึกษาในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินและมูลค่าหลักทรัพย์ของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยมุ่งเน้นที่การใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลทั้งข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) และข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross Section Data) รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ทั้งนี้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินและมูลค่าหลักทรัพย์ในบทความนี้จะเน้นที่บริษัทประกอบการในธุรกิจภาคบริการที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศใน เนื่องจากในปัจจุบันภาคบริการของประเทศไทยมีบทบาทที่สำคัญต่อการค้าระหว่างประเทศ การพัฒนาเศรษฐกิจ และการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศให้เติบโตยิ่งขึ้น โดยในปี 2557 มีมูลค่ารวม 8,176,201 ล้านบาท หรือมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 59.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ ขณะที่มีสัดส่วนในการจ้างงานร้อยละ 47.6 ซึ่งมูลค่าภาคบริการที่สำคัญคือ การค้าส่งค้าปลีก และการขนส่ง และโทรคมนาคม รองลงไป ได้แก่ อสังหาริมทรัพย์ การเงิน โรงแรมและภัตตาคาร ตามลำดับ จากความสำคัญและการขยายตัวของภาคบริการในระบบเศรษฐกิจได้ส่งผลให้มีบริษัทประกอบการในธุรกิจภาคบริการในตลาดหลักทรัพย์มากขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้จะศึกษาบริษัทที่ประกอบการในธุรกิจภาคบริการที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ในสาขาดังต่อไปนี้ พาณิชย์ การแพทย์ สื่อและสิ่งพิมพ์ บริการเฉพาะกิจ การท่องเที่ยวและสันทนาการ การขนส่งและโลจิสติกส์ เพื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินที่เผยแพร่ในรายงานและมูลค่าหลักทรัพย์ซึ่งวัดจากมูลค่าหลักทรัพย์นั้นว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการคาดคะเนแนวโน้ม และทิศทางของมูลค่าหลักทรัพย์ในกลุ่มธุรกิจบริการและเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ นอกจากนี้ยังเป็นการทดสอบความสำคัญของข้อมูลพื้นฐานของบริษัทต่อมูลค่าหลักทรัพย์ของบริษัทนั้นเพื่อประกอบการวิเคราะห์หลักทรัพย์ของแต่ละบริษัทต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงิน กับมูลค่าหลักทรัพย์ของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยมุ่งเน้นที่การใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลทั้งข้อมูลอนุกรมเวลา และข้อมูลภาคตัดขวาง โดยการศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะทดสอบหาความสัมพันธ์ว่าอัตราส่วนทางการเงินเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าหลักทรัพย์หรือไม่ และมูลค่าหลักทรัพย์เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนทางการเงินหรือไม่

3. การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

โดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนทางการเงินนั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการทำกำไรของธุรกิจ ซึ่งวัดจากผลการดำเนินงานในช่วงที่ผ่านมาและการเปลี่ยนแปลงฐานะทางการเงินของบริษัทซึ่งสามารถแบ่งอัตราส่วนทางการเงินของเป็นประเภทได้ ดังนี้

3.1 อัตราส่วนทางการเงินที่แสดงความสามารถในการชำระหนี้ (Leverage Ratio)

อัตราส่วนทางการเงินที่แสดงความสามารถในการชำระหนี้โดยมากแล้วใช้แสดงความมั่นคงทางการเงินของบริษัท และลักษณะโครงสร้างทุนของบริษัทว่าประกอบด้วยสัดส่วนของหนี้สินต่อส่วนของเจ้าของเป็นเท่าใด หากอัตราหนี้สินสูงจะแสดงถึงความสามารถในการกู้ยืมต่ำและความเสี่ยงในการดำเนินธุรกิจที่สูง อัตราส่วนที่สำคัญคือ อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น (Debt to Equity Ratio: D/E)

3.2 อัตราส่วนทางการเงินที่แสดงความสามารถในการทำกำไร (Profitability Ratio)

อัตราส่วนทางการเงินที่แสดงความสามารถในการทำกำไรโดยมากแล้วใช้แสดงความสามารถในการทำกำไรของบริษัท เพื่อวัดความสามารถของบริษัทในการควบคุมต้นทุนและค่าใช้จ่ายเพื่อให้เกิดผลกำไรสุทธิที่สูงที่สุด อัตราส่วนที่สำคัญ ได้แก่ อัตราส่วนกำไรสุทธิ (Net Profit Margin) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ (Return on Assets: ROA) อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น (Return of Equity: ROE)

3.3 อัตราส่วนทางการเงินที่วัดมูลค่าตลาด (Market Value Ratio)

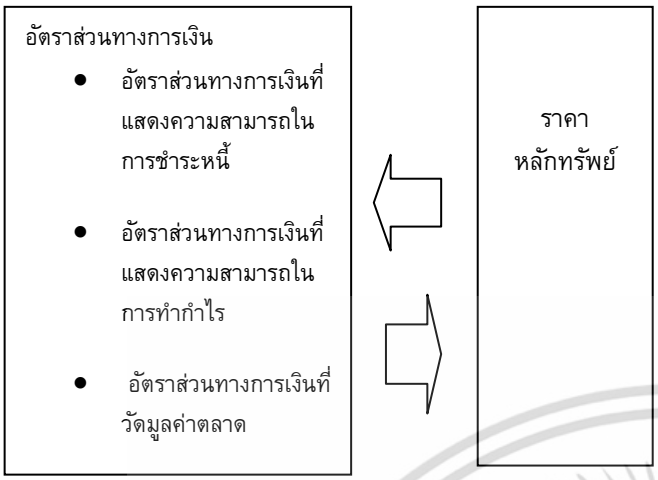
อัตราส่วนทางการเงินที่วัดมูลค่าตลาด แสดงถึงสัดส่วนของมูลค่าหลักทรัพย์และกำไรต่อมูลค่าทางบัญชี เพื่อศึกษาว่าหลักทรัพย์นั้นมีมูลค่าในตลาดที่เหมาะสมแก่การลงทุนหรือไม่ มีมูลค่าทางการตลาดที่แท้จริงเท่าใด อัตราส่วนที่สำคัญ ได้แก่ อัตราส่วนราคาตลาดต่อกำไร (Price Earning Ratio: P/E) อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อมูลค่าทางการบัญชีต่อหุ้น (Price to Book Ratio: P/BV) และอัตราส่วนการจ่ายเงินปันผล (Dividend Payout Ratio)

4. ขอบเขตของการศึกษา

บริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในกลุ่มบริการในรายไตรมาสระหว่างไตรมาสหนึ่งปี พ.ศ. 2551 – ไตรมาสสี่ปี พ.ศ.2556 จำนวน ทั้งสิ้น 87 บริษัท ซึ่งสามารถแบ่งตามสาขาออกเป็น พาณิชย์ การแพทย์ สื่อและสิ่งพิมพ์ บริการเฉพาะกิจ การท่องเที่ยวและสันทนาการ การขนส่งและโลจิสติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย



6. ระเบียบวิธีวิจัยและข้อมูล

6.1 แบบจำลองในการศึกษา

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินและมูลค่าหลักทรัพย์โดยมากใช้วิธี Ordinary Least Square หรือกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งวิธีดังกล่าวยังไม่ได้ครอบคลุมถึงเรื่องปัญหาจากข้อมูลประเภทอนุกรมเวลา การศึกษานี้จึงต้องการที่จะเลือกใช้แบบจำลองเศรษฐมิติที่เหมาะสมกับข้อมูลสถิติทั้งอัตราส่วนทางการเงิน และมูลค่าหลักทรัพย์ของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่ใช้ในการศึกษา

โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้คือ แบบจำลอง Error-Correction Model (ECM) และVAR (Vector Autoregressive) ซึ่งเป็นแบบจำลองเศรษฐมิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ไม่ทราบรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรมาก่อนล่วงหน้า แต่ใช้ข้อมูลในอดีตของตัวแปรดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ โดยตัวแปรภายใน (Endogeneous Variable) จะขึ้นอยู่กับข้อมูลในอดีตของตัวแปรภายในและข้อมูลปัจจุบันอื่นๆ ซึ่งแบบจำลอง ECM และVAR นี้เป็นที่นิยมในการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทอนุกรมเวลาหลายตัวแปร (Multivariate Time Series Data) โดยคำนึงถึง ตัวแปรภายในหลายตัวไป พร้อมกันในสมการเดียว โดยข้อดีของแบบจำลอง ECM และ VAR คือ สามารถแสดงความสัมพันธ์(Interrelation) ระหว่างตัวแปรภายในที่ให้ความสำคัญของแบบจำลองได้ ซึ่งส่งผลให้แบบจำลอง ECM และ VAR เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติประเภทอนุกรมเวลารายไตรมาสมากกว่าแบบจำลองสมการถดถอยที่งานศึกษาในอดีตใช้ นอกจากนี้แบบจำลอง ECM และ VAR ไม่ได้ยึดความสัมพันธ์ตามทฤษฎีโครงสร้าง จึงได้เปรียบในกรณีที่เราอาจจะไม่ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมดอย่างแท้จริง อีกทั้งยังสามารถจัดการกับปัญหา Simultaneity Bias ได้ [15]

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินและมูลค่าหลักทรัพย์ซึ่งใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายไตรมาสนั้นจำเป็นต้องนำเข้ามูลมาทดสอบลักษณะนิ่งของของข้อมูล หรือทดสอบ Unit Root และทำการปรับข้อมูลให้มีลักษณะนิ่ง (Stationary) หรือไม่มี Unit Roots เพื่อลดปัญหา Spurious Problem ได้ ดังนั้นขั้นตอนแรกในการทดสอบจะต้องศึกษาว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการศึกษานั้นมีผลของ Time Trend หรือไม่จึงต้องมีการทดสอบ Unit Roots ของข้อมูลโดยใช้วิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test หากผลการทดสอบ ADF Test แสดงว่าตัวแปรใดมี Unit Roots หรือไม่มีลักษณะนิ่ง ซึ่งเป็นผลจาก Time Trend แล้ว จะต้องมีการใช้ค่าของ Difference แทนตัวแปรดังกล่าว ซึ่งจะต้องทำการทดสอบต่อไปว่าตัวแปรนั้นมีความเป็น Stationary ที่ Order โดยใช้เกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwarz's Bayesian Information Criterion (BIC) เป็นเกณฑ์ในการเลือก Lag หรือความล่าช้าของตัวแปรที่เหมาะสม โดยเลือกแบบจำลอง Lag ที่มีค่า AIC หรือ BIC ที่น้อยที่สุด หลังจากได้ Lag ที่เหมาะสมแล้ว จะต้องมีการทดสอบหาความสัมพันธ์ในระยะยาว หรือ Cointegration สำหรับการทดสอบ Cointegration หรือการทดสอบความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างตัวแปรเพื่อเลือกแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณค่าในการศึกษานี้ได้ใช้การทดสอบ Johansen Trace [16] เพื่อหาจำนวนของความสัมพันธ์ Cointegration ด้วยการใช้การทดสอบ Likelihood Ratio Test Statistic ดังนี้

$$\lambda_{trace}(\mathrm{r}) = -\mathrm{T}\sum \ln(1-\lambda_{\mathrm{t}}) \qquad (1)$$

$$\lambda_{max}(\mathrm{r},\mathrm{r}+1) = -\mathrm{T}\sum \ln(1-\lambda_{\mathrm{t}}) \qquad (2)$$

โดย T คือจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และ λ_{t} คือค่า Eigenvalue ในขณะที่สมการ (1) λ_{trace} ใช้สำหรับการทดสอบสมมติฐานหลักว่าจำนวน Cointegrating Vector มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 หรือไม่ ซึ่งถ้าค่า r เท่ากับ 0 จะแสดงถึงการไม่มี Cointergrating Vector ดังนั้นหากผลการทดสอบนั้นปฏิเสธสมมติฐานหลัก จะทำการทดสอบ $\mathrm{r} \leq 1$, $\mathrm{r} \leq 2$,.... เป็นลำดับต่อไป สำหรับสมการ (2) λ_{max} นั้นใช้สำหรับทดสอบสมมติฐานหลัก r Cointegrating vector กับโดยที่ X และ Y คือค่า Natural Logarithm ของข้อมูลอนุกรมเวลา t ในขณะที่ β_1, β_2 คือค่าความเร็วในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว δ_j, π คือค่าความยืดหยุ่นระยะสั้น $e_{t-1}, u_{t-1}, \varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}$ คือ error term

สมมติฐานรอง r+1 โดย [16] และ [17] คำนวณค่าวิกฤตของค่า λ_{max} และค่า λ_{trace} จากการจำลอง Simulation ซึ่งหากข้อมูลอนุกรมเวลานั้นมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Cointegration) การศึกษานี้จะทำการทดสอบความสัมพันธ์ระยะสั้นระหว่างตัวแปรโดยแบบจำลอง Error-Correction Model (ECM) ทั้งนี้แบบจำลอง Error-Correction Model (ECM) เป็นวิธีการทดสอบข้อมูลที่มีความไม่นิ่ง แต่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว โดยกำหนดให้ค่า error term ให้เป็น equilibrium error และนำ equilibrium error มากำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในระยะสั้นและระยะยาวเข้าด้วยกัน ดังสมการที่ (3) และ (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta X_t = \beta_1 e_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \theta \Delta X_{t-1} + \sum_{j=0}^{p} \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \beta_2 u_{t-1} + \sum_{m=1}^{r} \pi \Delta X_{t-m} + \sum_{n=1}^{k} \tau_n \Delta Y_{t-n} + \varepsilon_{2t} \quad (4)$$

สำหรับจำลอง Vector Autoregression Model (VAR) ที่ใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดในการศึกษานี้นั้นสามารถใช้การทดสอบ Granger Causality Test ซึ่งสามารถแสดงตามสมการที่ (5)

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \beta \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{n} \delta \Delta X_{t-j} + \sum_{k=1}^{p} \chi \, \Delta Z_{t-k+} \upsilon_t \quad (5)$$

โดย ΔY_t คือการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามซึ่งหมายถึงมูลค่าหลักทรัพย์ ในขณะที่ตัวแปร ΔX และ ΔZ คือการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนทางการเงินที่ศึกษา ทั้งนี้การทดสอบ Granger จะทดสอบสมมติฐานหลักที่ว่าตัวแปร Lagged ของ X และ Z ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง Y ดังนั้นหากค่าสัมประสิทธิ์ δ และ χ มีนัยสำคัญทางสถิติ หรือการทดสอบ F test มีนัยสำคัญแสดงว่าอัตราส่วนทางการเงินมีส่วนในการกำหนดมูลค่าหลักทรัพย์

6.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในกลุ่มบริการในรายไตรมาสระหว่างไตรมาสหนึ่งปี พ.ศ. 2551 – ไตรมาสสี่ปี พ.ศ.2556 จำนวน ทั้งสิ้น 87 บริษัท ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากฐานข้อมูลตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ทั้งนี้การศึกษานี้เลือกใช้ราคาปิดเฉลี่ยของหลักทรัพย์ในการแสดงถึงมูลค่าหลักทรัพย์ ในขณะที่ตัวแปรอัตราส่วนทางการเงินใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยอัตราส่วนทางการเงินใน 3 ด้านหลัก คือ ตัวแปรทางด้านอัตราส่วนทางการเงินที่แสดงความสามารถในการชำระหนี้ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น ตัวแปรด้านอัตราส่วนทางการเงินที่แสดงความสามารถในการทำกำไรซึ่งในการศึกษานี้ใช้อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น ตัวแปรด้านอัตราส่วนทางการเงินด้านสุดท้ายคือด้านการวัดมูลค่าตลาดซึ่งในการศึกษานี้ใช้อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร ทั้งนี้หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกอัตราส่วนทางการเงินเพื่อสะท้อนถึงความสามารถในการชำระหนี้ ความสามารถในการทำกำไร และการวัดมูลค่าตลาดนั้นมาจากความสมบูรณ์ของข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างในช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

7.ผลการศึกษาและอภิปรายผล

7.1 ผลสถิติเชิงพรรณนา

ตารางที่ 1 แสดงสรุปผลสถิติเชิงพรรณนาซึ่งรวมถึงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของมูลค่าหลักทรัพย์ คือ 249.89 บาท โดยมีอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้นเท่ากับ 144.75 ในขณะที่อัตราส่วนผลตอบแทนต่อผู้ถือหุ้นนั้น เท่ากับ 6.68 และ 425.85 ตามลำดับ สำหรับอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไรนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.34

ตารางที่ 1 สถิติเชิงพรรณนา

ตัวแปร	MEAN	SD	MIN	MAX
ราคาปิด	249.89	161.16	1	547
อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	144.75	101.02	1	359
อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	425.85	241.10	1	825
อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร	27.34	32.09	11.5	292.06

7.2 ผลการทดสอบลักษณะการนิ่งของข้อมูล

ก่อนที่จะเริ่มแบบจำลอง ECM และVAR การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบลักษณะการนิ่งของข้อมูล (Stationary Test) ที่ใช้ในแบบจำลองทั้งหมดซึ่งรวมถึงมูลค่าหลักทรัพย์ และอัตราส่วนทางการเงินทั้งสามด้านรวม 4 ดัชนีจาก 87 บริษัทในกลุ่มธุรกิจภาคบริการที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยโดยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบลักษณะการนิ่งของข้อมูลโดย ADF

ตัวแปรที่ทดสอบ Unit Root	ADF	
	No trend	Trend
ราคาปิด	0.054	0.871*
อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	1.254	2.725
อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	0.317	-1.275*
อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร	0.575	0.678
Δราคาปิด	6.321*	6.466*
Δอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	8.210*	8.1940*
Δอัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	7.239*	7.134*
Δอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร	8.412*	8.981*

*มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 5%

จากตารางที่ 2 แสดงถึงการทดสอบ Unit Root ของข้อมูลอนุกรมเวลาพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในแบบจำลองมีลักษณะไม่นิ่ง ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 5% จึงได้ใช้ First Difference ของข้อมูลทั้งหมดในการทดสอบ Unit Root ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลทั้งหมดมีลักษณะนิ่ง (Stationary) ที่ระดับ I (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 ผลการทดสอบ Johansen Cointegration Test

ตารางที่ 3 ผลการทดสอง Johansen Cointegration Test

H_0	λ_{trace}	ค่าวิกฤติ 95%	λ_{max}	ค่าวิกฤติ 95%
ตัวแปร: ราคาปิด และอัตราส่วนทางการเงิน				
r = 0	220.12*	35.21	107.12*	21.01
$r \leq 1$	131.44*	21.31	78.21*	15.12
$r \leq 2$	49.20*	9.44	40.11*	9.121

ตารางที่ 3 แสดงถึงผลการทดสอบความสัมพันธ์ในระยะยาวโดย Johansen Cointegration Test โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวระหว่างตัวแปรในแบบจำลองโดยมีค่า cointegrating vector หรือ r=3

7.4 ผลการทดสอบแบบจำลอง Error Correction Model

ตารางที่ 4 แสดงถึงผลจากการทดสอบความสัมพันธ์ดุลยภาพในระยะสั้นของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในระยะสั้นระหว่างมูลค่าหลักทรัพย์และอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือ หุ้น ระหว่างมูลค่าหลักทรัพย์และอัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น ระหว่างมูลค่าหลักทรัพย์และอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร แต่อย่างไรก็ดีผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนทางการเงินทั้ง 3 ดัชนีไม่มีความสัมพันธ์กันในระยะสั้น

7.5 ผลการศึกษาจากแบบจำลอง Granger Causality Test

ตารางที่ 5 แสดงผลการศึกษาจากแบบจำลอง Granger Causality Test ที่แสดงว่าอัตราส่วนทางการเงินทั้ง 3 ดัชนี ส่งผลต่อมูลค่าหลักทรัพย์ ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 1% โดยผลการศึกษาแสดงถึงนัยสำคัญสถิติที่จะปฏิเสธสมมติหลักที่ว่าอัตราส่วนทางการเงิน ทั้งอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น และอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไรไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าหลักทรัพย์ในตลาด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 1% หรือสามารถกล่าวว่าอัตราส่วนทางการเงินนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าหลักทรัพย์ในตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากงานวิจัยในอดีตที่ใช้การวิเคราะห์แบบสมการถดถอยอย่างง่าย Simple Regression นอกจากนี้ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์กันเองแบบ Granger Causality ระหว่างตัวแปรซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนทางการเงินทั้ง 3 ดัชนีนั้นส่งผลต่อมูลค่าหลักทรัพย์ และในขณะเดียวกันไม่พบว่ามูลค่าหลักทรัพย์นั้นมีผลต่ออัตราส่วนทางการเงินเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบแบบจำลอง Error Correction Model

ตัวแปรตาม ΔY_t	ตัวแปรอิสระ ΔY_{t-n}	ตัวแปรอิสระ ΔX_{t-m}	ตัวแปรอิสระ ΔZ_{t-j}	ตัวแปรอิสระ ΔW_{t-j}	ΔY_{t-n}	ΔX_{t-m}	ΔZ_{t-j}	ΔW_{t-j}
มูลค่าหุ้น	มูลค่าหุ้น	อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร	1.391**	5.131*	1.652	2.194
อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	มูลค่าหุ้น	อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร	2.141*	1.912*	0.341	1.311
อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	มูลค่าหุ้น	อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนราคาตลาดต่อกำไร	5.623*	2.134*	0.883	0.138
อัตราส่วนราคาตลาดต่อกำไร	อัตราส่วนราคาตลาดต่อกำไร	มูลค่าหุ้น	อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	5.551*	2.441*	1.314	2.316

Note: * แสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 5% และ ** แสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาจากแบบจำลอง Granger Causality Test

สมมติฐานหลัก	ค่าสถิติ F	ค่า P-Value
Δมูลค่าหลักทรัพย์ไม่ได้ถูกกำหนดโดยΔอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น	11.71*	0.00
Δมูลค่าหลักทรัพย์ไม่ได้ถูกกำหนดโดยΔอัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น	19.13*	0.00
Δมูลค่าหลักทรัพย์ไม่ได้ถูกกำหนดโดยΔอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไร	7.13*	0.00
Δอัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้นไม่ได้ถูกกำหนดโดยΔมูลค่าหลักทรัพย์	0.12	0.18
Δอัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น ไม่ได้ถูกกำหนดโดยΔมูลค่าหลักทรัพย์	0.27	0.21
Δอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไรไม่ได้ถูกกำหนดโดยΔมูลค่าหลักทรัพย์	0.01	0.67

Note: * แสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 1%

8. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินและมูลค่าหลักทรัพย์ซึ่งวัดจากมูลค่าหลักทรัพย์ในตลาดโดยมีการเก็บข้อมูลจากธุรกิจภาคบริการจำนวน 87 บริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยตั้งแต่ไตรมาสหนึ่งปี พ.ศ. 2551 – ไตรมาสสี่ปี พ.ศ.2556 ทั้งนี้งานศึกษาในอดีตที่ผ่านมาโดยมากแล้วใช้วิธีการศึกษาจากแบบจำลองสมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวมีข้อจำกัดในกรณีที่ข้อมูลเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา อีกทั้งยังมีปัญหาเศรษฐมิติจาก Time Trend ที่ยังไม่ได้ทำการแก้ไข ดังนั้นแบบจำลอง Simple Regression ที่ใช้ในอดีตอาจจะเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้งานศึกษาในอดีตยังไม่มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์แบบ Granger Causality หรือความสัมพันธ์ที่ไขว้กันระหว่างตัวแปรตามและอิสระ ดังนั้นงานศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่พัฒนาการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินและมูลค่าหลักทรัพย์โดยใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลา โดยมีการทดสอบ Unit Root Test เพื่อดูความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบแนวโน้มของเวลา Time Trend การใช้แบบจำลอง Error Correction Model (ECM) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ในระยะสั้น การทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวโดยแบบจำลอง Johansen Cointegration และการทดสอบความสัมพันธ์ไขว้กัน (Granger Causality Test)โดยใช้แบบจำลอง Vector Autoregressive Model ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงิน และมูลค่าหลักทรัพย์ทั้งในระยะสั้นและในระยะยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถเป็นแนวทางในการลงทุนสำหรับนักลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ โดยผลการศึกษาสามารถสรุปว่าหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่นักลงทุนควรศึกษาก่อนการลงทุนคือ อัตราส่วนทางการเงินของบริษัท เพราะปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อมูลค่าหลักทรัพย์ในระยะสั้น และระยะยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผลการทดสอบความสัมพันธ์ไว้กันโดยใช้ Granger Causality Test นั้นพบว่าอัตราส่วนทางเงินทั้ง อัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้น อัตราส่วนผลตอบแทนจากผู้ถือหุ้น และอัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อกำไรต่อมูลค่าหลักทรัพย์มีส่วนในการกำหนดมูลค่าหลักทรัพย์ อย่างไรก็ดีไม่พบว่ามูลค่าหลักทรัพย์มีผลในกำหนดอัตราส่วนทั้งการเงินทั้งสามดัชนี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผลการดำเนินงานของภาคธุรกิจ หรือเศรษฐกิจในประเทศนั้นส่งผลต่อตลาดหลักทรัพย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสามารถกล่าวได้ว่ามาตรการ นโยบายหรือสถานการณ์ทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อการดำเนินงานของภาคธุรกิจไทยจะผลกระทบต่อตลาดหลักทรัพย์หรือตลาดทุนของประเทศไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยภาครัฐเองควรมีมาตรการหรือนโยบายทางเศรษฐกิจที่รัดกุมและเตรียมพร้อมที่จะรองรับการผันผวนหรือวิกฤติทางเศรษฐกิจเพราะหากเกิดวิกฤตทางเศรษฐกิจต่อภาคธุรกิจจะส่งผลกระทบต่อตลาดทุน และขยายลุกลามเป็นเศรษฐกิจถดถอยตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] Campbell JY, Shiller RJ. Valuation Ratio and the Long-Run Stock Market Outlook, *Journal of Portfolio Management.* 1998; 24(2): 11-25.

[2] Lo AW, MacKinlay C. The Size and Power of the Variance Ratio Tests in Finite Samples: A Monte Carlo Investigation. *Journal of Econometrics.* 1988; 40: 203-238.

[3] Poterba J.,Summer L. Mean Reversion in Stock Prices: Evidence and Implications. *Journal of Financial Economics.* 1988; 22: 27-59.

[4] Basu S.The Information Content of Price-Earnings Ratios. *Financial Management.* 1975; 4(2): 53–64.

[5] Lamont O. Earnings and Expected Returns. *Journal of Finance.* 1998; 53: 1563-1587.

[6] Fama EF, French K.R. Dividend Yields and Expected Stock Returns. *Journal of Financial Economics.*1988; 22: 3-25.

[7] Goetzmann W, Jorion P. Testing the Predictive Power of Dividend Yields. *The Journal of Finance*. 1993; 48(2): 663-679.

[8] Hodrick RJ. Dividend Yields and Expected Stock Returns: Alternative Procedures for Inference and Measurement. *The Review of Financial Studies.* 1992; 5(3): 357-386.

[9] Kothari SP, Shanken, J. Stock Return Variation and Expected Dividends, A Time-Series and Cross-Sectional Analysis. *Journal of Financial Economics*. 1992; 11: 117-210.

[10] Lerdcheeva S. Debt/Equity Ratio, Agency Cost and Expected Common Stock Returns: Empirical Evidence in Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis of Master of Science Program in Finance, Thammasat University. 2003.

[11] Watanajiraj C. Higher-order Systematic Co-moments in Asset Pricing: Evidence from Thailand after the 1997 Economic Crisis. Thesis of Master of Science Program in Finance, Thammasat University. 2006.

[12] ศจี ศรีสัตตบุตร. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนทางการเงินกับผลตอบแทนของหุ้นของ บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตบัญชี(การบัญชี) คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

[13] หลานสวย ทรัพย์โสภา. Value-at-risk และผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในการวิเคราะห์ภาคตัดขวาง : กรณีศึกษาในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตบัญชี(การบริหารการเงิน) คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2554.

[14] วริษฐา ชลานนท์นิวัฒน์.ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของมูลค่าตามบัญชีและอัตราผลตอบแทนของหุ้นสามัญในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตบัญชี(การบริหารการเงิน) คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2555.

[15] Gujarati DN. Basic Econometrics. New York: McGraw Hill Book Co; 2003.

[16] Johansen S, Juselius, K. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration– with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 1990; 52 (2): 169–210.

[17] Osterwald-Lenum M. A Note with Quantiles of the Asymptotic Distribution of the Maximum Likelihood Cointegration Rank Test Statistics. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 1992; 54: 461–471.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษามาตรฐานโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อสร้างเป็นต้นแบบในเขตสวนหลวง

A Study of Recyclable Waste Sorting Standard Drawing Plant for Demonstrating in Saunlaung District

ภาสกร พันธุ์โอภาส[1] และ เสรีย์ ตู้ประกาย[2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เลขที่ 2086 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

[1] paskorn@tni.ac.th
[2] seree.t@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลจัดการขยะรีไซเคิลของสถานศึกษาในเขตสวนหลวง เพื่อออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลทำให้มีการจัดเก็บขยะรีไซเคิลที่มีความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม ข้อพิจารณาในการออกแบบครั้งนี้ ประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างของอาคาร ลักษณะที่ตั้ง งบประมาณการก่อสร้าง ระบบความปลอดภัย กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ข้อกำหนดของการจัดเก็บ ปริมาณการจัดเก็บขยะรีไซเคิลแต่ละประเภทโดยการศึกษาเก็บข้อมูลปริมาณขยะรีไซเคิลที่มีการจัดเก็บไว้ในสถานศึกษา ในการออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลในครั้งนี้ได้แบ่งการเก็บขยะรีไซเคิล พลาสติก กระดาษ แก้วและโลหะ จากการศึกษาพบว่า ขยะประเภทพลาสติก มีจำนวนมากที่สุดโดยเฉลี่ยจากทุกสถานศึกษา 30 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นปริมาตร เท่ากับ 0.75 ลูกบาศก์เมตร/วัน จึงทำการออกแบบให้โรงคัดแยกมีช่องเก็บขยะรีไซเคิล มีขนาดเท่ากับ 1.2×3×2 เมตร ทำให้สามารถจัดเก็บขยะได้ปริมาตรเท่ากับ 7.2 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถเก็บขยะรีไซเคิลได้ถึง 6 - 7 วัน แล้วทำการสอบถามไปยังสถานศึกษาเกี่ยวกับแบบของโรงคัดแยกขยะพบว่า โรงเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วย กับแบบในการสร้างโรงคัดแยกขยะและเห็นสมควรให้มีพื้นที่ในการสร้างโรงคัดแยกขยะ 50×50 ตารางเมตร ซึ่งโรงคัดแยกขยะที่ได้ออกแบบให้ใช้พื้นที่เพียง 18 ตารางเมตร ซึ่งจะทำให้แบบโรงคัดแยกขยะมีความเป็นไปได้สูงที่สถานศึกษาจะนำไปใช้ก่อสร้างแล้วทำการสร้างโรงคัดแยกขยะต้นแบบและศูนย์การเรียนรู้ในเขตสวนหลวงเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับขยะและการคัดแยกขยะให้กับสถานศึกษา และผู้สนใจในอนาคต

คำสำคัญ: ขยะรีไซเคิล, โรงคัดแยกขยะ

Abstract

In this research study waste managements and recycling in educational institutions in Saunlaung District in order to collect data that can be further employed for designing waste recycling plants with safety to human beings and environments. Considerations for the designing process involve the design of the plant structure, area, budget, safety factors, laws related to the possible amount of waste collection, and the amount of each waste type. This research focuses solely in data collection of the quantity of recyclable wastes in educational institutions. Recyclable wastes in this research can be classified into four types, i.e. plastic, paper, glass, and metal wastes. Based on the real data, it was found that the plastic waste is the most disposed waste type with an average from all institutions of 30 kilogram per day or, in other words, a volume of 0.75 square meters per day. Consequently, the size for recyclable waste sorting plant should be designed at 1.2×3×2 meters so that the volume of wastes can be collected at 7.2 cubic meters. Such a size can store the recycling wastes for 6-7 days. Based on the questionnaires collected from all educational institutions, it was found that most schools agreed with the proposed size, and also approve the area for agreed the recyclable waste sorting plant in approved area of 50×50 square meters. The actual designed plant utilizes only 18 square meters with low budget. The proposed recyclable waste sorting plant offers a very high possibility that educational institutions will apply to as a demonstration of a waste sorting plant in Saunlaung District in order to give knowledge in waste managements and recycling for those who are interested in such an area in the future.

Keywords: recycle waste, waste recycling plants

1. บทนำ

ปัจจุบันในพื้นที่สถานศึกษาต่างๆ มีความสนใจในการคัดแยกขยะเพิ่มมากขึ้น ปริมาณขยะมูลฝอยก็เพิ่มขึ้น การจัดเก็บหรือการจัดการขยะมูลฝอยไม่สามารถรับมือกับจำนวนขยะมูลฝอยที่ตกค้าง ทำให้ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสภาพภูมิทัศน์ การจัดการขยะจึงเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องการ แก้ไขและสร้างจิตสำนึกในการคัดแยกขยะรีไซเคิลให้กับนักเรียน นักศึกษาซึ่งเป็นเยาวชนของชาติให้มีความรักในสิ่งแวดล้อมและสถานศึกษามีการคัดแยกขยะรีไซเคิลอย่างปลอดภัย

จากปัญหาของขยะมูลฝอยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในชุมชนโดยตรง ทำให้ทุกภาคส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวข้องมีความตระหนักในการบริหารจัดการขยะ โดยอาศัยความร่วมมือของหน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่นในการจัดการขยะ และการปลูกฝังจิตสำนึกการมีส่วนร่วมแก่ชุมชน โดยการเปิดโอกาสให้สถานศึกษา เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดการขยะ เพื่อให้นักเรียน นักศึกษาเกิดการเรียนรู้และเกิดจิตสำนึกที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทิ้งขยะมูลฝอยและเข้าใจวิธีการจัดเก็บขยะรีไซเคิล รวมถึงสถานศึกษา สามารถนำแบบโรงคัดแยกไป ก่อสร้างโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลในสถานศึกษาได้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมและมีปลอดภัยในการจัดเก็บขยะรีไซเคิล

2. วิธีการศึกษาวิจัย

การสร้างโรงเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิล เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศูนย์การเรียนรู้ขยะชุมชนในเขตสวนหลวง โดยการศึกษาขยะที่เกิดขึ้นในสถานศึกษาในเขตสวนหลวง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 แห่ง เพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการออกแบบสร้างโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลอาคารเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิล และจัดทำแบบสอบถามถึงความต้องการ ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลอาคารเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิลในสถานศึกษา ในเขตสวนหลวง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 โรงเรียน

2.2 ศึกษาข้อมูลอาคารมาตรฐาน ความปลอดภัยของอาคารเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิล เพื่อออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมความปลอดภัยและปฏิบัติตามกฎหมายอย่างเคร่งครัด.

2.3 ศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้อง กับอาคารเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิลที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

3.ผลการศึกษา

3.1 องค์ประกอบของการออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล

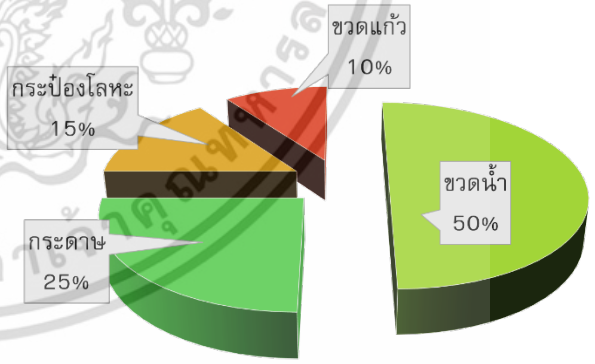
การศึกษาข้อมูลขยะรีไซเคิล ในสถานศึกษาเขตสวนหลวง จังหวัดกรุงเทพมหานครจำนวน 8 แห่ง ในการศึกษาถึงการเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิลพบว่า ประเภทของขยะรีไซเคิลที่พบ แบ่งเป็น 4 ประเภทคือ ขวดพลาสติก แก้ว กระดาษ และกระป๋องโลหะ ขยะรีไซเคิลในสถานศึกษา ที่พบมากที่สุดคือขวดน้ำพลาสติก มีปริมาณ 50 เปอร์เซ็น ประเภทกระดาษมีปริมาณ 20 เปอร์เซ็น ประเภทโลหะ 15เปอร์เซ็น และขวดแก้ว10 เปอร์เซ็น จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในสถานศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นขยะรีไซเคิลที่อยู่ในสถาศึกษา ดังรูปที่ 1

3.2 การออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล

จากการศึกษาสภาพทั่วไปเกี่ยวกับการคัดแยกขยะรีไซเคิล ปริมาณขยะ และการบริหารจัดการขยะในสถานศึกษา จึงทำการออกแบบโรงคัดแยก ให้ตอบสนองกับสภาพทั่วไปของสถานศึกษาส่วนใหญ่ โดยคำนึงถึง ชนิดและปริมาณขยะรีไซเคิล ดังรูปที่ 2 งบประมาณ พื้นในการก่อสร้าง และมาตรฐานความปลอดภัย ความมั่นคง แข็งแรง จึงได้มีการออกแบบขนาดของโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล มีขนาด 3×4.8×2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 4 และ 5 และช่องใส่ขยะรีไซเคิลมีขนาดเท่ากับ 1.8×3 เมตรได้แบ่งออกเป็น 4 ช่องเก็บได้แก่ขวดน้ำพลาสติก กระดาษ ขวดแก้ว ขยะโลหะ กระป๋อง ประเภทของขยะรีไซเคิล มีผลต่อการออกแบบของโครงสร้าง งานโครงสร้างให้เป็นไปตามข้อกำหนดขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มาตรฐานของกรมโยธาธิการ และผังเมือง หรือมาตรฐานอื่นที่ยอมรับได้ทำให้โครงสร้างไม่ต้องรับแรงมาก เนื่องจากขยะมีน้ำหนักเบา แต่ต้องมีความสูง เนื่องจากให้มีการระบายอากาศที่ดี มีกำแพงป้องกันน้ำสูงขึ้นมา 50 ซ.ม. ระบบระบายน้ำฝนต้องมีการป้องกันไม่ให้ขยะโดนน้ำฝน ทำให้เกิดความเสียหายต่อราคาของขยะรีไซเคิล ที่จะนำไปจำหน่าย ระบบแสงสว่างติดตั้งหลอดไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 35W จำนวน 1 จุด เพื่อให้มีแสงสว่างในตอนกลางคืน ระบบความปลอดภัยในการเกิดเพลิงไหม้ติดตั้งถังดับเพลิง ขนาด 10 lbs จำนวน 1 จุด

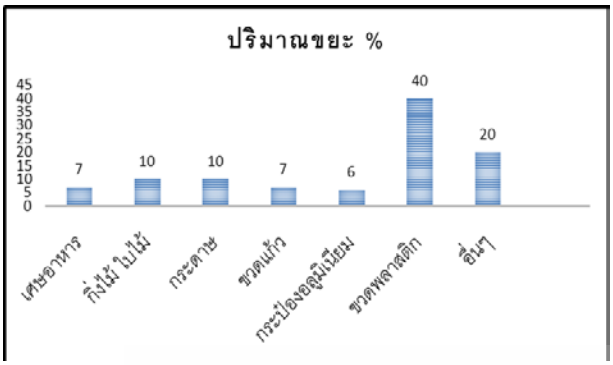
3.3 ผลการศึกษาปัจจัยเกี่ยวข้องกับ การก่อสร้างโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล

จากการสอบถามสถานศึกษา เกี่ยวกับแบบของโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล พบว่าส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการสร้างโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล ที่มีขนาดไม่เกิน 15 ตารางเมตร โดยปัจจุบันทางสถานศึกษามีการเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิล โดยเบื้องต้นก่อนที่จะนำไปรวบรวม ดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อรอการจำหน่าย เป็นรายได้ของสถานศึกษา ขาดแต่เพียงโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล เพื่อเก็บและคัดแยกขยะรีไซเคิล ไว้ให้ดูเป็นระเบียบเรียบร้อย และปลอดภัย

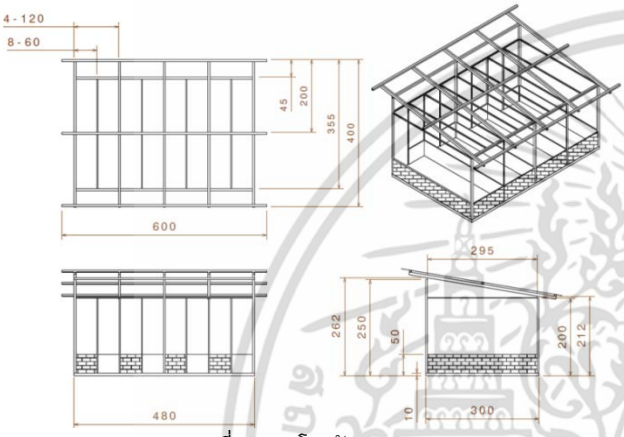


รูปที่ 1 ขยะรีไซเคิลที่พบในสถานศึกษา

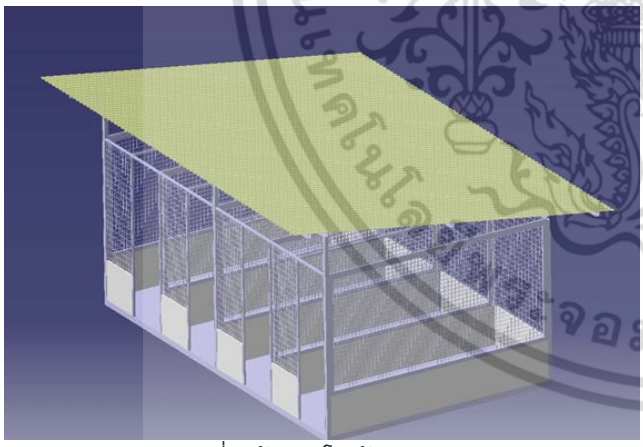
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงปริมาณขยะที่พบในสถานศึกษาโดยเฉลี่ย



รูปที่ 3 แบบโรงคัดแยกขยะ

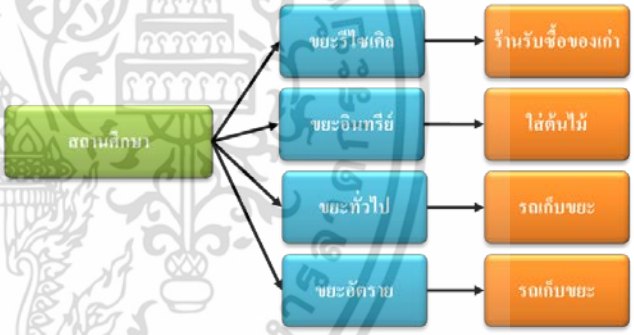


รูปที่ 4 ตัวอย่างโรงคัดแยกขยะ

รูปที่ 5 โรงคัดแยกขยะที่ทำการก่อสร้าง

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเก็บข้อมูล สภาพทั่วไปเกี่ยวกับการคัดแยกขยะรีไซเคิล ปริมาณขยะมูลฝอยและการบริหารจัดการขยะมูลฝอยในสถานศึกษา จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการ วิเคราะห์ ออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล ให้ตอบสนองกับสภาพทั่วไป ของสถานศึกษาส่วนใหญ่ โดยคำนึงถึง



รูปที่ 6 การจัดบริหารจัดการขยะมูลฝอยในสถานศึกษา

รูปที่ 7 การทิ้งขยะในสถานศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ชนิดและปริมาณขยะรีไซเคิล

ในการออกแบบโรงเก็บขยะรีไซเคิล มีการแยกขยะรีไซเคิลออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ขวดพลาสติก ขวดแก้ว กระดาษ และ กระป๋องอลูมิเนียม โดยคิดจากประเภทของขยะรีไซเคิล ที่พบในสถานศึกษาส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องทำช่องเก็บขยะรีไซเคิลเป็น 4 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 3 ตามประเภทของขยะรีไซเคิล และขนาดของช่องเก็บขยะให้ได้เพียงพอสำหรับปริมาณขยะรีไซเคิลที่เกิดขึ้นในสถานศึกษา นั้น เพียงพอต่อการเก็บขยะรีไซเคิล ก่อนที่จะนำไปจำหน่าย

4.2 งบประมาณ

การออกแบบสร้างโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล ต้องคำนวณราคาวัสดุแล้วปรับแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลเพื่อให้มีราคาที่เหมาะสม ไม่สูงจนเกินไป

4.3 พื้นในการก่อสร้าง

การออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล ต้องศึกษาพื้นที่ในสถานศึกษาเพื่อกำหนดขนาดของอาคารคัดแยกขยะให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ในสถานศึกษา โดยมีการคำนวณปริมาณขยะรีไซเคิล ที่เกิดขึ้นในสถานศึกษา ปริมาณนักเรียน นักศึกษามีผลต่อการเกิดของขยะรีไซเคิล

4.4 มาตรฐานความปลอดภัย ในการออกแบบ ให้ถูกต้องตามสุขลักษณะอนามัยนั้น ได้มีการออกแบบโดยศึกษาตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535
2) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

การออกแบบโรงคัดแยกขยะรีไซเคิลจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของการเกิดอัคคีภัยด้วย โดยอออกแบบให้มีอากาศถ่ายเท ได้ดี มีระบบป้องกันไม่ให้ขยะรีไซเคิล เกิดความเสียหายจากน้ำ โดยไม่ให้ฝนสาด และเกิดน้ำขังจะทำให้ขยะรีไซเคิล เกิดความเสียหาย มีการถ่ายเทของอากาศได้ดี และระบบป้องกันอัคคีภัย มีระบบระบายน้ำฝน กลิ่น แมลง พาหะนำโรคและเหตุรำคาญอื่นๆ และเพื่อไม่ส่งผลกระทบต่อบริเวณ รอบๆ สถานศึกษา ตามข้อกำหนดของกฎหมาย ที่เกี่ยวข้องต้องตระหนักถึงความแข็งแรงของโรงคัดแยกขยะรีไซเคิล ให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมรวมถึงความปลอดภัย

5. กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากคณาจารย์ คือ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วรานนท์ คงสง รองศาสตรจารย์ สุทธินี รัตนวราห และอาจารย์ประจำหลักสูตรทุกท่าน ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงแด่ผู้ทรงคุณวุฒิ นายยรรยง อำพันขาว และผู้บริหารโรงเรียนในเขตสวนหลวง นอกจากนี้ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อนๆ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต รุ่น 5 สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรมที่ให้กำลังใจและแนะนำช่วยเหลือแก่ผู้ศึกษาค้นคว้าด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ.พ.ศ. 2546.คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้นการลดและการใช้ประโยชน์ขยะ.
[2] กรมควบคุมมลพิษ.พิมพ์ครั้งที่6 พ.ศ.2547เกณฑ์มาตรฐานและแนวทางการจัดการมูลฝอยชุมชน.
[3] กรมควบคุมมลพิษ.พิมพ์ครั้งที่2 พ.ศ. 2545.คู่มือหน่วยงานท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชนต่อการจัดการ ขยะมูลฝอย.
[4] กรมควบคุมมลพิษ. พ.ศ.2546.คู่มือการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอย.
[5] กรมควบคุมมลพิษ. 2543. การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร. กรุงเทพฯ: เรโปรเฮาส์.
[6] กรมการปกครอง. 2539. คู่มือการจัดการคัดแยกขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์.กรุงเทพฯ :
[7] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2543. เอกสารประกอบการฝึกอบรมและการรณรงค์การจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่โครงการหลวง. (อัดสำเนา)
[8] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2541. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมหล่อโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก.กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ Material & Waste Flow Analysis ร่วมกับ AHP ในการคัดเลือกศักยภาพของเสียอุตสาหกรรมที่เหมาะสมในการบริหารจัดการ: กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

An Application of Material & Waste Flow Analysis and AHP in Selecting Industrial Waste Having Potential for Proper Management: A Case Study of the Northern Industrial District Region Industrial Estate

อนุษรา คำสาร[1], ปริญญ์ บุญกนิษฐ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] arisara-lfb@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันกากของเสียอุตสาหกรรม เป็นปัญหาสำคัญที่รัฐบาลและทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและสุขภาพของประชาชน ทำให้ประเทศต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดและบำบัดกากของเสียอุตสาหกรรมในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า กากของเสียอุตสาหกรรมหลายชนิดมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ จากความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีทำให้สามารถนำของเสียอุตสาหกรรมหลายชนิดมารีไซเคิลใหม่ได้ แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม และกฎหมายเพิ่มเติม เพื่อให้มั่นใจได้ว่า การบริหารจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกศักยภาพของเสียอุตสาหกรรมที่เหมาะสมในการบริหารจัดการ กระบวนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณของเสียอุตสาหกรรม แล้วประมวลผลข้อมูลออกมาในรูปผังการไหลของวัสดุและของเสียอุตสาหกรรม (Material & Waste Flow Analysis) ร่วมกับการใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process; AHP) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ผลที่ได้รับจากการนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ พบว่า สามารถประยุกต์ใช้ Material & Waste Flow Analysis ร่วมกับ AHP ในการคัดเลือกศักยภาพของเสียอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพเหมาะสมในการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อพัฒนากากของเสียอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: Material & Waste Flow Analysis, กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น, กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจ, กากของเสียอุตสาหกรรม

Abstract

Currently, problems from industrial waste due to its negative impacts on the environment, health and quality of life have been generating interest from the government and the world as a large amount of money has been spent on alleviating them each year. However, previous studies found that several types of industrial waste have the potential to be recycled, and due to advancements in technology, the recycling of industrial waste has become possible. However, further studies in economics, environmental technology and law are needed. To make sure that industrial waste management can be done effectively, this study therefore aims to select industrial waste that has the potential to be properly managed. In this study, the information on industrial factories and the amount of industrial wastes were collected, analyzed and presented in the form of Material & Waste Flow Analysis. An Analytic Hierarchy Process or AHP was also used to support the decision making. The management for the selected waste was trialed at the Northern Industrial District. The results revealed that Material & Waste Flow Analysis together with AHP can be efficiently used to select potential industrial waste for proper management. In addition, they can be used as management guidelines for the sustainable development of industrial waste.

Keywords: material & waste flow analysis, analytic hierarchy process, decision support process, industrial solid waste

1. บทนำ

กากของเสียอุตสาหกรรม คือ สิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน รวมถึงของเสียจากวัตถุดิบ ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ของเสียที่เป็นผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพ และน้ำทิ้งที่มีองค์ประกอบหรือมีคุณลักษณะที่เป็นอันตราย [1] ปัจจุบันกากของเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ก่อให้เกิดมลพิษและการปนเปื้อนจากกากอุตสาหกรรมที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน ปัญหาภาวะโลกร้อน รวมทั้งต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดและบำบัดกากของเสียอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก แต่จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาพบว่า กากของเสียอุตสาหกรรมหลายชนิดมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ [2] แต่จำเป็นต้องศึกษาถึงความเหมาะสมในการบริหารจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากมีความแตกต่างด้านประเภทอุตสาหกรรม ชนิด ปริมาณ วิธีการจัดการและศักยภาพกากของเสียอุตสาหกรรมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน ซึ่งต้องคำนึงถึงมิติด้านเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และกฎหมาย [3, 4] เพื่อให้สามารถบริหารจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Process) ในการพัฒนากากของเสียอุตสาหกรรมในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ โดยการจัดทำผังการไหลของวัสดุและของเสีย (Material & Waste Flow Analysis) ในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ ร่วมกับการใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process; AHP) ที่ครอบคลุมการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และกฎหมาย เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเลือกพัฒนากากของเสียอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพเหมาะสมในการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรมสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Development) [5] ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ซึ่งไม่เพียงแต่จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและลดปริมาณของเสียที่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต แต่ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไร เพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (Sustainable Industrial Development)

2. เครื่องมือสนับสนุนการวิจัย

2.1 ผังการไหลของวัสดุและของเสีย (Material & Waste Flow)

การศึกษาแผนผังการไหลของวัสดุและกากของเสีย (Material and Waste flow) เป็นการศึกษาเพื่อใช้อธิบายถึงเส้นทางการไหลผ่านเข้า - ออกของวัตถุดิบ พลังงาน และน้ำ จากจุดที่สารนั้นเริ่มต้น ผ่านขั้นตอนทั้งหมดของกระบวนการผลิต จนถึงขั้นตอนการกำจัด รวมทั้งการปลดปล่อยสารนั้นออกสู่สิ่งแวดล้อม ถูกคิดค้นและพัฒนาเพื่อใช้สนับสนุนนโยบายการจัดการสิ่งแวดล้อมยุโรป [6] ได้รับการยอมรับนำไปใช้ทั่วโลก สำหรับการศึกษาแผนผังการไหลของวัสดุและกากของเสียในงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพและการบริหารจัดการของเสีย โดยมีขอบเขตในการพิจารณา ได้แก่ ประเภทอุตสาหกรรม วัตถุดิบ ปริมาณกากของเสีย และวิธีการกำจัด โดยไม่ได้มุ่งเน้นในส่วนของกระบวนการผลิตและผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรม

2.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; เป็นกระบวนการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making Method) ที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” ของการตัดสินใจประเมินน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ สามารถหาค่าความน่าเชื่อถือรวม นำไปประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของหลักเกณฑ์ จัดระดับความสำคัญ [7] และประเมินทางเลือกในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ AHP ได้รับการคิดค้นในปี 1971 โดย Thomas Saaty [3] ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในด้านต่างๆ เช่น การตัดสินใจวางแผน นโยบายการรีไซเคิลขยะ [7] การศึกษาศักยภาพการรีไซเคิล [8] การจัดการอุตสาหกรรมและห่วงโซ่อุปทานสีเขียว [9] เป็นต้น AHP จึงเป็นเครื่องมือการตัดสินใจที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้อยู่ในรูปของลำดับชั้นอย่างง่าย 4 ระดับ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เกณฑ์การตัดสินใจหลัก เกณฑ์การตัดสินใจรอง และทางเลือก โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ [3]

1) กำหนดปัญหา และวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน
2) แก้ปัญหาที่ซับซ้อนในโครงสร้างลำดับชั้นและกำหนดองค์ประกอบการตัดสินใจ (เกณฑ์และทางเลือก)
3) เปรียบเทียบคู่ระหว่างเกณฑ์และทางเลือก
4) การประมาณน้ำหนักสัมพัทธ์ของเกณฑ์และทางเลือก
5) ตรวจสอบความสอดคล้องของเมตริกซ์เพื่อให้แน่ใจว่าการตัดสินใจมีความสอดคล้องกัน
6) รวมน้ำหนักสัมพัทธ์ขององค์ประกอบการตัดสินใจเพื่อคำนวณหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากลำดับความสำคัญรวมที่สูงสุด

3.กระบวนการวิจัย

กระบวนการวิจัยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ ประเภทของเสีย ปริมาณของเสีย วิธีการกำจัดของเสีย และแหล่งรับกำจัดของเสียของโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ นำมาจัดลำดับประเภทของเสียตามปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด วิเคราะห์การจัดการของเสีย แล้วนำมาประมวลผลข้อมูลออกมาในรูปผังการไหลของวัสดุและของเสียอุตสาหกรรม (Material & Waste Flow Analysis) ศึกษารูปแบบการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จัดลำดับปริมาณของเสียที่กำจัดด้วยวิธีฝังกลบและเผาทำลาย คัดเลือกกากของเสียอุตสาหกรรม 3 อันดับแรก แล้วนำมาวิเคราะห์ตามกระบวนการ AHP เพื่อตัดสินใจทางเลือกกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการ สามารถสรุปขั้นตอนกระบวนการวิจัยแสดงดังรูปที่ 1

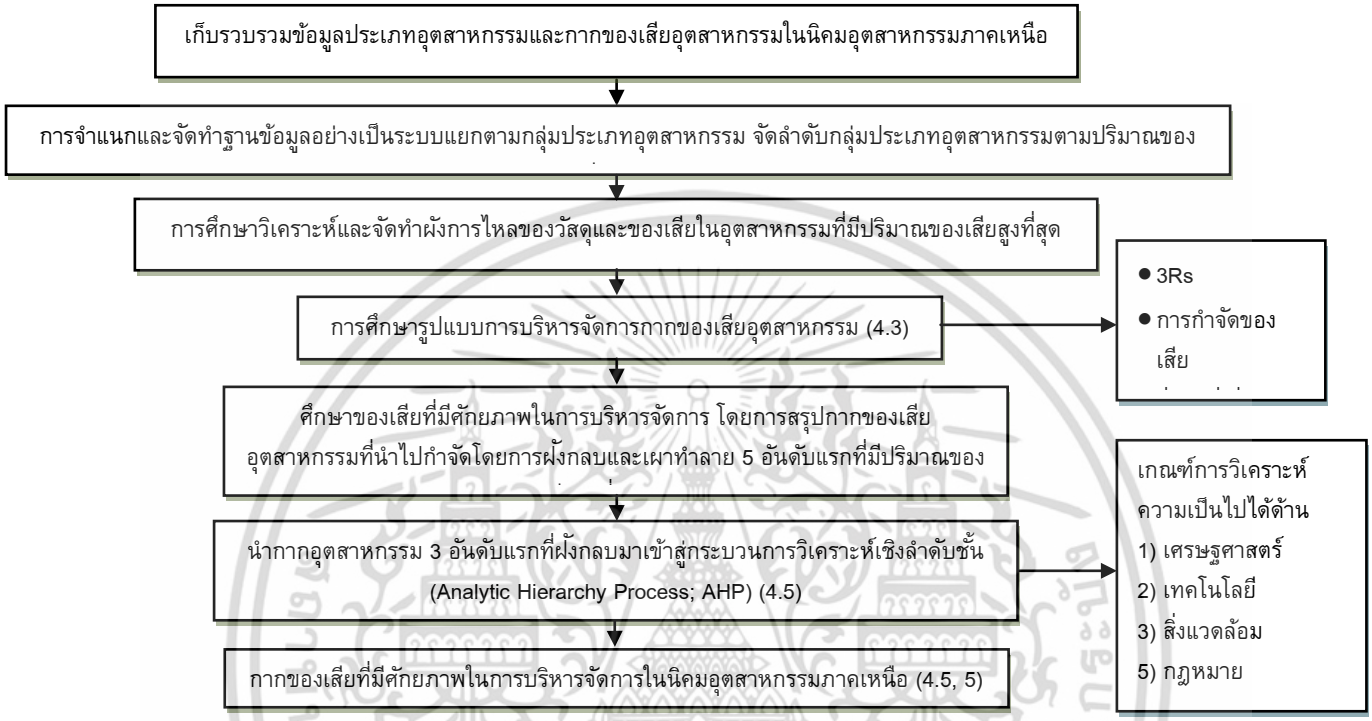
4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลประเภทอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมและกากของเสียอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือมีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด จำนวน 75 โรงงาน มีโรงงานที่ก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตจำนวน 62 โรงงาน สามารถจำแนกกลุ่มอุตสาหกรรมได้เป็น 11 กลุ่ม โดยพบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมที่มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ อุตสาหกรรมการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรและเครื่องกล และอุตสาหกรรมยานพาหนะและอุปกรณ์รวมทั้งการซ่อมยานพาหนะและอุปกรณ์ ซึ่งมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมเท่ากับ 22 (ร้อยละ 35), 13 (ร้อยละ 21), 8 (ร้อยละ 13), 4 (ร้อยละ 6) และ 3 (ร้อยละ 5) ตามลำดับ โดยมีปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม รวม 69,768.35 ตัน/ปี เมื่อนำข้อมูลกากของเสียอุตสาหกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือมาจัดลำดับตามปริมาณกากของเสียที่มีปริมาณสูงสุด 5 อันดับแรก ดังตารางที่ 1 พบว่า มีปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรมรวม 35,473.25 ตัน/ปี หรือคิดเป็นร้อยละ 50.84 ของปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรมทั้งหมดในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ



รูปที่ 1 แผนผังกระบวนการวิจัยการคัดเลือกศักยภาพของเสียอุตสาหกรรมที่เหมาะสมในการบริหารจัดการ

ตารางที่ 1 ปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรม 5 อันดับแรก ในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

ลำดับที่	ประเภทของเสีย	ปริมาณ (ตัน/ปี)
1	เศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง	18,229.35
2	เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง เศษชิ้นงานโลหะ เศษเหล็กต่างๆ ผงเหล็ก เศษลวด	6,309.50
3	ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย	4,450
4	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระดาษ หรือกระดาษแข็ง	3,627.70
5	บรรจุภัณฑ์ที่ปนเปื้อน หรือมีเศษสารอันตรายตกค้าง	3,087.80
รวม		**35,704.35**

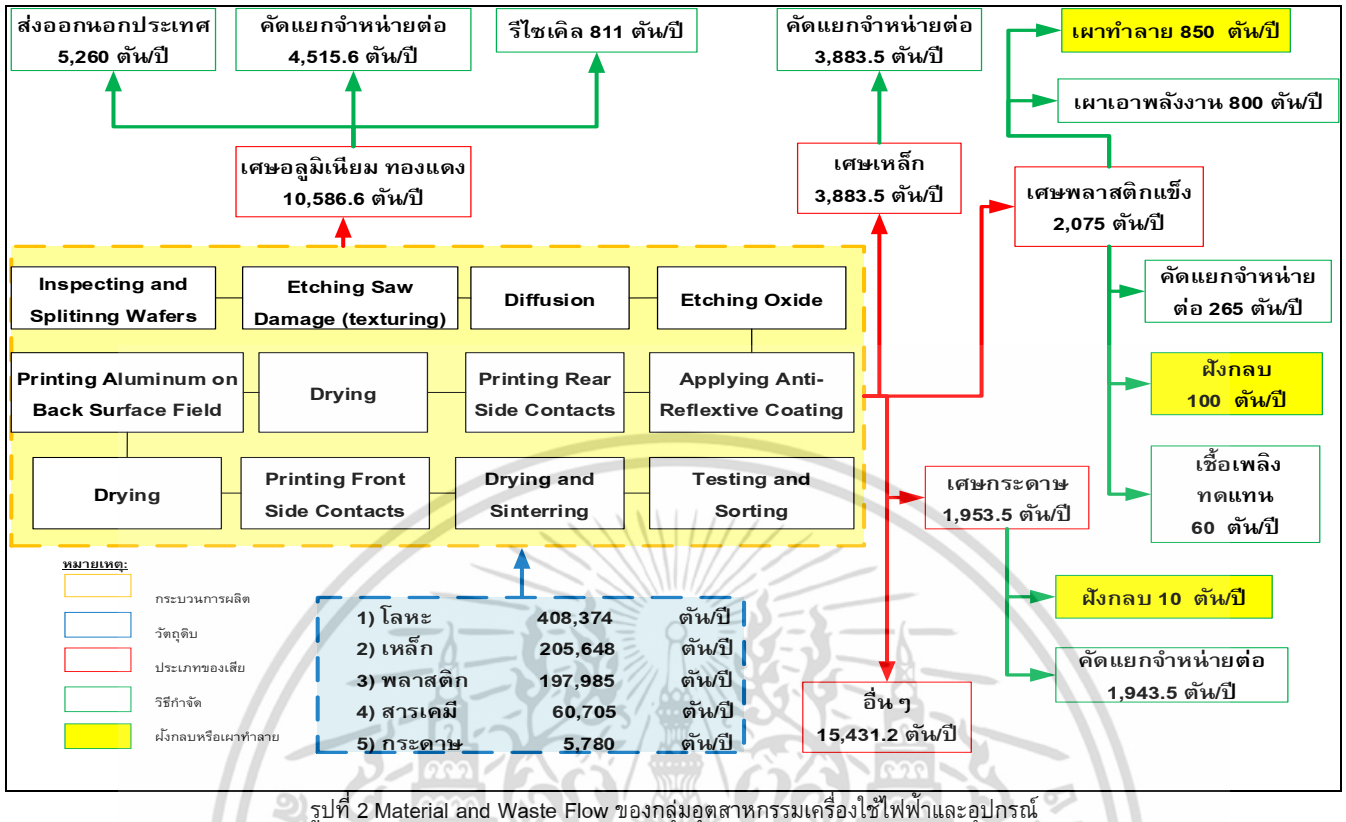
ที่มา: ประมวลผลข้อมูลจากเอกสาร สก.2 และ สก.3 ปี 2556-2557 ของนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

จากข้อมูลพบว่า กากของเสียที่มีปริมาณสูงสุด 3 อันดับแรก คือ ของเสียประเภทเศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง มีปริมาณกากของเสียมากที่สุด 18,235.25 ตัน/ปี ซึ่งเป็นกากของเสียที่มาจากกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ รองมาเป็นของเสียประเภทเศษเหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึงเศษชิ้นงานโลหะเศษเหล็กต่างๆ ผงเหล็ก เศษลวด มีปริมาณ 6,309.50 ตัน ที่มาจากกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ ลำดับสุดท้าย คือ ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย มีปริมาณ 4,450 ตัน มาจากอุตสาหกรรมอื่นๆ (ผลิต เครื่องมือหรือเครื่องใช้เกี่ยวกับนัยน์ตาหรือการวัดสายตา เลนส์ เครื่องมือหรือเครื่องใช้ที่ใช้แสงเป็นอุปกรณ์ในการทำงาน หรือเครื่องอัดสำเนาด้วยการถ่ายภาพ)

4.2 การศึกษาวิเคราะห์และจัดทำผังการไหลของวัสดุและของเสีย

ในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ มีอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดกากอุตสาหกรรมมากที่สุด คือ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ เมื่อนำมาศึกษากระบวนการผลิต วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (Input) กากของเสียอุตสาหกรรม (Output) ที่เกิดขึ้น วิเคราะห์ตามหลักการของสมดุลมวลสาร (Mass balance) [10] และการจัดการของเสียอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม สามารถจัดทำข้อมูลในรูปผังการไหลของวัสดุและของเสียแยกตามกลุ่มอุตสาหกรรมได้ ดังรูปที่ 2 Material and Waste Flow Analysis ของกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

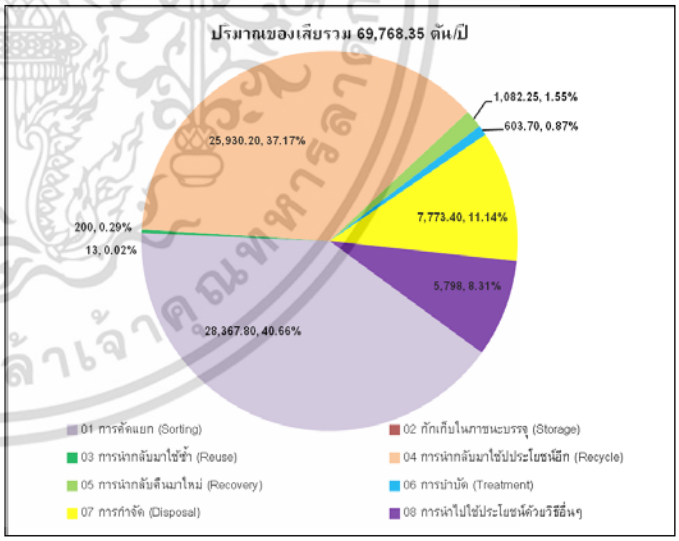


รูปที่ 2 Material and Waste Flow ของกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์
ที่มา: ประมวลผลข้อมูลจากเอกสาร สก.2 และ สก.3 ปี 2556 - 2557 ของนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือโดยทีมวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ ก่อให้เกิดกากของเสียอุตสาหกรรม 33,929.80 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 48.63 ของปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ โดยของเสียประเภทเศษโลหะที่ไม่ใช่เหล็กจากการตะไบ การเจียร หรือการกลึง (เศษอลูมิเนียม ทองแดง) มีปริมาณสูงสุดรวม 10,586.60 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 31.20 ของปริมาณของเสียทั้งหมดในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ และมีกากของเสียอุตสาหกรรมที่นำไปฝังกลบและเผาทำลาย พบว่า Epoxy resin / Printed Circus Board (PCB) Scrap เป็นของเสียที่มีปริมาณมากที่สุด

4.3 การศึกษารูปแบบการบริหารจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม

นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ มีกากของเสียอุตสาหกรรมประมาณ 69,768.35 ตัน/ปี สามารถจำแนกวิธีการจัดการของเสียได้ ดังรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาการจัดการของเสียในภาพรวมพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือได้นำหลักการ 3Rs ไปใช้บริหารจัดการของเสียประมาณ 61,378.25 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 88 ของปริมาณของเสียทั้งหมด ส่วนกากของเสียที่โรงงานไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีอื่นๆ



รูปที่ 3 สัดส่วนของเสียแยกตามวิธีการกำจัดในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ
ที่มา: ประมวลผลข้อมูลจากเอกสาร สก.2 และ สก.3 ปี 2556-2557 ของนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

4.4 การศึกษากากของเสียอุตสาหกรรมที่มีของเสียที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการ

เนื่องจากกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีประโยชน์และโรงงานสามารถใช้ได้ส่วนใหญ่ จะมีการจัดการตามหลัก 3Rs อยู่แล้ว ดังนั้น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของเสีย งานวิจัยนี้จึงพิจารณาเฉพาะของเสียที่ถูกนำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบและการเผาทำลาย ซึ่งส่งผลกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมที่ไม่ยั่งยืน จากการศึกษาพบว่าของเสียอุตสาหกรรมที่ถูกนำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบและการเผาทำลายในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ มีปริมาณรวม 7,773.40 ตัน/ปี จำแนกเป็นของเสียที่นำไปฝังกลบ 3821.20 ตัน นำไปเผาทำลาย 3,927.20 ตัน และกำจัดด้วยวิธีอื่นๆ 25 ตัน เมื่อนำของเสียกลุ่มนี้มาจัดอันดับปริมาณของเสียที่สุด 5 อันดับแรก สามารถ สรุปได้ดังตารางที่ 2

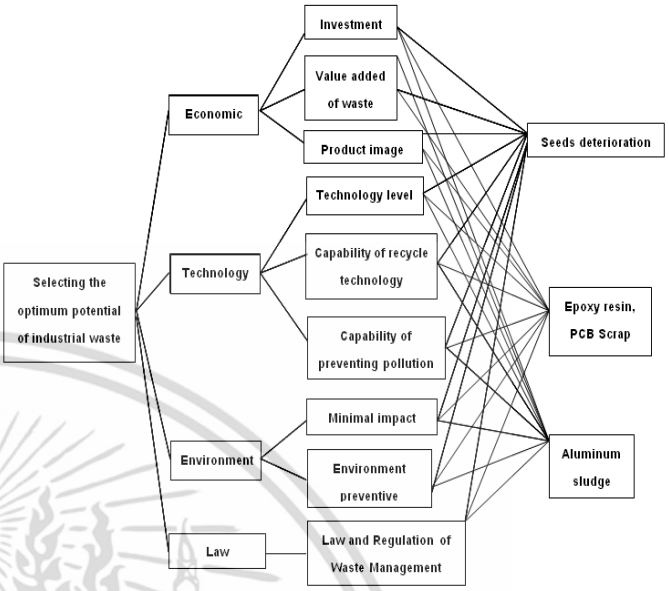
ตารางที่ 2 ปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรมที่ถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบและเผาทำลายในปริมาณสูงสุด 5 อันดับแรก ในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

ลำดับที่	ประเภทของเสีย	วิธีการกำจัด	ปริมาณ (ตัน/ปี)
1	เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ทานตะวันที่เสื่อมสภาพ	ฝังกลบ	1,000.00
2	Epoxy Resin / Printed Circus Board (PCB) Scrap	ฝังกลบ	850.00
3	กากตะกอนและก้อนกรอง กากตะกอนอลูมิเนียม และกาก TM-50	เผาทำลาย	630.00
4	เศษกระป๋องสารเคมี ภาชนะปนเปื้อนสารเคมีและน้ำมัน ภาชนะบรรจุปนเปื้อนสารละลาย และขยะเปื้อนเรซิน	เผาทำลาย	613.00
5	ขยะปนเปื้อนสารเคมี และเศษผ้า ถุงมือที่เปื้อนน้ำมัน/ตัวทำละลาย	เผาทำลาย	349.00
รวม			**3,442.00**

ที่มา: ประมวลผลข้อมูลจากเอกสาร สก.2 และ สก.3 ปี 2556-2557 ของนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

4.5 กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นที่นำมาใช้สนับสนุนในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคัดเลือกกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการ กำหนดปัจจัยหลัก 4 ด้าน คือ ด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านกฎหมาย ซึ่งในแต่ละปัจจัยหลักจะพิจารณาแจกแจงเป็นปัจจัยย่อยแล้วกำหนดระดับคะแนนในแต่ละปัจจัยย่อย ในระดับคะแนน 9 ระดับ มีค่าคะแนนตั้งแต่ 1 3 5 7 9 คะแนน แต่ละด้านจะมีคะแนนมากที่สุด คือ 9 หมายถึง การพิจารณาทางเลือกโดยปัจจัยนั้นๆ มีความสำคัญในแง่ของศักยภาพมากที่สุด เพื่อให้คะแนนที่ได้ระดับความสำคัญ (Magnitude) แสดงออกมาอย่างโดดเด่นมากที่สุด [11] การกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ นั้น มาจาก 2 ส่วน ได้แก่ การกำหนดค่าน้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งค่าน้ำหนักที่ได้จะคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50 และการกำหนดค่าน้ำหนักโดยตัวแทนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการของเสียของโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือซึ่งค่าน้ำหนักที่ได้จะคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50 เพื่อนำมาตัดสินใจทางเลือก 3 ทาง คือ กากอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการ 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ทานตะวันที่เสื่อมสภาพ (Seeds deterioration) 2) Epoxy resin / Printed Circus Board (PCB) Scrap และ3) กากตะกอนและก้อนกรอง กากตะกอนอลูมิเนียม และกาก TM-50 (Aluminum sludge) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลอง AHP

รูปที่ 5 ภาพการระดมความคิดเห็นเพื่อประเมินค่าน้ำหนัก AHP

จากการวิเคราะห์ AHP ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่า ในการบริหารจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมกลุ่มผู้ประเมินและผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับเกณฑ์ด้านเศรษฐศาสตร์สูงสุด (ร้อยละ 30) รองลงมาเป็นเทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมในระดับที่เท่ากัน (ร้อยละ 25) และกฎหมาย (ร้อยละ 20) ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ย่อยทั้ง 9 เกณฑ์ พบว่า การลงทุน การเพิ่มมูลค่าของเสีย และระดับเทคโนโลยี มีระดับที่สูงสุด (ร้อยละ 15) รองลงมา คือ ความสามารถของเทคโนโลยี รีไซเคิล และผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ร้อยละ 12.5) ความสามารถในการป้องกันมลพิษ (ร้อยละ 10) ภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ กฎหมายและข้อกำหนดด้านการจัดการของเสีย (ร้อยละ 7.5) และมาตรการป้องกันสิ่งแวดล้อม (ร้อยละ 5) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของของเสียที่เหมาะสมในการบริหารจัดการพบว่า Epoxy resin / Printed Circus Board (PCB) Scrap เป็นของเสียที่ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับ 1 (ร้อยละ 68) ส่วนกากตะกอนและก้อนกรอง กากตะกอนอลูมิเนียม และกาก TM-50 ได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับที่ 2 (ร้อยละ 27) และเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ทานตะวันที่เสื่อมสภาพ 3 (ร้อยละ 11) ตามลำดับ

5. อภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ มีการประกอบอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 35 ของโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมด และก่อให้เกิดของเสียมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.63 ของปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากการวิเคราะห์แผนผังการไหลของวัสดุและของเสียในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ร่วมกับการวิเคราะห์ AHP มีความสอดคล้องกัน และสนับสนุนการตัดสินใจทางเลือก epoxy resin/ Printed Circus Board (PCB) Scrap เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการ เนื่องจากมีระดับความสำคัญสูงสุด คือ โดยในด้านเทคโนโลยีควรมีการศึกษาเพื่อเพิ่มมูลค่ากากของเสียอุตสาหกรรมชนิดนี้ ด้านเศรษฐศาสตร์ทีมวิจัยพบว่า ของเสียประเภท Epoxy resin ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือปี 2557 มีปริมาณ 850 ตัน เมื่อนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่าขนส่งพบว่าสูงถึง 4.2 ล้านบาท/ปี จึงควรพิจารณาการลงทุนพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อรีไซเคิล ด้านสิ่งแวดล้อม สามารถช่วยลดการฝังกลบ ลดการเผาขยะ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ด้านกฎหมาย พบว่า ของเสียนี้เป็นกากอุตสาหกรรมที่ไม่ขัดต่อกฎหมาย ดังนั้น โดยภาพรวมจึงเป็นกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ

6. สรุปผลการวิจัย

1) การใช้ผังการไหลของวัสดุและของเสียในการจัดการกากอุตสาหกรรม ช่วยให้สามารถพิจารณารูปแบบการบริหารจัดการกากอุตสาหกรรมได้ชัดเจนขึ้น ตั้งแต่แหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม (โรงงานอุตสาหกรรม) ไปถึงการกำจัดของเสียอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมได้อย่างครบวงจร

2) การใช้ Material & Waste Flow Analysis ร่วมกับ AHP เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจที่ทำให้สามารถคัดเลือกกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีเกณฑ์การตัดสินใจที่ครอบคลุมปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และกฎหมายได้ ทำให้สามารถการตัดสินใจมีความน่าเชื่อถือได้รับการพิจารณาอย่างรอบด้าน

3) สามารถพัฒนารูปแบบการประยุกต์ใช้ผังการไหลของวัสดุและของเสียร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ในการบริหารจัดการของเสียอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อพัฒนากากของเสียอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ โรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ และสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ช่วยสนับสนุนข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงอุตสาหกรรม, “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548” 2548, หน้าที่ 1

[2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม “รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการส่งเสริมการใช้ประโยชน์กากอุตสาหกรรม” 2554, หน้าที่ 1-4

[3] Saaty, T.L., The analytic hierarchy process in conflict management. International Journal of Conflict Management 1 (1), 1990, pp. 47–68.

[4] Amy H.I. Lee, He-Yau Kang, Chang-Fu Hsu and Hsiao-Chu Hung, “A green supplier selection model for high-tech industry” Expert Systems with Applications 36, 2009, pp. 7917–7927.

[5] การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, “ข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานของการเป็น “เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ”, 2554, หน้าที่ 1- 17

[6] Mette Skovgaard and Stephan Moll, “Outlook for waste and material flows Baseline and alternative scenarios” European Environment Agency (EEA), 2005, pp.1-103.

[7] Chun-hsu Lin Lihchyi Wen and Yue-mi Tsai “Applying decision-making tools to national e-waste recycling policy: An example of Analytic Hierarchy Process” Waste Management 30, 2010, pp. 863–869.

[8] Junbeum Kim, Yongwoo Hwang and Kwangho Park, “An assessment of the recycling potential of materials based on environmental and economic factors; case study in South Korea” Journal of Clean Production 17, 2009, pp. 1264-1271.

[9] Sachin Kumar Manglaa, Pradeep Kumar and Mukesh Kumar Barua, “Risk analysis in green supply chain using fuzzy AHP approach: A case study” Resources, Conservation and Recycling, 2015, pp. 1–16.

[10] Baccini, P. and Brunner, P.H., “Metabolism of the Anthroposphere” Springer-Verlag, 1991, pp. 157.

[11] Saaty, T.L.,”How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process”, European Journal of Operational Research 48 (1), 1990. pp. 9–26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อศึกษาพฤติกรรมของลูกค้าบัตรสมาชิกสายการบินแห่งหนึ่ง

The Application of Data Mining Techniques to Study The Behavior of Customer Loyalty Cards

ศริชล ชัยชาญทิพยุทธ[†1], ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์[‡2]
[†]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยี
[‡]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทร 0-2763-2600 โทรสาร 02-763-2600 korakot@tni.ac.th
[1] ch.sarishon_st@tni.ac.th
[2] korakot@tni.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันองค์กรธุรกิจส่วนใหญ่เผชิญกับปัญหาของข้อมูลดิบจำนวนมากแต่ข้อมูลที่ประยุกต์ใช้ได้นั้นมีน้อย Data Mining จึงเป็นเทคนิคที่สามารถกลั่นกรองข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ โดยใช้เทคนิคในการทำ Data Mining ที่นิยมใช้ในการทำเหมืองข้อมูลกับฐานข้อมูล และได้ใช้เทคนิคของการค้นหากฎความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล การสืบค้นความรู้บนฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อน การกรองความรู้ การจำแนกข้อมูล การสรุปผลและนำเสนอข้อมูล โดยจะแสดงในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

โดยในการศึกษาได้มีการนำข้อมูลดิบของกลุ่มลูกค้าสมาชิกมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Data Mining และ RFM มาค้นหากฎความสัมพันธ์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาพฤติกรรมของลูกค้ากลุ่มที่เป็นสมาชิก เพื่อนำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์ของกลุ่มลูกค้าในการใช้บริการสายการบินแห่งหนึ่ง เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากจะมีประโยชน์ในการตัดสินใจต่อการทำโปรโมชั่นให้ตรงตามกลุ่มเป้าหมาย โดยในการศึกษากรณีนี้มีจะแบ่งกลุ่มลูกค้าออกเป็น 4 กลุ่มตามลำดับลูกค้า Loyalty ซึ่งในการศึกษานี้ได้นำเสนอขั้นตอนการแบ่งกลุ่มด้วย RFM และนำเสนอเทคนิคการแบ่งกลุ่ม การจำแนก รวมถึงหาความสัมพันธ์ในการทำ Data Mining เพื่อศึกษาพฤติกรรมและหากลุ่มลูกค้าที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: Data Mining, RFM, Customer Loyalty

Abstract

Nowadays, most of the business organizations are encountering issue of large scale raw data that are little to none inapplicable to be applied into real world utilizations. Therefore, Data Mining is a branch of information technology that can filter and extract complicated information from data sets and transform it into understandable useful and usable data or information. Data mining technique is highly popular in database technology because the data can be searched by utilizing the relationship between its data set to retrieve another data or information

Therefore, this research and study used raw data of membership for an analysis by utilizing the technique of Data Mining and RFM to explore relationship basis. An objective of this research and study was to use customer behaviors data and information then utilize those data or information to search for potential related group of customers in database system.

Keywords: Data Mining, RFM, Customer Loyalty

1. คำนำ

การที่มีธุรกิจสายการบินต้นทุนต่ำมีการแข่งขันกันเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการตัดสินใจที่จะใช้บริการสายการบิน ทำให้เกิดการแข่งขันทางด้านการตลาด ซึ่งมีปัจจัยหลายๆ อย่างที่ผู้บริโภคเลือกที่จะใช้บริการ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของรูปแบบการให้บริการ ราคาตั๋วเครื่องบิน สายการบินต่างๆ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้กลยุทธ์ทางการตลาดรูปแบบต่างๆ เพื่อที่จะดึงดูดใจผู้บริโภคเข้ามาเป็นสมาชิกและใช้บริการของสายการบินของตน ด้วยปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการศึกษานี้ขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการพบลูกค้าที่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้บริการโดยใช้เทคนิค Data mining และ RFM นำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรม และช่วยศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มลูกค้าสมาชิก

1.1.ที่มาและความสำคัญ

ในสภาวะการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้นในธุรกิจการบินไทย ผู้ให้บริการสายการบินของไทยทั้งสายการบินต้นทุนต่ำและสายการบินให้บริการเต็มรูปแบบควรมีมาตรการเพื่อรองรับการแข่งขันจากสายการบินในอาเซียน จากการเปิด AEC ในปี 2015 ธุรกิจการบินของไทยจะมีการเข้ามาแข่งขันจากสายการบินในอาเซียนโดยเฉพาะสายการบินต้นทุนต่ำ ดังนั้น สายการบินของไทยควรมีมาตรการเพิ่มเติม เช่น การลดต้นทุนการดำเนินการ เพื่อรักษากำไรไม่ให้ลดลงมากนัก หรือเพิ่มคุณภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้บริการและสร้างภาพลักษณ์ที่ดี เพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งที่จะมีมากขึ้นในอนาคต

การนำเหมืองข้อมูล ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่นำไปสู่การเข้าใจลูกค้า จึงถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมความต้องการ ตลอดจนแนวโน้มในการใช้จ่ายของลูกค้า อีกทั้งหลายองค์กรยังหยิบมาใช้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์สิ่งต่างๆ เช่น ช่วยในการพยากรณ์การยอดการให้บริการในอนาคต ช่วยหาความสัมพันธ์ของสินค้าหรือการบริการ โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำข้อมูลไปปรับปรุงการทำงานรวมถึงสร้างเป็นโปรโมชั่นให้ตรงกับความต้องการหรือนำไปสู่การตัดสินใจในการลงทุนภายในองค์กร นอกจากนี้ทางสายการบินจะต้องตรวจสอบอย่างใกล้ชิดในการกำหนดคุณลักษณะของลูกค้าให้ถูกต้องกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อที่จะรักษากลุ่มลูกค้า จึงถือได้ว่าความภักดีของลูกค้าเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาความได้เปรียบทางการแข่งขันแบบยั่งยืนของธุรกิจประเภทต่างๆ [1]

2.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดของความภักดี (Loyalty) คือพฤติกรรมการซื้อซ้ำของลูกค้ามีความตั้งใจและยินดีที่จะแนะนำให้ผู้อื่นซื้อสินค้าหรือใช้การหรือการบอกต่อของลูกค้า [1] ความจงรักภักดีนั้นหมายรวมถึงพฤติกรรมที่แสดงออกและทัศนคติที่มีต่อบริษัทผู้ขาย/ผู้ให้บริการ [2]

โดยวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้ระยะเวลาการเป็นลูกค้าและความสามารถในการทำกำไรเป็นเกณฑ์แบ่งลูกค้าออกเป็น 4 กลุ่ม คือ [3] กลุ่มที่ 1 Strangers ลูกค้าคนแปลกหน้า (ลูกค้าที่มีกำไรต่ำและซื้อสินค้าหรือบริการจากเราในระยะสั้น) กลุ่มที่ 2 Butterflies ลูกค้าที่พร้อมจะเปลี่ยนไปได้ทุกเมื่อ (ลูกค้าที่มีกำไรสูงและ ซื้อสินค้าหรือบริการจากเราในระยะสั้น) กลุ่มที่ 3 True Friends เพื่อนแท้ (ลูกค้าที่มีกำไรสูงและซื้อสินค้าหรือบริการจากเราเป็นระยะเวลานาน) กลุ่มที่ 4 Barnacles ลูกค้าที่เกาะติดบริษัท (ลูกค้าที่มีกำไรต่ำ และซื้อสินค้าหรือบริการจากเราเป็นเวลานาน)

RFM ย่อมาจากคำว่า Recency, Frequency และ Monetary ตามลำดับ โดยทั้งสามตัวแปรนี้จะช่วยวิเคราะห์ลูกค้าในฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังช่วยให้นักการตลาดสามารถกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจในแต่ละกลุ่มลูกค้าได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

RFM Analysis เป็นเทคนิคหนึ่งในการตลาดซึ่งสามารถใช้ในการแบ่งกลุ่มลูกค้า จัดลำดับความสำคัญและแสดงถึงกลุ่มลูกค้าที่มีความสำคัญ ตามแนวคิด 80/20 ซึ่งหมายถึงร้อยละ 20 ของจำนวนลูกค้าทั้งหมดจะนำมาซึ่งผลกำไร 80% สำหรับการแบ่งกลุ่มนั้นได้มีการนำเสนอพีรามิดโมเดล เป็นโมเดลในการแบ่งกลุ่มโดยพิจารณาจากจำนวนกำไรที่ได้จากลูกค้า

Data Mining เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการค้นหาลักษณะของข้อมูลแฝงที่มีประโยชน์ในฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Database: KDD) ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการของ KDD นั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การคัดเลือกข้อมูล (Selection) เป็นการระบุถึงแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำเหมืองข้อมูลรวมถึง การนำข้อมูลที่ต้องการออกมาจากฐานข้อมูลเพื่อทำการพิจารณาในเบื้องต้นต่อไป

2. การกรองข้อมูล (Preprocessing) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของข้อมูลที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ว่าถูกต้องโดยการนำข้อมูลที่ไม่ถูกต้องออก

3. การแปลงรูปแบบข้อมูล (Data Transformation) เป็นการแปลงข้อมูลที่เลือกมาให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม สำหรับการนำไปใช้วิเคราะห์ตามอัลกอริทึม (Algorithm) และแบบจำลองที่ใช้ในการทำ Data mining ต่อไป

4. การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) การใช้เทคนิคเพื่อทำเหมืองข้อมูล โดยทั่วไปประเภทของงานตามลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ในการทำเหมืองข้อมูลนั้นสามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

4.1 Predictive Data mining คือ เป็นการทำนายพฤติกรรมจากข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต สร้างต้นแบบ ที่สามารถใช้ทำนายกับข้อมูลใหม่ หรือข้อมูลที่เกิดขึ้นภายหลัง

4.2 Descriptive Data mining คือ เป็นแบบจำลองนี้ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อการทำนาย แต่เพื่อใช้อธิบายรูปแบบของข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ

5. การวิเคราะห์และประเมินผลลัพธ์ที่ได้ (Result Analysis and Evaluation) เป็นขั้นตอนการแปลความหมายและการประเมินผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ โดยทั่วไปควรมีการแสดงผลในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้โดยง่าย

เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลนั้นมีหลากหลายวิธีการ ไม่ว่าจะเป็น Classification, Clustering, Neural Network และ Association Rule ในการศึกษานี้ได้เลือกรูปแบบการนำเสนอการหาค่าโดยใช้วิธีการ Clustering, Classification, Association Rule เข้ามาใช้ในการศึกษานี้

K-mean Algorithm เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล ในการจัดกลุ่มที่สมาชิกภายในแต่ละกลุ่มนั้น จะมีระยะใกล้จุดศูนย์กลางหรือตัวแทนของกลุ่ม (Mean) โดยขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ อัลกอริทึม K-Means นั้นจะประกอบด้วยการกำหนดจำนวนกลุ่มเริ่มต้น กำหนดตัวแทนกลุ่ม การจัดข้อมูลแต่ละตัวเข้ากลุ่ม และสุดท้ายการปรับตัวแทนกลุ่มในแต่ละกลุ่ม ปัญหาที่พบคือ ปัญหาการกำหนดจำนวนจุดเริ่มต้น ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดกลุ่ม หรือการที่กลุ่มบางกลุ่มนั้นมีจำนวนสมาชิกน้อยเกินหรือในกลุ่มเลย จึงมีการกำหนดกฎเกณฑ์ว่ากลุ่มที่จะอยู่ในรอบถัดไปนั้น จะต้องมีสมาชิกอยู่ไม่น้อยกว่าค่าคงที่ค่าหนึ่งที่กำหนดขึ้นมา [4]

Decision tree เป็นเทคนิคที่ให้ผลลัพธ์ในลักษณะของโครงสร้างต้นไม้ โดยปกติมักประกอบด้วยกฎในรูปแบบ “ถ้า เงื่อนไข แล้ว ผลลัพธ์” Decision tree เป็นเทคนิคที่ค่อนข้างแพร่หลาย เนื่องจากผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจผลลัพธ์ได้ง่าย เทคนิค Decision tree จะจำกัดข้อมูลที่เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) 1 ตัวต่อ 1 แบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการทำนายตัวแปรตามหลายๆ ตัว จะต้องสร้างแบบจำลองสำหรับตัวแปรตามแต่ละตัว algorithm ของเทคนิค

งานวิจัยของ Jehn-Yih Wong & Pi-Heng Chung [5] ที่ได้นำเทคนิคต้นไม้การตัดสินใจหรือ Decision Tree โดยใช้อัลกอริทึม C4.5 เข้ามาช่วยวิเคราะห์หาผลจากข้อมูลลูกค้าที่มีอยู่ โดยจะเน้นในการหาจากกลุ่มลูกค้าที่มีการเชื่อใจในสายการบินเพื่อศึกษาพฤติกรรมและการบริโภคการบริการ เพื่อนำมาสร้างแนวทางในการจูงใจและรักษากลุ่มลูกค้าดังกล่าวไว้ได้ โดยการศึกษาของงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางอย่าง อย่างแรกคือขาดข้อมูลของคู่แข่งอื่นๆ เนื่องจากข้อมูลการวิจัยถูกทำให้แค่เพียงสายการบินไต้หวันเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามผลการวิจัยยังให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อื่นๆ กับสายการบินไต้หวันในการจัดการลูกค้าที่ภักดีเนื่องจาก 2 เหตุผล: กระบวนการการดำเนินงานเป็นคล้ายคลึงกันในหมู่สายการบินไต้หวันและสายการบินอื่นๆ ซึ่งเป็นมาตรฐานบริษัทในไต้หวันการขนส่งทางอากาศตลาด ประการที่สองข้อมูลอาจจะขาดรายการที่สำคัญต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในฐานข้อมูลของสายการบิน, เช่น รายการพฤติกรรมภักดี และมันอาจส่งผลให้เกิดความไม่เพียงพอในการประเมินความจงรักภักดีผู้โดยสาร

Association Rule เป็นเทคนิคหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูล โดยหลักการทำงานของวิธีนี้คือ การค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ หรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ หรือจากการวิเคราะห์การซื้อสินค้าของลูกค่าเรียกว่า “Market Basket Analysis” ซึ่งประเมินจากข้อมูลที่รวบรวมไว้ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเป็นคำตอบของปัญหา ซึ่งการวิเคราะห์แบบนี้เป็นการใช้ “กฎความสัมพันธ์” (Association Rule) เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล

FP-Growth Algorithm เป็นโครงสร้างข้อมูลของ FP-Tree ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Header Table เป็นส่วนที่ใช้เก็บไอเท็มที่ผ่านค่าสนับสนุนขั้นต่ำโดยมีการเรียงลำดับตามค่าสนับสนุนจากมากไปหาน้อยและส่วนที่สอง คือ โครงสร้างต้นไม้ที่ใช้เก็บข้อมูลจากรายการธุรกรรม FP-Growth

การจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ RFM ได้นำเทคนิคการจัดกลุ่มหน้าที่ในการศึกษา RFM, ได้นำเสนอวิธีการใช้ K-Means++ เพื่อหากลุ่มลูกค้าที่มีค่า RFM ที่คล้ายกันของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มอื่น ๆ เช่น K-Means หมายถึงแผนที่จะจัดตนเองเพราะข้อดีของมันในแง่ของคุณภาพของการจัดกลุ่ม

การจำแนกข้อมูลโดยใช้ RFM ได้ใช้ขั้นตอนวิธีการจัดหมวดหมู่โดยใช้กลุ่มลูกค้าโดยการค้นพบขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มและนำเสนอการค้นพบกฎการจัดหมวดหมู่โดยพิจารณาตัวแปรด้านประชากรศาสตร์ของลูกค้า เช่น อายุ เพศ อาชีพและ สถานะสมรส

การค้นหากฎความสัมพันธ์โดยใช้ RFM ใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในระหว่าง Transection ในฐานข้อมูล โดยใน association rule นั้นจะหาข้อมูลที่สอดคล้องกันที่แข็งแกร่งในฐานข้อมูล

งานวิจัยของ Derya Birant [6] ได้มีการเอา RFM เข้ามาใช้กับการทำเหมืองข้อมูลเพื่อหาค่า Recency, Frequency และ Monetary ในการวิเคราะห์ RFM เป็นเทคนิคการตลาดที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของลูกค้าเช่นเมื่อเร็วๆ นี้วิธีการที่ลูกค้าได้ซื้อ (Recency) บ่อยครั้งที่ลูกค้าซื้อ (Frequency) และเท่าใดลูกค้าใช้จ่าย (Monetary) มันเป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงการแบ่งส่วนลูกค้าโดยแบ่งลูกค้าออกเป็นกลุ่มต่างๆ สำหรับการให้บริการส่วนบุคคลในอนาคตและเพื่อระบุลูกค้าที่มีแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อการโปรโมชั่น โดยในงานวิจัยได้นำ RFM เข้ามาใช้กับงานของการทำเหมืองข้อมูลทั้งรูปแบบ Clustering, Classification, Association rule ซึ่งในงานวิจัยได้บอกแนวคิดเกี่ยวกับ RFM ได้รับการพิสูจน์ว่าการนำ RFM เข้าไปใช้มีประสิทธิภาพมากเมื่อนำไปใช้กับฐานข้อมูลการตลาดในงานวิจัยได้ คือ มีการซื้อล่าสุดเมื่อไหร่ไปถึงต่ำสุด และให้คะแนนตามเรียงจากด้านบนลงล่างเป็นส่วนๆ ละ 20% 5,4,3,2,1 และในส่วนของการให้คะแนนค่าของเงินจะเรียงตามลำดับมูลค่าจากมากสุดไปน้อยที่สุด และสุดท้ายนำมาจัดอันดับต่อกันเพื่อให้ได้คะแนนของ RFM ออกมา

3.ขั้นตอนการดำเนินการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของกลุ่มสมาชิก โดยข้อมูลจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการใช้บริการของสายการบินซึ่งก็คือการทำเหมืองข้อมูล การทำเหมืองข้อมูลจะเป็นการเสริมสร้างกระบวนการส่งเสริมการขายให้กับสายการบินเพราะทุกขั้นตอนจะต้องมีการตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลที่หนักแน่นเพียงพอเริ่มต้นจากการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจะมาจากประวัติการใช้บริการของของลูกค้าในแต่ละครั้งที่ใช้บริการ (Transaction Data) ของกลุ่มสมาชิกที่ประกอบด้วยข้อมูลลูกค้าและข้อมูลการใช้บริการจากฐานข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่เป็นข้อมูลดิบเหล่านี้มาเตรียมพร้อมสำหรับการทำเหมืองข้อมูล

การนำข้อมูลที่ถูกเก็บไว้เป็นจำนวนมากมาใช้งานมักมีข้อมูลที่ผิดพลาด เช่น ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ข้อมูลผิดปกติจากความเป็นจริง สาเหตุอาจเกิดจากความผิดพลาดของผู้ใช้งาน ความบกพร่องของระบบ หรือจากเครื่องคอมพิวเตอร์ขัดข้องก็ตาม ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากที่สุดข้อมูลที่ไม่มีความจำเป็นจะต้องถูกตัดทิ้ง ข้อมูลที่มีความผิดพลาดจะต้องถูกแกไข ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนี้จึงมีความสำคัญมาก

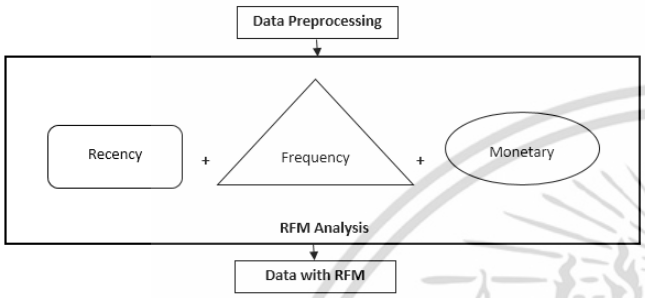
การทำความสะอาดข้อมูล (Cleansing Data) เมื่อทำการคัดเลือกข้อมูลเหมาะสมในการทำเหมืองข้อมูลแล้ว พบว่าจากข้อมูลที่ได้มา มีส่วนของข้อมูลที่ไม่สามารถนำมาใช้ทำการจำแนก (Classification) ได้ เช่น ข้อมูลที่ขาดหาย (Missing Value) ข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ ข้อมูลที่ขาดหายไปได้มีการแทนค่าให้สามารถนำไปใช้ในการทดสอบได้ และข้อมูลบางส่วนไม่สามารถนำมาใช้ได้ตรงๆ

การเตรียมข้อมูล การเลือกข้อมูลสำหรับกลุ่มสมาชิกที่ใช้บริการสายการบินในช่วงระยะเวลาระหว่างปี 2012-2013 โดยกลุ่มสมาชิกนั้นถูกจำกัดอายุ สมาชิกไว้ 2ปี ซึ่งในที่นี้การเลือกข้อมูลต้องการจะทำการเลือกข้อมูลจากข้อมูลสมาชิก ข้อมูลการใช้บริการ ข้อมูลรายการต่างๆ ที่กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาชิกได้เข้ามากระทำในระบบ เช่น filed MemberType เก็บข้อมูลประเภทของสมาชิก, Sex เก็บเพศ, Age, Seat เก็บข้อมูลการเลือกที่นั่ง เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลมาแยกส่วนที่ซ้ำซ้อนออกไปพร้อมจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมโดยการแปลงให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ .csv(Comma Separated Values) format โดยจะได้ข้อมูลออกมาในรูปแบบไฟล์ที่มีเครื่องหมาย comma คั่นระหว่างแอตทริบิวต์

การคำนวณ RFM โดยใช้เทคนิค RFM Analysis



รูปที่ 1 แสดงการคำนวณ RFM โดยใช้เทคนิค RFM Analysis

RFM Analysis

การวิเคราะห์ทางการตลาดโดยใช้ RFM Analysis เป็นการนำข้อมูลมาคำนวณเพิ่มในส่วนค่า RFM ซึ่งเป็นค่าที่จะสามารถวัดความสำคัญของลูกค้าแต่ละรายโดยวิเคราะห์จาก Recency, Frequency และ Monetary ในการทำรายการเข้ามาในส่วนประกอบหนึ่งในข้อมูลส่วนตัวของลูกค้ารายนั้นๆ

จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนำข้อมูล Recency, Frequency และ Monetary ของลูกค้าแต่ละรายมาทำการคำนวณค่า RFM เพื่อเป็นข้อมูลหนึ่งในการแบ่งกลุ่มข้อมูล โดยใช้สูตรการคำนวณ RFM Score = R+F+M เนื่องจากข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลการใช้บริการในปี 2012-2013 ผู้ศึกษาจึงได้ให้คะแนน RFM ดังตารางที่ 1 - 3 ต่อไปนี้โดยสูงสุดที่ 20% = 5, ถัดไปอีก 20% = 4 ลดลงไปทีละ 20%

ตารางที่ 1 แสดงการให้คะแนน Recency

ระยะเวลาการใช้บริการล่าสุด	คะแนน
10/2013 – 12/2013	5
07/2013 – 09/2013	4
04/2013 – 06/2013	3
01/2013 – 03/2013	2
01/2012 – 12/2012	1

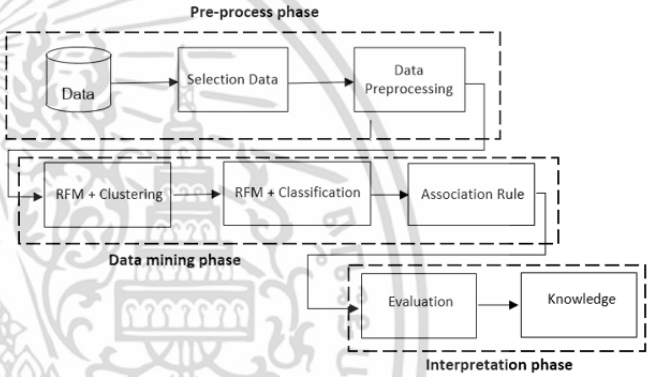
ตารางที่ 2 แสดงการให้คะแนน Frequency

จำนวนการใช้บริการ	คะแนน
มากกว่า 250 ครั้ง	5
มากกว่า 200 ครั้ง	4
มากกว่า 150 ครั้ง	3
มากกว่า 100 ครั้ง	2
ต่ำกว่า 100 ครั้ง	1

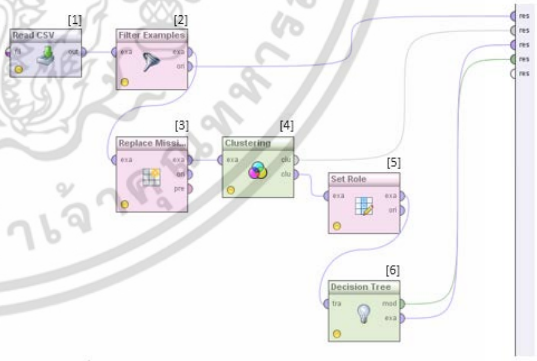
ตารางที่ 3 แสดงการให้คะแนน Monetary

มูลค่าเงิน	คะแนน
มากกว่า 800,000 บาท	5
มากกว่า 600,000 บาท	4
มากกว่า 400,000 บาท	3
มากกว่า 200,000 บาท	2
น้อยกว่า 100,000 บาท	1

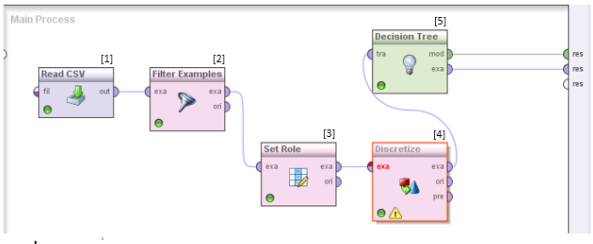
ผู้วิจัยได้เลือกใช้กฎการแบ่งกลุ่มแบบ Clustering เพื่อทำการค้นหาผลการจัดกลุ่มในที่นี้ได้นำอัลกอริทึม K-Means มาใช้ในการแบ่งกลุ่มและใช้เทคนิคการจำแนกประเภทเพื่อให้เห็นภาพว่าสมาชิกแบบไหนประเภทไหนตกอยู่ในกลุ่มไหน เพื่อนำมาให้ซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์การใช้บริการโดย Association Rule ต่อไป



รูปที่ 2 กระบวนการทำเหมืองข้อมูล

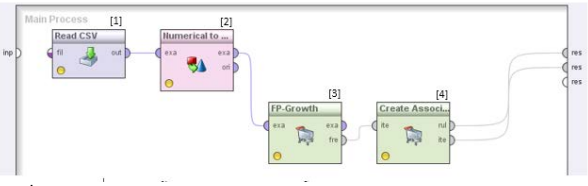


รูปที่ 3 การสร้าง K-Means process โดย RapidMiner Studio



รูปที่ 4 การสร้าง Classification process โดย RapidMiner Studio

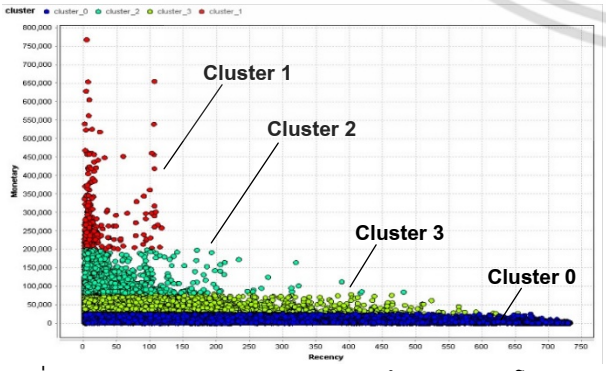
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 การสร้าง Association process โดย RapidMiner Studio

การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ จะต้องนำแบบจำลองที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูลในรูปแบบการแบ่งกลุ่มของลูกค้า การจำแนกกลุ่มของลูกค้าและ การทำแบบจำลองความสัมพันธ์ของการใช้บริการของลูกค้า โดยหลังจากการวิเคราะห์แล้วจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้บริการของลูกค้าแต่ละกลุ่ม เพื่อให้นำไปใช้งานได้อย่างสะดวกที่สุด ฝ่ายขายสามารถนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้กับระบบที่มีอยู่แล้ว การนำไปใช้ที่ชัดเจนที่สุดคือ การออกโปรโมชั่นให้กับลูกค้าโดยอาศัยความสัมพันธ์จากแบบจำลองที่ได้ เช่น ถ้าหากลูกค้ามาจากกลุ่มย่อยที่ 1 ฝ่ายขายจะต้องส่งข้อมูลบริการ รวมถึงข้อมูลโปรโมชั่นที่ลูกค้ากลุ่มนั้นให้ความสนใจและมีโอกาสที่จะใช้บริการอื่นๆ ที่ต่อเนื่องกันให้กับลูกค้าในกลุ่มนั้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการให้บริการประเภทอื่นๆ

จากการทดลองกับข้อมูลกลุ่มสมาชิกที่ใช้บริการในปี 2012 - 2013 จำนวน 149,831 ราย หลังจากการ cleansing ข้อมูลแล้วจำนวนกลุ่มที่สมาชิกที่นำมาทดลองทั้งหมด 62,496 ราย จากจำนวนสมาชิกอายุระหว่าง 18-80 ปี ผลที่ได้จากการทำการทดลองแบบการจัดกลุ่ม โดยใช้อัลกอริทึม K-Means เนื่องจากปัจจัยด้านราคาของราคาตั๋วเครื่องบินในการใช้บริการนั้นมีอัตราที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้ผลของการจัดกลุ่มออกมาในรูปแบบการเรียงลำดับของข้อมูล ทำให้เห็นว่ากลุ่ม Cluster 1 ที่มีค่า Monetary ในกลุ่มสูงที่สุดจะอยู่บนสุดซึ่งมูลค่าการใช้เงินสูงสุดในกลุ่มนั้นมีมูลค่าถึง 750,000 บาท และกลุ่ม Cluster 2 เป็นกลุ่มสองที่มีค่า Monetary ออกมาเป็นลำดับสอง โดยจะเห็นได้ว่ากลุ่ม Cluster 0 เป็นกลุ่มล่างสุดและมีจำนวนสมาชิกมากที่สุด ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีค่า Recency, Frequency, Monetary ต่ำสุดนั่นเอง



รูปที่ 6 ผลจากการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม K-Means โดยแกน x คือ Recency และแกน y คือ Monetary

กลุ่มที่ 1 Cluster 0 จำนวน 50,935 ราย พฤติกรรม : สมาชิกมีค่า RFM ในเกณฑ์ที่ต่ำคือมี Recency Frequency และ Monetary ในการใช้บริการซึ่งถือเป็นว่ากลุ่ม Strangers ถือเป็นลูกค้าที่มีกำไรต่ำและซื้อสินค้าหรือบริการจากเราในระยะสั้นจากการใช้บริการส่วนใหญ่จะบินในเส้นทางหลักๆ ดอนเมือง และเชียงใหม่ จะชอบเลือกที่นั่งริมหน้าต่าง ไม่ได้ซื้อตั๋วในช่วงโปรโมชั่น จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าเป็นกลุ่มที่อยู่ลำดับล่างสุด โดยจากการทำ Association rules แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างความสัมพันธ์การใช้บริการภายในกลุ่มที่ 1 จำนวน 2 กฎ โดยกำหนดค่าสนับสนุนไว้เพียง 0.1 และค่าความเชื่อมั่นต่ำสุดเท่ากับ 0.5 เนื่องจากกลุ่มที่ 1 นั้นมีการใช้บริการที่ต่างกันน้อยมาก หากกำหนดค่าสนับสนุนและค่าความเชื่อมั่นมากเกินไป จะทำให้หากฎความสัมพันธ์ภายในกลุ่มไม่ได้เลย โดยจากความสัมพันธ์ที่หาได้ จะเห็นได้ว่าสมาชิกในกลุ่มนี้มักจะเดินทางเชียงใหม่ ดอนเมืองร้อยละ 82.1 จากค่าความเชื่อมั่น 0.821 และเดินทางหาดใหญ่ ดอนเมืองร้อยละ 87.5 จากค่าความเชื่อมั่น 0.875 จากทั้งสองความสัมพันธ์นั้นแสดงให้เห็นถึงโอกาสที่จะเกิดกฎทั้งสองนั้นคือค่าสนับสนุนที่ 0.187 และ 0.159 หรือ จากกฎอื่นเช่น หากมีการเดินทางเชียงใหม่ อุดรธานี มีความเป็นไปได้ที่จะเดินทางต่อมาดอนเมือง ร้อยละ 81.1 จากค่าสนับสนุน 0.024

กลุ่มที่ 2 Cluster 1 จำนวน 275 ราย พฤติกรรม : สมาชิกในกลุ่มนี้จะมี Recency, Frequency และ Monetary เยอะกว่ากลุ่มที่ 1 และจะไม่ค่อยได้สนใจซื้อตั๋วในช่วงโปรโมชั่นเท่าไหร่นักสมาชิกกลุ่มนี้จัดอยู่ในกลุ่ม True Friends ลูกค้าที่มีกำไรสูงและซื้อสินค้าหรือบริการจากเราเป็นระยะเวลานาน จากการทำ Association rule กำหนดค่าสนับสนุนไว้เพียง 0.1 และค่าความเชื่อมั่นต่ำสุดเท่ากับ 0.5 เพื่อให้เห็นค่าความสัมพันธ์ที่ชัดเจนขึ้นจะเห็นกฎที่ว่าลูกค้าบางคนที่มีการเดินทางเชียงใหม่ สุราษฎร์ธานีก็อาจจะมีการใช้บริการบินไปยัง พิษณุโลก หรือเดินทาง ดอนเมือง เชียงใหม่ สุราษฎร์ธานี พิษณุโลก ด้วยร้อยละ 50 จากค่าความเชื่อมั่นที่เท่ากัน 0.500 จากค่าสนับสนุน 0.105 และเดินทางเชียงใหม่ หาดใหญ่ นครศรีธรรมราช จากค่าความเชื่อมันที่ 0.507 ค่าสนับสนุนที่ 0.135 คือโอกาสที่จะเกิดกฎนี้เพียงร้อยละ 13.5 หากเกิดแล้วโอกาสที่จะเป็นไปตามกฎนั้นเท่ากับร้อยละ 50.7 ซึ่งจากความสัมพันธ์ที่ได้มีความน่าสนใจตรงที่การเดินทางไปพิษณุโลก ซึ่งไม่ใช่เส้นทางหลักและเห็นได้ว่ามีการเดินทางที่น่าสนใจในอนาคต แม้จะมีโอกาสน้อยแต่คุณภาพของกฎนั้นจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ดีสังเกตได้จากค่า Lift ซึ่งคือหน่วยวัดความสัมพันธ์ของกฎในแต่ละกฎนั้นจะมีค่ามากกว่า 1 ขึ้นไป

กลุ่มที่ 3 Cluster 2 จำนวน 1,930 ราย พฤติกรรม : สมาชิกในกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มที่มี Recency, Frequency ในการใช้บริการค่อยข้างบ่อยไม่ค่อยสนใจซื้อตั๋วในช่วงที่มีโปรโมชั่นทำให้เกิด Monetary ที่สูง มักจะเดินทางในช่วงวันธรรมดา จันทร์ – ศุกร์ และชอบเลือกที่นั่งริมหน้าต่าง สมาชิกในกลุ่ม Butterflies ลูกค้าที่พร้อมจะเปลี่ยนไปได้ทุกเมื่อ (ลูกค้าที่มีกำไรสูง และซื้อสินค้าหรือบริการจากเราในระยะสั้น) Association rule

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เห็นกฎการใช้บริการภายในกลุ่มที่ 3 กำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 0.5 และค่าสนับสนุนที่ 0.1 เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ได้ ซึ่งจะได้ว่ามีเส้นทางที่ได้มาอีก 1 เส้นทางในกลุ่มนี้ที่ไม่ค่อยได้เห็นนักในกฎข้องที่ 4 และ 5 เป็นการเดินทาง ตรัง นครศรีธรรมราช ดอนเมือง ร้อยละ 51 จากค่าความเชื่อมั่น 0.512 ค่าสนับสนุนที่ 0.076 แม้โอกาสที่จะเกิดกฎดังกล่าวจะน้อยแต่ถือว่ามีความน่าสนใจในกลุ่มนี้ โดยมีค่า Lift มากกว่า 1 ซึ่งเป็นหน่วยวัดความสัมพันธ์ของกฎนั้นพบว่ากฎความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ได้มาอยู่ในเกณฑ์ดี

กลุ่มที่ 4 Cluster 3 จำนวน 9,356 ราย พฤติกรรม : สมาชิกในในกลุ่มนี้ถือว่าเป็นกลุ่มที่ Barnacles ลูกค้าที่มีกำไรต่ำ เพราะมี Frequency Monetary ในการใช้บริการข้อนข้างต่ำ แต่ยังมี Recency ในการใช้บริการอยู่ โดยจากทดลองกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 0.5 และค่าสนับสนุนที่ 0.1 เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ จะได้กฎความสัมพันธ์ทั้งหมด 80 กฎ กฎที่น่าสนใจคือกฎที่ 1, 2 คือการเดินทางน่าน เชียงใหม่ ดอนเมือง โดยค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 51.3 และค่าสนับสนุนที่ 0.026 และกฎข้อ 7, 8 เดินทาง สกลนคร สุราษฎร์ธานี ดอนเมือง ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 53.4 และค่าสนับสนุนที่ 0.031 โดยเส้นทาง น่าน และสกลนครเป็นเส้นทางที่ไม่ใช่เส้นทางหลักในการใช้บริการจะเห็นได้ว่าลูกค้ากลุ่มนี้มีการเดินทางไปสกลนคร และน่าน แต่อย่างไรลูกค้ากลุ่มนี้ก็ไม่เหมาะที่จะทำการตลาดด้วยนักเนื่องจาก Monetary ในการใช้บริการค่อนข้างต่ำ แต่ยังมีการใช้บริการอยู่เรื่อยๆ

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองหลังจากการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม K-Means ผลจากการแบ่งกลุ่มนั้นนอกจากทราบถึงลักษณะพฤติกรรมการใช้งานของลูกค้าแล้ว การประยุกต์ใช้ค่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มทางการตลาด หรือ RFM สามารถช่วยให้ทราบถึงอันดับความสำคัญของกลุ่มลูกค้า ซึ่งเป็นประโยชน์มากในการทำธุรกิจ ช่วยสร้างกลยุทธ์ในการให้บริการหรือกลยุทธ์ทางการตลาด ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนจากชุดข้อมูลลูกค้าบริษัทจะแบ่งกลุ่มออกมาได้ 4 กลุ่ม ผลของการจัดกลุ่มออกมาในรูปแบบการเรียงลำดับของข้อมูล ผลลัพธ์จากการทำ K-Means และ Decision Tree จะเห็นได้ว่ากลุ่มสมาชิกที่ตกอยู่ในกลุ่มที่ 2 และ 3 ความน่าสนใจที่สุด โดยที่กลุ่ม Cluster ที่ 1 มี centroid Recency ในการใช้บริการอยู่ที่ 19.57 Frequency ในการใช้บริการอยู่ที่ 126.62 และ centroid ของ Monetary ในการใช้บริการอยู่ที่ 282,235 บาท และ กลุ่ม Cluster ที่ 2 มี centroid Recency ในการใช้บริการอยู่ที่ 26.55 Frequency ในการใช้บริการอยู่ที่ 63.66 และ centroid ของ Monetary ในการใช้บริการอยู่ที่ 120,446.24 บาท ด้านพฤติกรรมการใช้งานทั่วไป นั้น ส่วนใหญ่ทั้ง 4 กลุ่ม มีลักษณะพฤติกรรมการใช้งานที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน คือเดินทางจากเส้นทางหลักๆ แต่เมื่อวิเคราะห์แล้วมีกลุ่มที่น่าสนใจอยู่ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 2 และ 3 ที่เหมาะแก่การทำการตลาดมากที่สุดเนื่องจากเป็นกลุ่มที่ก่อรายได้ให้กับบริษัทมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่บริษัทสนใจ

จากการแบ่งกลุ่มข้อมูลข้างต้นนั้นจะเห็นว่า การนำเทคนิคการแบ่งกลุ่มทางการตลาด หรือ RFM เข้ามาช่วยในการแบ่งกลุ่มจะสามารถช่วยให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของกลุ่มแต่ละกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากแต่การคำนวณค่า RFM นั้นของลูกค้าแต่ละรายนั้นประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ อันได้แก่วันที่เข้าใช้บริการล่าสุด เพื่อบอกถึงสถานะ Recency ของผู้ใช้จำนวนเที่ยวบินทั้งหมดเพื่อให้ทราบถึง Frequency ในการใช้บริการของลูกค้าและ Monetary คือจำนวนเงินเพื่อบ่งบอกถึงรายได้ที่ได้รับจากลูกค้ารายนั้นๆ ดังนั้นโอกาสที่ค่า RFM ของลูกค้าแต่ละรายมีจำนวนเท่ากันหากแต่เกิดจากปัจจัยที่แตกต่างย่อมสามารถเป็นไปได้ หรือการที่มีค่า RFM สูงอาจจะไม่ได้เป็นลูกค้าชั้นดีหรือมีความสำคัญมากเสมอไป ขึ้นกับมุมมอง และการให้ความสำคัญในแต่ละปัจจัยโดยอาจจะแตกต่างไปในแต่ละช่วงเวลา หรือนโยบายของผู้บริหาร

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้คำปรึกษาและตรวจสอบงานสารนิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความรู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] Dick Alan and Basu Kunal, “Customer Loyalty: Toward an Integrated Conceptual Framework,” Journal of the Academy of Marketing Science, vol.37, no.2, pp. 170-180, 1994.

[2] Arjun Chaudhuri and Morris B. Holbrook, “The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: the role of brand loyalty,” Journal of Marketing, vol.65, no.2, pp.81-93, 2001.

[3] Werner J. Reinartz and V. Kumar, “The mismanagement of customer loyalty,” Harvard business review, vol.80, no.7, pp.86-95, 2002.

[4] วามิณี นิยากาศ, การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้บริการของลูกค้าอินเทอร์เน็ตแบงก์กิ้งด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ 2 ขั้นตอนและ RFM Analysis, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549

[5] Jehn-Yih Wong and Pi-Heng Chung, “Retaining Passenger Loyalty through Data Mining: A Case Study of Taiwanese Airlines,” Transportation Journal (American Society of Transportation & Logistics Inc), vol.47, pp.17-29, 2008

[6] Derya Birant, “Data Mining Using RFM Analysis,” [Online]. Available:http://www.intechopen.com/books/knowledge-oriented-applications-in-data-mining/data-mining-using-rfm-analysis. [Accessed: January 21, 2011].

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบูรณาการ MATLAB กับ ระบบพีแอลซี S7-300 กรณีศึกษาการตรวจจับขวด

Integration MATLAB and S7-300 PLC System; Case study in Bottle Detecting

นายสะกล คำแผ่น[1], ไสว พงศ์สวัสดิ์[2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 หมู่1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1] Sakol2499@hotmail.com
[2] klsawai@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ นำเสนอการประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพขวดที่อยู่บนสายพานลำเลียง มาทำการวิเคราะห์หาจำนวนและความหนาแน่นของจำนวนขวดต่อพื้นที่สายพานลำเลียงล่วงหน้าแทนการใช้ตัวเซนเซอร์หรือลิมิตสวิตซ์ที่จะรับรู้ข้อมูลเมื่อขวดต้องมาถึงตำแหน่งตรวจจับ โดยข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลภาพจะถูกนำไปใช้งานร่วมกับโปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนสายพานลำเลียง เพื่อทำการปรับความเร็วของสายพานให้สอดคล้องกับปริมาณขวด ซึ่งในบทความได้ใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลจำนวนขวดในบริเวณพื้นที่ ที่กำหนดและนำส่งข้อมูลผ่าน OPC (OLE for Process Control) ให้กับโปรแกรมควบคุม ในระบบพีแอลซี S7-300 เพื่อทำการควบคุมระบบขับสายพานลำเลียง ผลของการทดลองการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมดังกล่าวผ่าน OPC แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลปริมาณขวดได้และสามารถทำงานร่วมกันได้จริง

คำสำคัญ: สายพานลำเลียง OPC พีแอลซี เซนเซอร์ ความหนาแน่นของจำนวนขวด

Abstract

This paper describes an implementation of using camera to capture image of bottle on conveyor belt. The image analysis will be done in order to determine a density of number of bottles (DNB) instead of using sensor or limit switch which activate when bottles arrived to detecting point of the sensor. The data from the image processing to be used in conjunction with the drive control system in order to adjust the belt speed in accordance with the amount of bottles in assigned zone on the conveyor. The image analysis will be done by MATLAB to obtain information on the number of bottles in the specific area. The data from MATLAB will be sent via OPC to S7-300 PLC for the motor speed control system. The experiment result shows that the system can exchange information and can actually work together.

Keywords: Conveyor belt, OPC, PLC, Sensor, DNB

1. คำนำ

ในสายการผลิตที่ใช้ขวดเป็นบรรจุภัณฑ์และใช้โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์หรือลิมิตสวิตซ์ เป็นตัวตรวจจับขวดที่เข้ามาในสายการผลิต หรือ สายพานลำเลียง ซึ่งบางครั้งในสายการผลิตที่ใช้ขวดเป็นบรรจุภัณฑ์ จะต้องนำผลจากตัวตรวจจับดังกล่าว เป็นตัวแสดงผลการนับจำนวนขวดและจับความหนาแน่นของจำนวนขวดที่อยู่บนสายพานลำเลียง เพื่อปรับความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพาน ผลของการตรวจจับที่ต้องให้ขวดสัมผัสกับลิมิตสวิตซ์ อาจจะทำให้ขวดเกิดการเบียดกับตัวสวิตซ์แล้วทำให้ขวดผิดรูปไป อีกทั้งเกิดความล่าช้าในการที่จะตรวจจำนวนขวดในสายพานลำเลียงเนื่องจากต้องรอให้ขวดเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งตรวจจับก่อน ตัวตรวจจับหรือลิมิตสวิตซ์จึงจะสามารถตรวจจับได้ เป็นผลให้บางครั้งขวดเกิดการเบียดกันจนผิดรูปหรือล้ม หรือถ้าเป็นขวดแก้วก็อาจทำให้ขวดแตกได้ การประยุกต์ใช้การสื่อสารระหว่างกล้อง กับกล่องประมวลผลรูปภาพและพีแอลซี สามารถช่วยควบคุมจำนวนและความหนาแน่นของจำนวนขวดปรกติบนสายพานลำเลียงได้ 90% และ ช่วยแก้ปัญหาเรื่องขวดแตกได้ [1] โดยในบทความนี้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันมาประยุกต์ทำงานร่วมกัน ซึ่งสะดวกและไม่จำเป็นต้องสร้างฮาร์ดแวร์ขึ้นมาใหม่ โดยการใช้กล้องที่มีความละเอียด 2592 x 1936 พิกเซล มาทำการถ่ายภาพขวดที่อยู่บนสายพานลำเลียง มาวิเคราะห์หาจำนวนและความหนาแน่นของจำนวนขวดต่อพื้นที่สายพานลำเลียงแล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้งานร่วมกับโปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนของสายพานลำเลียง เพื่อทำการปรับความเร็วของสายพานให้สอดคล้องกับปริมาณขวด โดยในบทความได้ใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลจำนวนขวดในบริเวณพื้นที่ ที่กำหนดและนำส่งข้อมูลผ่าน OPC ให้กับโปรแกรมควบคุม ระบบพีแอลซี S7-300 เพื่อทำการควบคุมระบบขับสายพานลำเลียงให้สอดคล้องกับปริมาณหรือความหนาแน่นของจำนวนขวดที่กำหนด ผลของการทำลองการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมดังกล่าวผ่าน OPC แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้จริงและสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปประยุกต์ใช้เพื่อแทนการ ใช้งานหรือลดการใช้ตัวตรวจจับ อีกทั้งข้อมูลที่ผ่าน OPC สามารถนำไปเชื่อมโยงกับโปรแกรม Excel เพื่อจัดทำข้อมูลหรือรายงานต่างๆ ต่อไปได้

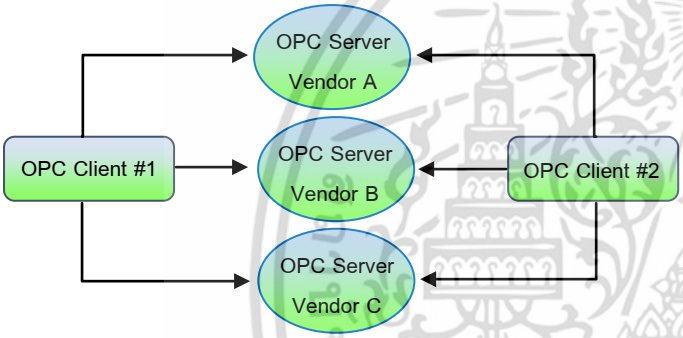
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รูปแบบการสื่อสาร

บทความนี้จะใช้ OPC เป็นจุดศูนย์กลางในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโปรแกรมและอุปกรณ์ต่างๆ

2.1 ภาพรวม OPC

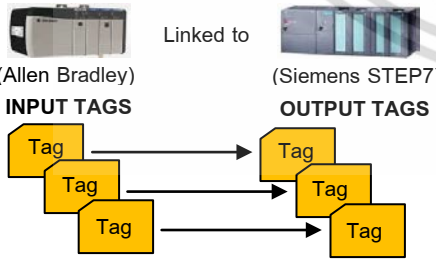
OPC Foundation ตั้งขึ้นในปี ค.ศ 1994 เป็นสมาคมอุตสาหกรรมที่สร้างและรักษา มาตรฐานสำหรับการเชื่อมต่อแบบเปิด ของอุปกรณ์ในระบบอุตสาหกรรมอัตโนมัติ ในปี ค.ศ 1996 ได้เริ่มพัฒนา OPC (OLE for Process Control) โดยการร่วมมือกับบริษัทเอกชนในกลุ่มอุตสาหกรรมอัตโนมัติ และต่อมาในปี ค.ศ. 2011 ได้ให้ความหมายตัวย่อใหม่ของ OPC เป็น รูปแบบการสื่อสารแบบเปิด (Open Platform Communications) การเชื่อมต่อระหว่าง OPC เซิร์ฟเวอร์และ OPC ไคลเอนต์ สามารถที่จะเชื่อมต่อได้มากกว่าหนึ่งการเชื่อมต่อ ที่มาจากต่างผู้ผลิตกัน [2] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อระหว่าง OPC เซิร์ฟเวอร์ และ ไคลเอนต์

2.2 OPC ที่ใช้ในบทความนี้

บทความนี้จะใช้ KEPware OPC ซึ่งจะมีฟังก์ชันการสื่อสารข้อมูลระหว่าง ไคลเอนต์ เซิร์ฟเวอร์ และ อุปกรณ์ โดยใช้แท็กขั้นสูง (Advance Tags) ที่เป็นลิงค์แท็ก (Link Tag) ซึ่งมีทั้งการเชื่อมต่อแบบธรรมดา และการเชื่อมต่อแบบมีเงื่อนไข

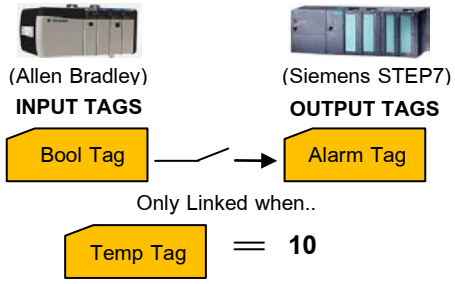


Setting: Update Rate 1000 ms

Conduct link on: Input value Change

รูปที่ 2 การส่งข้อมูลด้วย Tag ระหว่างอุปกรณ์

จากรูปที่ 2 กลุ่มข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทาง จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ทุกๆ 1000 ms หากค่าอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าก่อนหน้า



Setting: Scan Rate of Monitored Tag 1000 ms

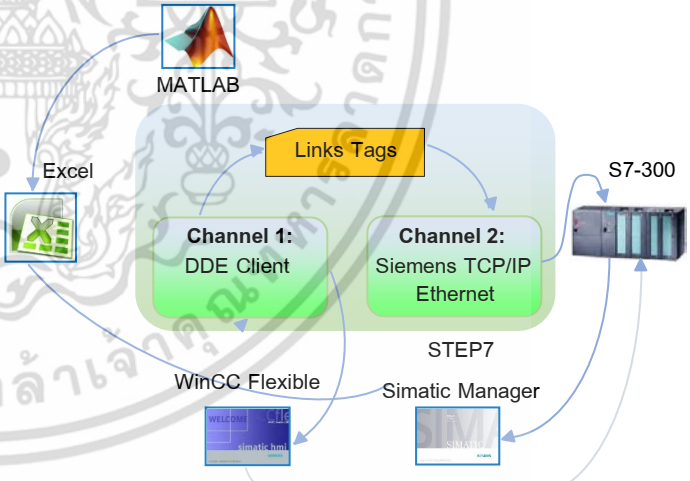
Conduct link on: Temp Tag = 10

รูปที่ 3 การส่งข้อมูลด้วย Tag แบบมีเงื่อนไข

จากรูปที่ 3 ข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทาง จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ทุกๆ 1000 ms หากตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด คือ Temp Tag=10

3. การออกแบบระบบและการสื่อสาร

บทความนี้ได้ออกแบบโครงสร้างการสื่อสารดังรูปที่ 4 ที่มีรูปแบบการส่งข้อมูลจาก MATLAB ไปยัง MS Excel ก่อนที่จะผ่าน OPC เพื่อลิงค์แท็ก ไปยังระบบพีแอลซี S7-300 ในขณะเดียวกันก็สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงยังหน่วยแสดงผล WinCC Flexible ซึ่งมี OPC Client Driver เดียวกับ MS Excel จึงไม่จำเป็นต้องผ่านลิงค์แท็ก



รูปที่ 4 โครงสร้างการสื่อสารที่ออกแบบ

3.1 การส่งข้อมูลจาก MATLAB ไปยัง OPC

รูปแบบมาตรฐานการส่งข้อมูลจาก MATLAB ไปยัง OPC สามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือใน MATLAB OPC Toolbox [3,9] โดยบทความนี้ออกแบบให้ส่งออกข้อมูลจาก MATLAB ไปเก็บไว้ใน MS Excel ก่อนที่จะส่งต่อไปในส่วนอื่นๆ

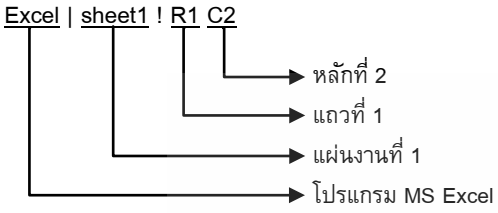
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การรับและส่งข้อมูลผ่าน OPC เซิร์ฟเวอร์

ช่องทางที่1 : ข้อมูลจาก Excel จะถูกเขียนลงไปในแท็กรับข้อมูลโดย DDE Client Server ซึ่งมีรูปแบบมาตรฐาน (Standard DDE Addressing) ดังนี้

<DDE service name>|<Topic name>!<Item name>

เช่น excel|sheet1!R1C2 อธิบายตามรูปที่ 5



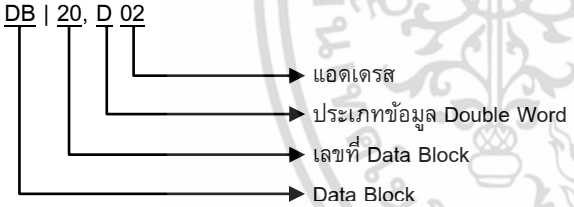
รูปที่ 5 รูปแบบการสื่อสารระหว่าง OPC กับ Excel

จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังช่องทางที่2 ผ่านลิ้งแท็ก ในขณะเดียวกันก็สามารถส่งข้อมูลไปยังหน้าจอแสดงผล WinCC Flexible

ช่องทางที่2 : รับข้อมูลจากช่องทางที่1 ผ่านลิ้งแท็ก ก่อนที่จะส่งไปยังพีแอลซีโดยไดรเวอร์ Siemens TCP/IP Ethernet [4] ซึ่งมีรูปแบบมาตรฐาน (DB Memory Type – Standard S7300/400 Item Syntax) ดังนี้

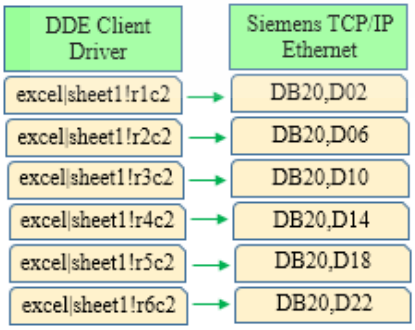
DB<num>,<S7 data type><address> อธิบายตามรูปที่ 6

เช่น DB20,D02



รูปที่ 6 รูปแบบการสื่อสารระหว่าง OPC กับ S7-300

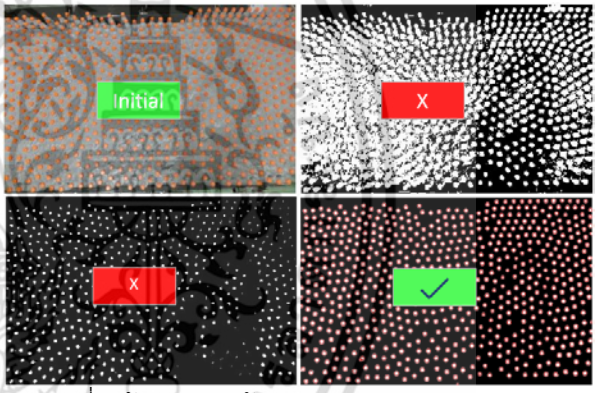
บทความนี้จะกำหนดข้อมูลขึ้นมาทั้งหมดหกชุดตามรูปที่ 7 เพื่อแทนปริมาณความหนาแน่นของจำนวนขวดบนสายพานลำเลียงทั้งหกโซนซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อการวิเคราะห์รูปภาพ



รูปที่ 7 การเชื่อมต่อระหว่าง Device Driver โดยใช้ ลิงค์แท็ก

4. กรณีศึกษาการตรวจจับขวด

บทความนี้จะนำเสนอการใช้ MATLAB ประมวลผลหาความหนาแน่นของจำนวนขวดบนสายพานลำเลียง ซึ่ง MATLAB มีเครื่องมือหลากหลายในการสื่อสารกับกล้องถ่ายรูปเพื่อตรวจจับภาพโดยไม่จำเป็นต้องสร้างฮาร์ดแวร์และโปรแกรมมาใหม่ และ มีเครื่องมือวิเคราะห์รูปภาพมากกว่า 2,000 เครื่องมือ ครอบคลุมทั้งขั้นตอนวิธีการอ้างอิงฟังก์ชันมาตรฐาน แอพพลิเคชั่นสำหรับการประมวลผลภาพ การวิเคราะห์ การแสดง และการพัฒนา อัลกอริทึม ซึ่งได้อธิบายไว้ใน [5,6] ความท้าทายในการประมวลผลภาพทั่วไปก็จะมีทั้ง ขนาดของภาพ ความสว่าง รูปร่างของวัตถุ ขนาดของวัตถุ และสีของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ ดังแสดงใน รูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าภาพความสว่างของพื้นหลังไม่สม่ำเสมอ จึงเป็นอุปสรรคสำหรับการประมวลผล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพโดยการขจัดสัญญาณภาพส่วนที่เกิน และเพิ่มความคมชัดของภาพในส่วนที่ต้องการประมวลผล ซึ่งในบทความนี้ก็คือฝาขวด จะอธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 8 ตัวอย่างการปรับปรุงภาพก่อนทำการประมวลผล

4.1 ขนาดของวัตถุ

จากการทดลองถ่ายภาพขวดในแนวตั้งฉากที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับขวดต่างๆ กันแล้ววัดขนาดของฝาขวดโดยใช้ฟังก์ชัน ‘ imtool ’ จะได้ขนาดของฝาขวดตามตารางที่1 จะเห็นได้ว่าความละเอียดของภาพจะลดลง หรือ ขนาดของพิกเซลจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างกล้องกับขวดเพิ่มมากขึ้น [7]

ตารางที่1 เปรียบเทียบขนาดฝาขวดกับระยะห่างระหว่างกล้อง

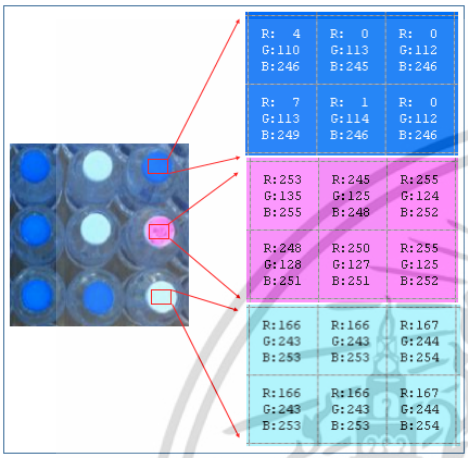
ระยะห่างระหว่างกล้องกับขวด (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยขนาดฝาขวด (พิกเซล)
500	56
1,000	27
1,500	18
1,800	14
2,000	11
2,500	8
3,000	6

ข้อมูลขนาดฝาที่ได้จะเอาไปประมวลผลตรวจจับในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

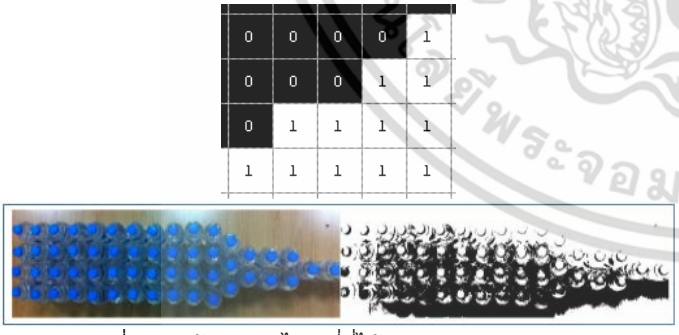
4.2 ความสว่างของวัตถุ

ภาพที่ได้จากอุปกรณ์ถ่ายภาพ บางครั้งจะได้ภาพที่มีความส่องสว่างไม่สม่ำเสมอ ขนาดรูรับแสงเลนส์ก็มีผลกับความความสว่างของภาพเช่นกัน [8] MATLAB จะมีฟังก์ชันในการวัดค่าความสว่างของสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน (RGB : Red Green and Blue) บทความนี้ได้ทดลองวัดค่า RGB สีของฝาขวดสามสีคือ สีน้ำเงิน สีชมพู และ สีขาว ซึ่งจะได้ค่าตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่าความสว่างของภาพ RGB

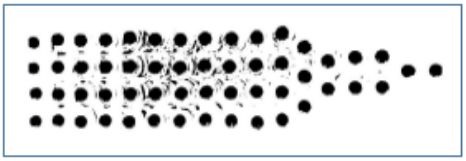
ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาแปลงเป็น ข้อมูลภาพ ขาว-ดำ (Binary image) ดังรูปที่ 10 ก่อนทำการประมวลผลนับจำนวนขวด ซึ่งภาพ ขาว-ดำ นี้จะมี 1 บิต ต่อ พิกเซล โดยค่าสีจะมีแค่สองค่าคือ 0 หรือสีดำ และ 1 หรือสีขาว โดยใช้รูปแบบฟังก์ชัน “ im2bw(I, level) ” เพื่อทำให้เป็นภาพไบนารี่ เมื่อ “ I ” คือภาพที่เราจะนำมาทำการประมวลผล และ “ level ” ค่าที่ใช้ปรับระดับความสว่าง



รูปที่ 10 ค่าข้อมูลแบบไบนารี่ที่ได้จากการประมวลผลภาพ

4.3 การปรับละเอียดระดับสี ขาว-ดำ

จากขั้นตอนก่อนหน้านี้อาจจะยังได้ภาพที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากเงาที่มีอยู่ในภาพเริ่มต้น จะเห็นได้ว่าพื้นหลังของภาพมีความสว่างไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ภาพหลังจากที่ทำให้เป็นภาพ ขาว-ดำ มีภาพรบกวนวัตถุที่ต้องการนับ เราจึงทำการปรับละเอียดอีกรอบโดยระบุค่าระดับ (level) ให้เหมาะสมกับความสว่างของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพมากขึ้นดังรูปที่ 11

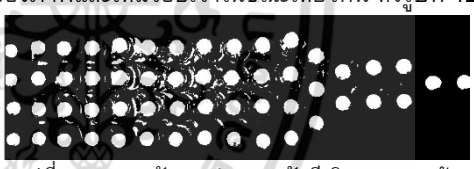


รูปที่ 11 ภาพหลังจากปรับค่าระดับความสว่าง

การแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพไบนารี ภาพจะแทนที่พิกเซลทั้งหมดในภาพที่นำเข้าด้วยลอจิก 1 (สีขาว) และ 0 (สีดำ) Level จะช่วยปรับละเอียดอยู่ในช่วง (0,1) ช่วงนี้จะสัมพันธ์กับระดับสัญญาณของภาพ ดังนั้นค่าระดับ 0.5 เป็นค่ากึ่งกลางระหว่างสีดำและสีขาวโดยไม่คำนึงถึงระดับมาตรฐานของภาพไบนารี

4.4 การเติมเต็มรูปภาพวัตถุ

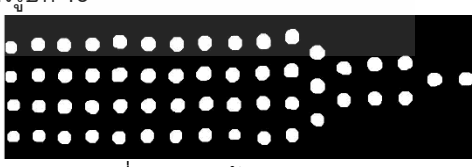
ภาพวัตถุที่ได้จากขั้นตอนการปรับละเอียดก่อนหน้านี้อาจมีรอยเว้าหรือฉีกและไม่สมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องดำเนินการในขั้นตอนต่อไป โดยจะแทนที่สีขาวด้วยสีดำทั้งหมด โดยใช้ฟังก์ชัน “ imcomplement ” เพื่อคำนวณคุณสมบัติของภาพ ซึ่งภาพสามารถเป็นไบนารี สีเทา หรือภาพ RGB ก็ได้ ถ้าเป็นภาพไบนารี่ 0 จะกลายเป็น 1 และ 1 จะกลายเป็น 0 สีดำและสีขาวจะสลับกัน แต่ถ้าเป็นภาพ RGB ค่าแต่ละพิกเซลจะถูกหักออก จากค่าพิกเซลสูงสุดที่สนับสนุนและความแตกต่างถูกนำมาใช้เป็นค่าพิกเซล บริเวณที่มืดกลายเป็นสว่างและพื้นที่สว่างจะกลายเป็นสีเข้ม จากนั้นทำการเพิ่มส่วนที่ขาดหายโดยใช้ฟังก์ชัน “ imfill ” หลังจากทำการสลับสีของภาพและเติมรอยเว้าในขณะเดียวกัน ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ภาพหลังจากทำการสลับสีเติมและรอยเว้า

4.5 การตัดภาพรบกวน

จากขั้นตอนก่อนหน้านี้จะเห็นได้ว่ายังมีภาพรบกวนอยู่ ฟังก์ชัน “ strel ” และ “ imopen ” จะสร้างองค์ประกอบโครงสร้าง ประเภทและขนาดของวัตถุที่ระบุโดยรูปร่าง Strel ยังสามารถใช้กับพารามิเตอร์เพิ่มเติมได้ เช่น ต้องการเฉพาะวัตถุที่มีลักษณะเป็นแผ่นกลมที่มีรัศมีตั้งแต่ 10 พิกเซลขึ้นไป วัตถุที่มีรัศมีน้อยกว่า 10 พิกเซลจะถูกลบออกจากภาพ ดังรูปที่ 13



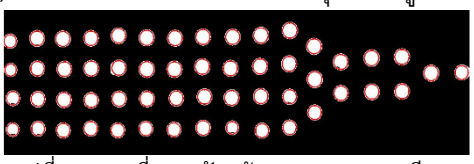
รูปที่ 13 ภาพหลังจากลบส่วนเกิน

4.6 การประมวลผลตรวจจับภาพ

มาถึงขั้นตอนนี้ เราได้ภาพที่สมบูรณ์และพร้อมที่จะหาฝาซึ่งเป็นวัตถุวงกลม โดยใช้ฟังก์ชัน “imfindcircles” ที่มีรัศมีอยู่ในช่วงที่เราต้องการตรวจสอบ ช่วงของรัศมีสำหรับวัตถุทรงกลมที่ต้องการกาตรวจสอบจะระบุเป็นเวกเตอร์ สององค์ประกอบ [Rmin Rmax] ของจำนวนเต็มใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

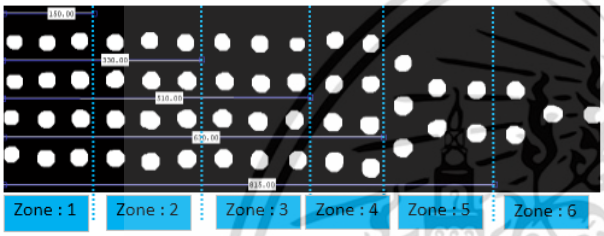
ในขณะเดียวกันเมื่อตรวจสอบพบแล้วก็ให้เขียนวงกลมลงไปในฝานั้นๆ (Viscircles) เพื่อให้มั่นใจว่าตรวจสอบฝาครบทุกฝา ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ภาพที่ตรวจนับแล้วจะถูกวาดวงกลมสีแดง

4.7 คำนวนหาความหนาแน่นของจำนวนขวดในแต่ละโซน

ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนการตรวจจับภาพนี้คือตำแหน่งจุดศูนย์กลาง X,Y ของฝาแต่ละฝา ดังนั้นเราจึงสามารถประมวลผลหาความหนาแน่นของจำนวนขวดในแต่ละโซนได้โดยกำหนดแนวแกน X เป็นหลัก จากขั้นตอนก่อนหน้านี้จำนวนขวดทั้งหมดที่นับได้คือ 55 ขวด และจำนวนขวดในแต่ละโซนดังแสดงรูปที่ 15 ในหัวข้อผลการทดลอง

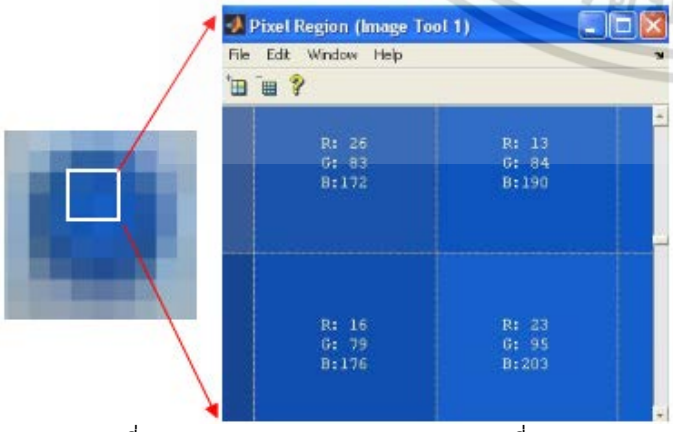


รูปที่ 15 กำหนดขอบเขตแต่ละโซนในแนวแกน X

5. ผลการทดลอง

จากรูปที่ 16 และ ตารางที่ 2 จะแสดงความคมชัดของภาพที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับขวด ตั้งแต่ 500, 1,000, 1,500, 1,800, 2,000, 2,500, และ 3,000 มิลลิเมตร(มม.) ตามลำดับ ซึ่งจากการวัดขนาดของฝาและเปรียบเทียบค่าพิกเซลก่อนและหลังการปรับปรุงภาพ จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นผิดพลาดจะสูงขึ้นที่ระยะห่างมากขึ้นเนื่องจากความละเอียดค่าพิกเซลของภาพลดลง

รูปที่ 16 แสดงความคมชัดของภาพที่ระยะห่าง 500-3,000 มม.



รูปที่ 17 ความค่าความสว่าง RGB ของภาพที่เบลอ

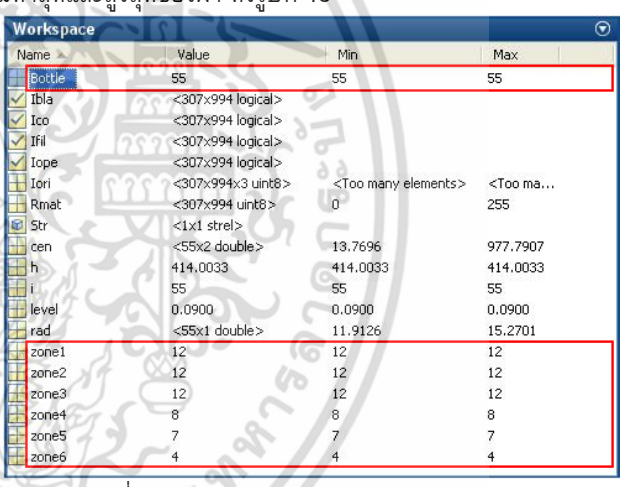
จากรูปที่ 17 ค่าความสว่าง RGB ของแต่ละพิกเซลจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุมากๆ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นความผิดพลาดของขนาดฝา ก่อน และหลังการประมวลผลภาพ

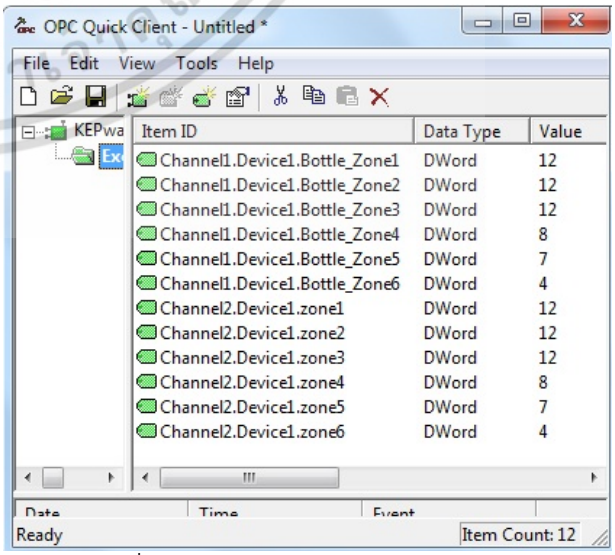
ระยะห่างระหว่างกล้องกับขวด (มิลลิเมตร)	เปรียบเทียบขนาดฝาก่อนและหลังการปรับปรุง (พิกเซล)		เปอร์เซ็นผิดพลาด
	ก่อน	หลัง	
500	56	58	3.57%
1,000	27	28.72	6.37%
1,500	18	18.54	3.00%
1,800	14	16.5	17.86%
2,000	11	13.38	21.64%
2,500	8	12.50	56.25%
3,000	6	-*	100%*

* ที่ระยะห่าง 3,000 มม. ภาพมีขนาดเพียงแค่ 6 พิกเซล ซึ่งไม่ละเอียดเพียงพอ (ภาพเบลอ) จึงไม่สามารถประมวลผลตรวจจับฝาขวดได้

ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล นอกจากจำนวนขวดแล้ว ก็จะมีข้อมูลค่าเฉลี่ยต่างๆ ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด เช่น จุดศูนย์กลาง X,Y และ ค่ารัศมีต่ำสุดและสูงสุดของฝา ดังรูปที่ 18



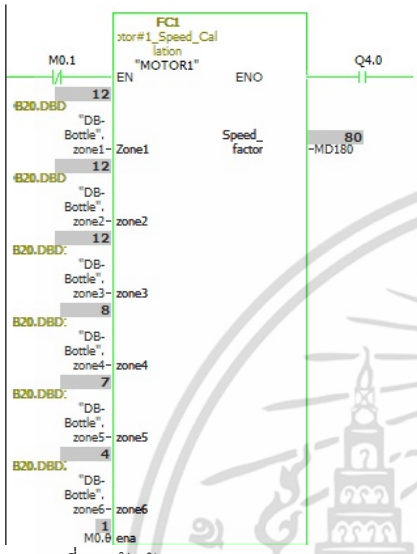
รูปที่ 18 ผลการประมวลผล MATLAB Workspace



รูปที่ 19 ช่องทางการรับและส่งข้อมูลผ่าน OPC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่19 ช่องทางที่1 (Channel1.Device1) จะสื่อสารกับ Excel ที่รอบการสแกนส์ที่ 500 ms ส่วนช่องทางที่2 (Channel2.Device2) จะสื่อสารกับ พีแอลซี S7-300 ที่รอบการแสกนส์ที่ 1,000 ms โดยข้อมูลที่ได้จะถูกส่งผ่าน DB ไปประมวลผลฟังก์ชัน FC1 ที่เป็นโปรแกรมเพื่อควบคุมการขับเคลื่อนความเร็วของระบบสายพานลำเลียง ซึ่ง FC1 ที่พัฒนามาใช้งานแสดงได้ดังรูปที่ 20

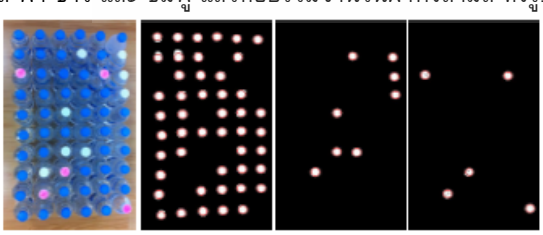


รูปที่ 20 รับข้อมูลจาก OPC ผ่าน DB20

นอกจากการนับจำนวนขวดบนสายพานลำเลียงขวดแล้ว ข้อมูลภาพที่ได้ยังสามารถประยุกต์ใช้เพื่อตรวจนับจำนวนขวดต่อหนึ่งแพ็คว่ามีครบหรือไม่ เพื่อแทนการใช้งานปัจจุบันที่ยังใช้วิธีการชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 21

รูปที่ 21 ตรวจนับจำนวนขวดในแพ็ค

ในบางครั้งผู้ผลิตอาจมีผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิดบนสายพานลำเลียงเดียวกัน ซึ่งอาจมีสีของฝาต่างกัน ในกรณีนี้เราสามารถประมวลผลนับฝาทีละสี ฟ้า ขาว และ ชมพู แล้วค่อยรวมจำนวนฝาทั้งสามสี ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 ตรวจนับฝาขวดที่มีสีแตกต่างกัน

6. สรุป

การบูรณาการ MATLAB กับ ระบบพีแอลซี S7-300 สามารถประมวลผลตรวจจับจำนวนขวดในบริเวณพื้นที่ ที่กำหนดโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันมาประยุกต์ทำงานร่วมกันซึ่งสะดวกและไม่จำเป็นต้องสร้างฮาร์ดแวร์ขึ้นมาใหม่ ซึ่ง MATLAB มีเครื่องมือที่หลากหลายในการสื่อสารกับกล้องถ่ายรูปเพื่อจับภาพและประมวลผลภาพ และนำส่งข้อมูลผ่าน OPC ให้กับโปรแกรมควบคุม ระบบพีแอลซี S7-300 เพื่อทำการควบคุมระบบขับสายพานลำเลียง ผลของการทดลองการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมดังกล่าวผ่าน OPC แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลปริมาณขวดได้และสามารถทำงานร่วมกันได้จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] Pieter P. Jonker, “Image Processing Hardware for Counting Massive Object Streams”, IV Conference D: Architectures for Vision and Pattern Recognition (IAPR), International Conference, 1992, page(s) 31-33.

[2] OPC Foundation, OLE for Process Control Data Access Custom Interface Standard Version 2.5

[3] OPC Toolbox™ User's Guide 2004–2015 by The MathWorks, Inc., http://cn.mathworks.com/help/pdf_doc/opc/opc.pdf

[4] Siemens TCP/IP Ethernet Driver Help © 2015 Kepware Technologies;http://www.kepware.com/support/manuals/siemens-tcp-ip-ethernet-manual.pdf

[5] Image Processing Toolbox™ User's Guide © COPYRIGHT 1993–2014 by The MathWorks, Inc.

[6] Image Acquisition Toolbox™ User's Guide © COPYRIGHT 2013–2015 by The MathWorks, Inc.

[7] Jae-Ho Kim, “Look-up table reduction using the relationship between pixel pitch and reconstructed distance”, Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2010, page(s) 205-204.

[8] L.N. Wayne, “The Automated Inspection of Moving Webs using Machine Vision” IEE Colloquium in Application of Machine Vision, 1995, page(s) 3/1-3/8.

[9] Zhang Lieping. “On Remote Real-time Communication between MATLAB and PLC Based on OPC Technology”. Control Conference Chinese (CCC), 2007, page(s) 545-548.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงสายการผลิตด้วยพื้นฐานแนวคิด MES

Production Line Improvement Based on MES Concept

นางสาวสมฤดี วงค์พรม[1], ไสว พงศ์สวัสดิ์[2]

คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 หมู่1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1] Somruedee.wongprom.a@gmail.com
[2] klsawai@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงสายการผลิตในโรงงานแทนสายการผลิตระบบเดิม ที่จะใช้พนักงานเป็นผู้เก็บข้อมูลการผลิตและการทำงานของเครื่องมือ เครื่องจักรต่างๆ ทำให้ข้อมูลที่ได้ล่าช้าและขาดความแม่นยำโดยในบทความได้ใช้พื้นฐานแนวคิด MES (Manufacturing Execution System) เป็นแนวทางให้การปรับปรุงแต่ละส่วนงาน ด้วยการเริ่มจากส่วนรับข้อมูลการผลิต การตรวจจับสถานะต่างๆในกระบวนการผลิตผ่านตัวตรวจจับ เครื่องมือ เครื่องจักร ตลอดจนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต มานำเสนอแบบเวลาจริง เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการสั่งงาน การวิเคราะห์การผลิต นอกจากนี้ ในบทความได้ประยุกต์ใช้ ระบบ KPIV (Key Process Input Variable) ที่สามารถใส่ข้อมูลการผลิตได้แบบเวลาจริง จึงช่วยให้ง่ายต่อการควบคุมวัตถุดิบ การวางแผนการผลิตและการจัดส่งสินค้า เพื่อช่วยในการติดสินใจดำเนินการต่างๆได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ทั้งที่อยู่ในแผนที่วางไว้หรืออาจเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างกระทันหัน เพื่อให้ระบบการผลิตสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุดัชนีชี้วัดที่กำหนด

คำสำคัญ: สายการผลิต ระบบ MES, ระบบ KPIV, เวลาจริง

Abstract

This paper describes production line improvement based on MES (Manufacturing Execute System). Traditional production line, the data collection of the current production line is a manual process of gathering the information of an equipment machine and raw material. In addition, collected data some time are inefficient system because of the delayed gathering and inaccurate information. Therefore the manufacture have to improve the performance of production line with an automation system based on MES (Manufacturing Execute System) concept. The production line based MES will be able to retrieve real time data from each of production lines. Data from machines, sensors, and raw material are monitor to crucial decision making and production analysis. Furthermore, this paper applied the KPIV (Key Process Input Variable) system to increase the performance of gathering a real time data. For this reason the production line will improve efficiently control of raw material, manufacturing planning and transportation planning that will be an advantage of making an important decision of the management level even unexpected situation. Finally, the production line will have a brilliant performance and achieve the target.

Keywords: Production Line, MES System, KPIV System, Real Time

1. คำนำ

ท่ามกลางการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน การใช้งานเครื่องมือเครื่องจักรในโรงงานได้เต็มประสิทธิภาพ เพื่อให้มีกำไรหรือปรับปรุงประสิทธิภาพของงานให้ได้มากที่สุด เป็นสิ่งที่ทางบริษัทต้องคำนึงถึงและเข้าใจ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน การแสดงผล การจัดการกับเครื่องมือ เครื่องจักรเหล่านั้นให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดตามเป้าหมาย ปรับปรุงคุณภาพสินค้าให้ได้ผลตอบแทนการผลิตมากที่สุด ซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นคือแนวคิดของระบบ MES

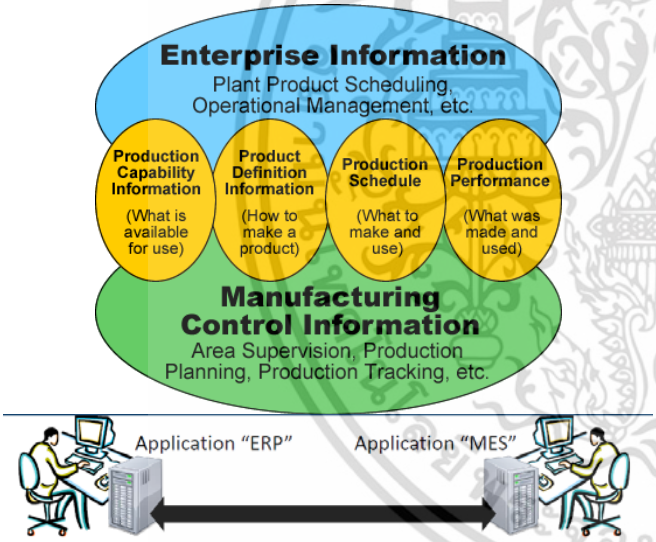
Overall Equipment Effectiveness (OEE) เป็นอีกหนึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพการผลิต แต่ก็เป็นส่วนน้อยที่จะใช้ระบบอัตโนมัติในการวัดประสิทธิภาพหรือหาสาเหตุของการล้มเหลว ของทั้งเครื่องมือเครื่องจักรและกระบวนการการผลิต ดังนั้นระบบการเก็บข้อมูลอัตโนมัติหรือ Automated Data Acquisition (DAQ) จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะใช้เก็บข้อมูลที่สำคัญและปลอดภัยของ OEE Report และยังสามารถส่งข้อมูลประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ เครื่องมือเครื่องจักร และกระบวนการการผลิตได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

สำหรับระบบ DAQ ถูกออกแบบมาเพื่อวัดและเก็บค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญๆ ซึ่งจะประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่ พีแอลซี (PLC) และตัวตรวจจับต่างๆ เป็นต้น และส่วนที่เป็นซอร์ฟแวร์ (Software) ที่จะดึงข้อมูลมาจากฮาร์ดแวร์ หรือกระบวนการผลิต เพื่อเก็บข้อมูลและเปลี่ยนข้อมูลดิบเป็นฐานข้อมูลที่มีความหมาย ตีความได้เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบทั้งในปัจจุบันและอนาคตและเครื่องมือที่สำคัญอีกอย่างคือ KPIV (Key Process Input Variable) คือการที่สามารถใส่ข้อมูลการผลิตได้แบบเวลาจริงโดยข้อมูลการผลิตนั้นอาจจะมีการวางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว หรืออาจเป็นแผนการผลิตแบบกระทันหันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หลักการและทฤษฎี

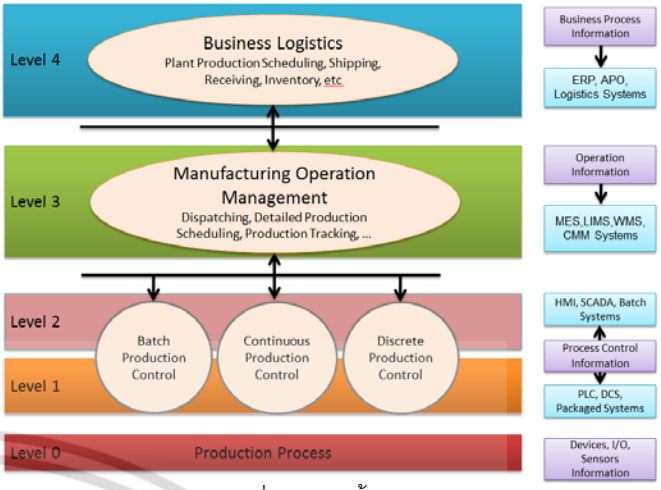
MES เป็นระบบจัดเก็บข้อมูลและสารสนเทศที่ถูกพัฒนามาเพื่อกระบวนการผลิตโดยเฉพาะ โดยจุดประสงค์หลักของการพัฒนาระบบนี้คือรับสถานะข้อมูลแบบเวลาจริงที่เกี่ยวข้องกระบวนการการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการควบคุม การติดตามการผลิตสินค้า การควบคุมคลังวัตถุดิบ ตารางการผลิต การควบคุมขบวนการผลิต ต้นทุนสินค้า การตรวจสอบคุณภาพสินค้า การจัดส่งและการกระจายสินค้า ซึ่งข้อมูลที่ได้มานั้นจะเป็นข้อมูลดิบ ระบบ MES ก็จะหน้าที่รวบรวม จัดเรียง และตีความข้อมูลเหล่านั้น แล้วส่งต่อข้อมูลเหล่านั้นไปยังระบบ ERP (Enterprise Resource Planning) ที่ทำหน้าที่วางแผนทรัพยากรทางธุรกิจขององค์กรโดยรวม เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุดของทรัพยากรทางธุรกิจขององค์กร หากดูจากรูปที่ 1 การแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านล่าง [4] ระบบ MES จะอยู่ในส่วนของ Manufacturing Control Information ส่วนระบบ ERP จะอยู่ในส่วนของ Enterprise Information ซึ่งจะรับข้อมูลมาจากระบบ MES มาคิดวิเคราะห์และวางแผนในระดับองค์กร เพราะฉะนั้นข้อมูลแบบเวลาจริงของระบบ MES จึงมีประโยชน์อย่างมาก



รูปที่ 1 ลักษณะการแลกเปลี่ยนข้อมูล

ถ้าหากแบ่งข้อมูลเป็นระดับชั้นจะแบ่งได้เป็นสี่ระดับตามรูปที่ 2 [4] คือ ข้อมูลระดับองค์กร ข้อมูลระดับการดำเนินการ การผลิต ข้อมูลระดับระบบการทำงาน และข้อมูลดิบที่ได้จากตัววัดต่างๆ

จากรูประดับชั้นข้อมูลด้านล่างจะเห็นว่าระบบ MES จะอยู่ที่ระดับที่สาม ที่ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมระหว่างกระบวนการการผลิตกับกระบวนการทางธุรกิจ



รูปที่ 2 ระดับชั้นข้อมูล

เทคนิคที่สำคัญที่ใช้ในระบบ MES คือระบบ OEE [3] ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัววัดผลเพื่อชี้ให้เห็นว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากเท่าไร และองค์ประกอบของระบบ OEE มีสามส่วนคือ

1. ความพร้อมใช้งาน (Availability) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียอันเนื่องมาจากเวลาที่ต้องหยุดเดินเครื่องจักร
   - การเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร
   - เวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร : การเตรียมพร้อมในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรรวมไปถึงการทำความสะอาด
   - ความสูญเสียแบบอื่นๆ ที่มีผลต่อความพร้อมใช้งาน ได้แก่ ความสูญเสียที่เกิดในช่วงแรกของการเดินเครื่อง เวลาที่ไม่ได้ถูกกำหนดแผนผลิตไว้ เป็นต้น
2. สมรรถนะ (Performance) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียอันเนื่องมาจากความเร็ว
   - ความเร็วในการเดินเครื่องที่ต่ำลง : เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เสถียรหากผลิตที่ความเร็วที่ถูกออกแบบมาหรือเพราะอาจไม่รู้ว่าเครื่องจักรถูกออกแบบมา ให้เดินเครื่องให้เร็วกว่านี้ได้
   - การหยุดเครื่องเล็กๆน้อยๆ : เป็นเหตุการณ์ที่มาขัดจังหวะการไหลของการผลิต
3. คุณภาพ (Quality) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียอันเนื่องมาจากของเสีย
   - ของเสียรอการทำลายและแก้ไขชิ้นงาน
   - ของเสียที่เกิดช่วงแรกของการเดินเครื่อง

และกระบวนการทำงานของ OEE จะแสดงตามรูปที่ 3 ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 กระบวนการทำงานของตัวชี้วัด OEE

1. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวมรวมนั้นก็คือ ข้อมูลความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร สมรรถนะของเครื่องจักร และคุณภาพของผลผลิต ซึ่งคิดออกมาเป็นสัดส่วนระหว่างผลที่ได้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้
2. ขั้นตอนการประมวลผล การคำนาณค่า OEE คือ

   อัตรา OEE = ความพร้อมใช้งาน x สมรรถนะ x คุณภาพ x 100%

   ความพร้อมใช้งาน = เวลาเดินเครื่องจริง / เวลาปฏิบัติงานสุทธิ

   สมรรถนะ = ผลผลิตจริง / ผลผลิตเป้าหมาย

   คุณภาพ = ผลผลิตที่เป็นของดี / ผลผลิตจริง

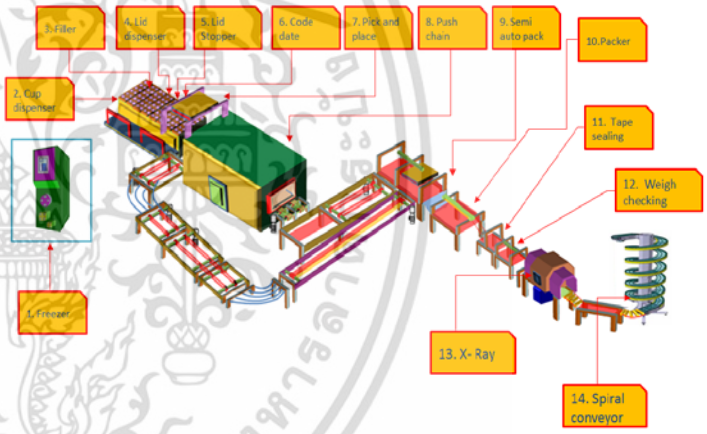
   เมื่อได้ค่า OEE จากการคำนาณมาแล้วก็ต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูล OEE โดยใช้การเก็บรวบรวมแบบอัตโนมัติของระบบ DAQ เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูล
3. ขั้นตอนการรายงานผล ซึ่งผลที่ได้นั้นอาจออกมาในรูปแบบต่างๆมากมาย ไม่ว่าจะเป็นเอ็กเซล กราฟแสดงผล หรือรูปภาพ เพื่อสะดวกในการวางแผนและการคิดวิเคราะห์

เมื่อมีการรายงานผลของกระบวนการการผลิตแบบเวลาจริงแล้ว ก็ถือว่าเป็นประโยชน์อย่างมากที่เราได้รับข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ แต่จะดีมากกว่านั้น หากเมื่อมีการวางแผนแล้วสามารถใช้แผนนั้นแบบเวลาจริงด้วย ดั้งนั้นระบบ KPVI ที่เป็นระบบที่ใช้สำหรับใส่ข้อมูลการผลิตได้แบบเวลาจริงไม่ว่าข้อมูลการผลิตนั้นอาจจะมีการวางแผนล่วงหน้า หรือเป็นแผนแบบกระทันหันก็สามารถโหลดแผนการผลิตนั้นได้ทันที

3. การออกแบบและการจัดทำ

การปรับปรุงสายการผลิตที่กล่าวถึงในบทความนี้เป็นสายการผลิตไอศครีมแบบถ้วย ซึ่งในสายการผลิตนี้มีเครื่องมือ เครื่องจักร และตัววัดสัญญาณ สามารถแบ่งออกได้ 14 จุด ตามรูปที่ 4 ได้แก่

1. Freezer เป็นที่เก็บไอศครีมที่ใช้สำหรับสายการผลิต และที่ห้องนี้ก็ติดตั้ง PLC สำหรับรับข้อมูลของเครื่องมือ เครื่องจักร และตัววัดสัญญาณของสายการผลิต
2. Cup Dispenser คือจุดจ่ายถ้วยไอศครีม
3. Filler คือจุดจ่ายไอศครีมลงถ้วย
4. Lid Dispenser คือจุดจ่ายฝาปิดไอศครีม
5. Lid Stopper คือจุดที่กดฝาปิดไอศครีมให้แน่น
6. Code date เป็นจุดที่ยิงวันผลิตและวันหมดอายุของไอศครีม
7. Pick and Place เครื่องจักรจุดนี้จะยกรางไอศครีมที่อยู่ในถ้วยไปวางที่สายพานเพื่อในไปแพ็คใส่กล่องต่อไป
8. Push Chain จุดนี้เป็นสายพานลำเลียงรางไอศครีม
9. Semi Auto Pack เป็นจุดจ่ายลังใส่ไอศครีม ซึ่ง 1 ลังจะใส่ไอศครีมได้ 124 ชิ้น และส่งรางใส่ไอศครีมกลับไปยังจุดที่ 7
10. Packer จุดนี้จะใช้คนตรวจสอบความเรียบร้อยของไอศครีมในกล่อง
11. Tape Sealing เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยกล่องไอศครีมก็จะถูกส่งมายังจุดนี้เพื่อทำการปิดฝากล่อง
12. Weigh Checking และกล่องไอศครีมก็จะถูกส่งมาชั่งน้ำหนัก เพื่อตรวจสอบปริมาณของไอศครีมในกล่อง
13. X- Ray เครื่องนี้จะตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมในกล่องไอศครีม
14. Spiral Conveyor และกล่องไอศครีมที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกสายพานลำเลียงไปเก็บไว้ที่ห้องเก็บไอศครีมต่อไป



รูปที่ 4 สายการผลิตไอศครีมแบบถ้วย

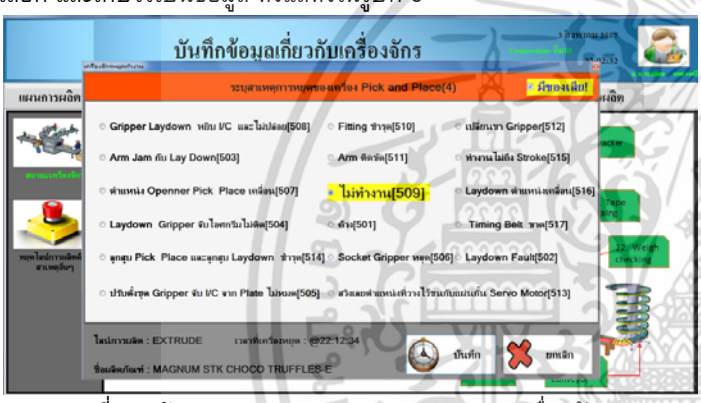
ระบบเดิม การเก็บข้อมูลการผลิต หรือ ข้อมูลเครื่องจักร เช่น หากเกิดการขัดข้องของเครื่องจักร พนักงานที่ดูแลสายการผลิตจะแจ้งต่อหัวหน้างาน หัวหน้างานแจ้งต่อฝ่ายซ่อมบำรุง แล้วจึงเข้ามาซ่อมบำรุงเครื่องจักร ทำให้เสียเวลามาก ส่วนข้อมูลถูกจดบันทึกสาเหตุและเวลาที่เครื่องจักรขัดข้องโดยพนักงาน แล้วนำส่งข้อมูลต่อไปยังส่วนกลาง ข้อมูลผลผลิตก็ใช้พนักงานในการนับและจดบันทึกเช่นกัน จึงทำให้ข้อมูลที่ได้ล่าช้า แผนการผลิตก็ล่าช้าตามไปด้วย อีกทั้งข้อมูลที่ได้บางครั้งยังเสี่ยงต่อการผิดพลาดสูงด้วย

การปรับปรุงระบบใหม่เริ่มจากการติดตั้งตัวรับค่าสถาณะการทำงานของเครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ และข้อมูลเหล่านั้นจะถูกส่งมาที่ PLC และระบบ MES จะไปดึงข้อมูลเหล่านั้นแสดงในโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

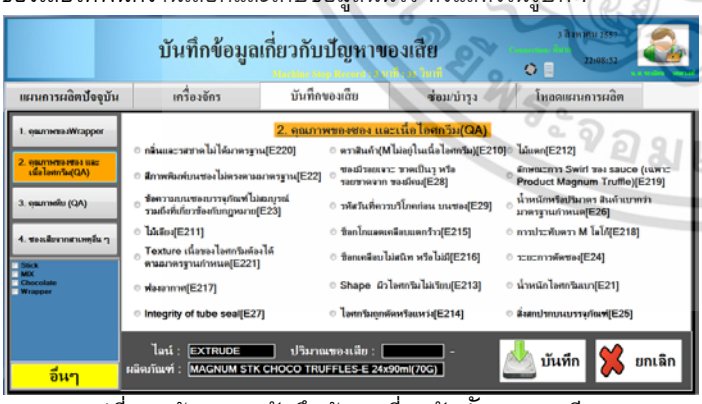
รูปที่ 5 โปรแกรมแสดงสถานะการทำงานเครื่องจักร

โดยเมื่อเครื่องมือเครื่องจักรจุดใดหยุดทำงานจะมีหน้าจอแสดงสาเหตุการหยุดทำงานของเครื่องจักรเครื่องนั้นแสดงขึ้นมาเพื่อให้พนักงานเลือก และเก็บไว้เป็นข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงสาเหตุการหยุดทำงานของเครื่องจักร

และถ้าหากเกิดขึ้นมา โปรแกรมก็จะมีหน้าสำหรับบันทึกสาเหตุของเสียให้พนักงานเลือกและเก็บข้อมูลนั้นไว้ ดังแสดงในรูปที่ 7



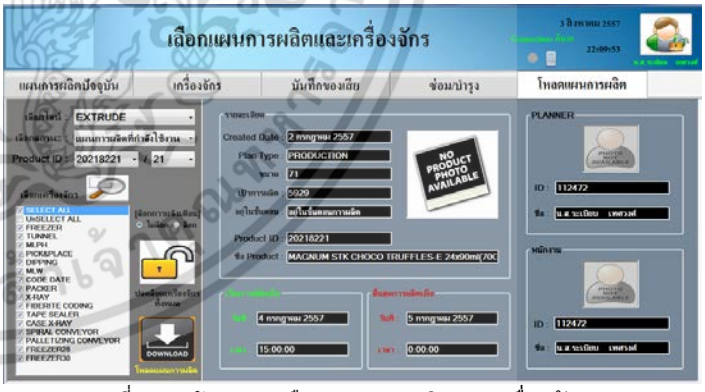
รูปที่ 7 หน้าจอการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาของเสีย

เมื่อมีพนักงานเข้ามาทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรก็จะมีหน้าจอสำหรับบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย ผู้บันทึก สายการผลิต รายการเครื่องจักรที่ทำการซ่อมบำรุง รายชื่อสมาชิกทีม และหัวหน้าทีมที่รับผิดชอบการปฏิบัติหน้าที่ ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 การบันทึกข้อมูลเกี่ยวการซ่อมบำรุง

โปรแกรมนี้สามารถแสดงแผนการผลิตปัจจุบัน และยังสามารถโหลดแผนการผลิตได้ด้วย ตามที่แสดงในรูปที่ 9 และ 10

รูปที่ 9 หน้าจอข้อมูลในกระบวนการผลิต



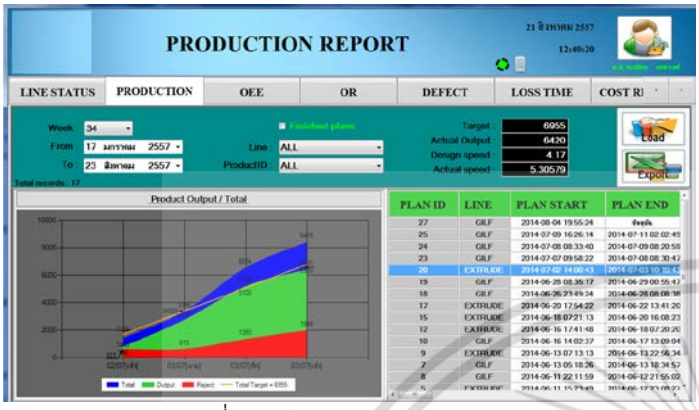
รูปที่ 10 หน้าจอการเลือกแผนการผลิตและเครื่องจักร

โปรแกรมที่กล่าวมาข้างต้นจะอยู่ที่สายการผลิต โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพาเป็นตัวใช้งานโปรแกรมนี้ และข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมนี้ จะถูกส่งไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์กลางเพื่อเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล ใช้ในการวิเคราะห์ คำนาณค่า และรายงานผลในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าการผลิต, อัตรา OEE, ค่า OR (Output Rate), ข้อมูลของเสีย, เวลาที่สูญเสีย, คำนวณต้นทุนที่ใช้, ข้อมูลการจัดการสายการผลิต และการบันทึกข้อมูลของเสีย ผลของข้อมูลจะแสดงได้ทั้งในรูปแบบกราฟต่าง ๆ และเอ็กเซล สามารถเรียกดูข้อมูลเป็นช่วงเวลา และสายการผลิตได้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

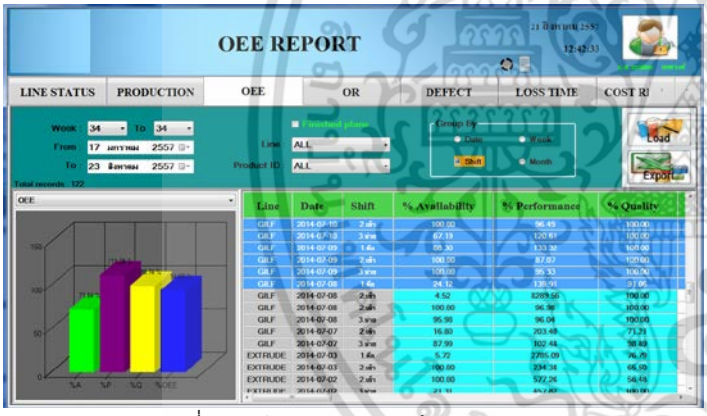
ยังสามารถโหลดข้อมูลออกจากโปรแกรมมาดูหรือเก็บไว้ในรูปแบบของเอกสารได้ด้วย รูปแบบข้อมูลแสดงเป็นตัวอย่างดังรูปด้านล่างนี้

รูปที่ 11 เป็นการแสดงผลเปรียบเทียบกันระหว่างเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผลผลิตรวม ผลผลิตที่ผลิตได้ และผลผลิตที่เสียหาย



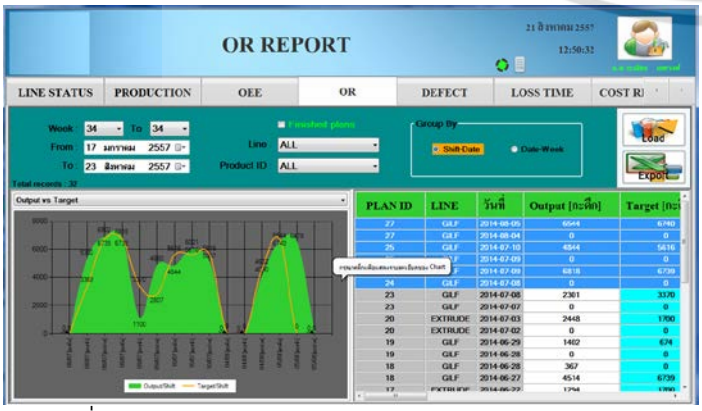
รูปที่ 11 หน้าจอรายงานการผลิต

รูปที่ 12 เป็นการแสดงผลค่าอัตรา OEE ซึ่งกราฟจะแสดงความพร้อมใช้งาน (%A) สมรรถนะ (%P) คุณภาพ (%Q) ซึ่งทั้งสามค่าเป็นองค์ประกอบ ของการคำนวณค่า OEE และค่าแสดงค่าอัตรา OEE รวมด้วย



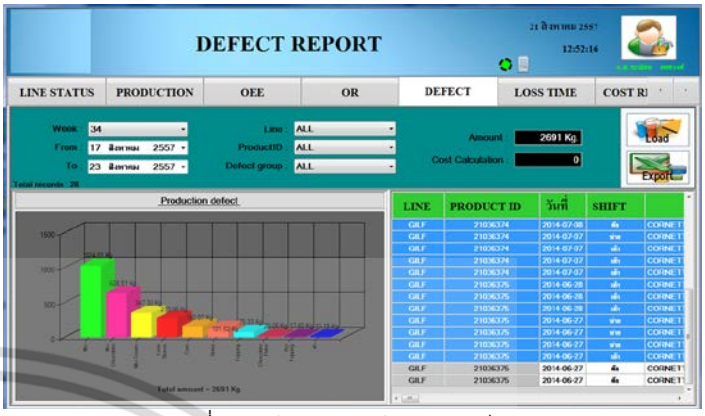
รูปที่ 12 หน้าจอรายงานค่าอัตรา OEE

รูปที่ 13 แสดงรายงานค่า OR (Output Rate) ซึ่งแสดงผลเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตที่ได้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้



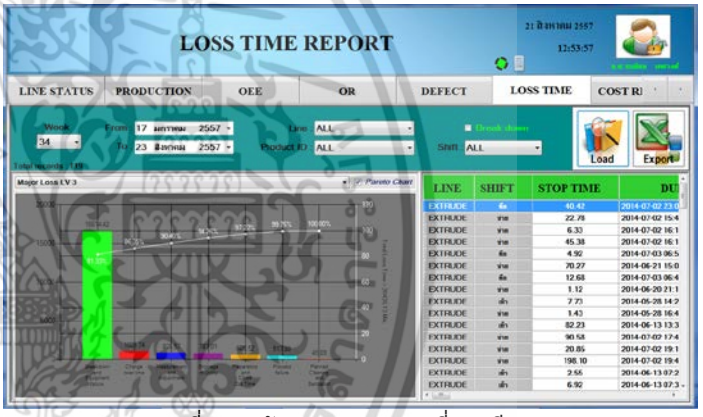
รูปที่ 13 หน้าจอรายงานค่า OR (Output Rate)

รูปที่ 14 แสดงข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น โดยแบ่งแยกเป็นส่วนๆ เช่น Cream Topping ถ้วย ฝาปิด เป็นต้น



รูปที่ 14 หน้าจอแสดงข้อมูลของเสีย

รูปที่ 15 แสดงข้อมูลเวลาที่สูญเสียที่เกิดขึ้น เช่น Breakdown and Equipment failure, Change over time, Process failure เป็นต้น



รูปที่ 15 หน้าจอรายงานเวลาที่สูญเสีย

รูปที่ 16 แสดงต้นทุนการผลิต เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนการจ้างแรงงาน (หน่วยเป็น บาท) กับผลผลิตที่ได้ (หน่วยเป็น ตัน)

รูปที่ 16 หน้าจอรายงานต้นทุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สรุป

ในบทความได้นำเสนอ แนวทางการปรับปรุงสายการผลิตด้วยการนำเสนอแนวทางในการติดตั้งเครื่องมือเพื่อการเก็บข้อมูลในแต่ละส่วนงานของสายการผลิต เพื่อให้สามารถเก็บและเข้าถึงข้อมูลง่าย เร็วและมีความถูกต้อง สามารถติดตามสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักร และกระบวนการทำงานต่างๆ ของสายการผลิต ซึ่งผลที่ได้จากการปรับปรุงดังกล่าวนี้ สามารถแสดงผลเครื่องจักรใน สายการผลิตได้แบบเวลาจริง มีการแจ้งเตือนหากเกิดความผิดปรกติที่เครื่องมือ เครื่องจักร และข้อมูลต่างๆ ก็ถูกบันทึกไว้อย่างครบถ้วน และแม่นยำ ที่สามารถแสดงผลเป็นข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งทำให้มีข้อมูลเพื่อสนับสนุน การวางแผนการผลิตที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบเดิม อีกทั้งยังสนับสนุนการทำรายงานผลเวลาที่สูญเสีย ต้นทุนการผลิต โดยหลังจากปรับปรุงสายการผลิตมาใช้ระบบ MES แล้ว ทำให้เครื่องจักรทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เวลาที่สูญเสียน้อยลง มีฐานข้อมูลที่ถูกต้องสำหรับใช้ในปัจจุบันและอนาคต วางแผนการผลิตได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ทำให้ได้ผลการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และนำไปสู่ผลตอบแทนที่มากขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทีมงานวิศวกร บริษัท PSEC จำกัด ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทดลองและการเก็บข้อมูลในการทำวิจัยบทความนี้มาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

[1] Michael McClellan, " MES CONFERENCE & EXPOSITION", in MES Solutions Incorporated., Baltimore Maryland., JUNE 4-6, 2001, Pages 2-12.

[2] Dennis Brandl & Peter Owen “Manufacturing Operations Management”, The IEE, University of Cambridge Institute for Manufacturing.

[3] EXOR / DataVisor Marquees “The Complete Guide to Simple OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)”, 10150 International Blvd, Cincinnati, Ohio 45246, Page 2-26.

[4] Bathchcontrol.com “Introduction to S95” http://www.batchcontrol.com/s95/s95.shtml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป

Automotive Parts Transportation Management System for Press Production Line

อารีวร พุฒิเสถียร[†1], นพดล มณีรัตน์[†2], รัตติกร วรากูลศิริพันธุ์[‡3]

[†]*คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
[1] a.phutthisathian@gmail.com
[2] kmnoppad@kmitl.ac.th

[‡]*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
1771/1ซ.พัฒนาการ 37 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250
[3] ruttikorn@tni.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการจัดการระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูปโดยอาศัยอัลกอลิทึมของดิจตรา (DIJKSTRA's Algorithm) หาเส้นทางที่เหมาะสม และสั้นที่สุดในการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อีกทั้งผู้วิจัยสร้างแบบจำลองโดยใช้ AGV (Automatic Guided Vehicle) เป็นตัวอย่างในการนำมาประยุกต์ใช้กับการจราจรระหว่างการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อลดความแออัด และเพิ่มความคล่องตัวให้กับระบบขนส่ง

คำสำคัญ: อัลกอริทึมดิจตรา, การขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์, การจัดการจราจร

Abstract

This paper presented the managing of automotive part transportation in the Automobile manufacturing line, using DIJKSTRA algorithm for the most suitable and shortest path, in order to increase the efficiency and cost saving to the manufacturing system. In the meantime, the simulated system was built by using AGV (Automatic Guided Vehicle) as the subject to apply in the transportation system to decreased disordering and improve deftness of the transportation system.

Keyword: DIJKSTRA algorithm, Automotive parts transportation, managing of automotive parts transportation

1. ความเป็นมา และวัตถุประสงค์

ในปัจจุบันระบบอัตโนมัติมีความจำเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากความต้องการของลูกค้าที่ต้องการสินค้าที่มีทั้งคุณภาพ และมีความรวดเร็วในการผลิต ส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องเพิ่มความเสถียรในการผลิต โดยการเพิ่มสมรรถนะในการผลิต โดยการนำระบบอัตโนมัติที่สามารถลดความบกพร่องในการผลิตมาปรับใช้เพื่อแข่งขันกับคู่แข่งในด้านกำลังการผลิต และเพิ่มความสามารถในการลดต้นทุนในระบบการผลิต ประโยชน์ของระบบอัตโนมัติทำให้ช่วยลดเวลาในการทำงานจากปกติ ทั้งในรูปแบบการผลิตชิ้นงาน การขนย้ายผลิตภัณฑ์ และกระบวนการลดบุคลากรที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานขนส่งได้ ซึ่งในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ ความเชื่อมั่นในระบบการผลิต และระบบการผลิตที่ทันสมัย ทำให้ลูกค้าไว้วางใจในการผลิตชิ้นงานต่อไป

ผู้วิจัยได้เลือกรถ AGV(Automatic Guided Vehicle)[1] มาเป็นตัวอย่างสำหรับการพัฒนาระบบการขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งสำหรับ AGV นั้นจะมีความคล่องตัวในการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ AGV จึงเหมาะสมที่จะใช้งานขนถ่ายวัสดุชนิดแตกต่างกัน อีกทั้งผู้วิจัยได้คำนึงถึงการจราจร และลำดับงานในการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์

โดยในหัวข้อที่ 1 จะกล่าวถึงที่มาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ส่วนในเนื้อหาหัวข้อต่อมามีรายละเอียดดังต่อไปนี้ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ หัวข้อที่ 3 อธิบายระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตการขึ้นรูป หัวข้อที่ 4 กล่าวถึงบทสรุปงานวิจัย

2. หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตงานขึ้นรูปโลหะ (Stamping Process)

สำหรับการผลิตงานขึ้นรูปโลหะนั้น หมายถึง การผลิตชิ้นงานโดยใช้แผ่นโลหะ และแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูป โดยใช้แรงกระทำทางกลเพื่อให้แผ่นโลหะได้รูปร่างชิ้นส่วนตามที่ต้องการ โดยทั่วไปชิ้นงานที่ต้องผลิตด้วยแม่พิมพ์ คือชิ้นงานที่ต้องการผลิตเป็นจำนวนมาก หรือชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนต้องการความแม่นยำสูงไม่สามารถผลิตด้วยวิธีการอื่น

2.2 อัลกอริทึมของดิจตรา (DIJKSTRA) [2]

อัลกอริทึมดิจตรา เป็นหลักการหนึ่งทางคณิตศาสตร์สาขา Optimization โดยมีการใช้รูปภาพแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้น รูปภาพเหล่านี้จะแสดงออกมาเป็นโครงข่าย(network) หรือ กราฟ(graph) ประกอบไปด้วย

2.2.1 โหนด (Node) เป็นจุดที่ใช้แทน อาคาร หรือ สถานที่ เช่น สี่แยก ป้ายรถเมล์ สถานีรถไฟ ข้อต่อของท่อน้ำ เป็นต้น

2.2.2 อาร์ก (Arc) เป็นเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างจุดใช้แทน ถนนหรือระยะทางจากโหนดหนึ่งไปโหนดหนึ่ง เช่น ถนน ท่อน้ำ รางรถไฟ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้น โดยอาร์กบางครั้งจะมีตัวเลขที่แสดงถึงระยะทางระหว่างโหนด หรือระยะเวลาที่ใช้เดินทาง หรือ ค่าใช้จ่ายจากโหนดไปโหนด

การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) อาศัยหลักการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการของ Operation Research โดยวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการคิดเส้นทาง จากโครงสร้างของโครงข่าย ซึ่งประกอบไปด้วยโหนดและอาร์ก ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดส่งชิ้นงานได้

ในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคในการหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยมีการกำหนดการเคลื่อนที่ คิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุด พิจารณาจากจุดที่สั้นที่สุด และวิเคราะห์ต้นทุนของเส้นทางเหล่านั้น โดยมีหลักในการวิเคราะห์ดังนี้

- วิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด จากเส้นทางการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันของชิ้นงาน
- วิเคราะห์รูปแบบในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งของชิ้นงาน
- วิเคราะห์เลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด จากช่วงเวลาและระยะเวลา ที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากโหนดหนึ่งไปโหนดหนึ่ง
- วิเคราะห์สถานการณ์นอกเหนือจากสถานการณ์ปกติหากการเดินรถไม่สามารถเดินตามเส้นทางได้
- วิเคราะห์เรื่องทิศทางการเดินรถ ต้นทุนและระยะเวลาที่ใช้ เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในระบบ
- วิเคราะห์ลำดับการส่งงานไปยังสถานี โดยมีข้อกำหนดเป็นเวลาในการส่งงาน

สำหรับอัลกอริทึมดิจตรา (DIJKSTRA's Algorithm) จะเป็นการหาระยะทางที่สั้นที่สุด (shortest-path-tree) โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนการหาระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินรถ
- ขั้นตอนการแก้เส้นทางแบบลำดับชั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วให้กับระบบ

โดยข้างต้นที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้นำแผนที่มาจำลองในระบบโดยใช้ทฤษฎีกราฟเข้ามาร่วมประยุกต์ โดยแปลงแผนที่เส้นทางการเดินรถให้เป็นกราฟเชิงเดี่ยวแบบต่อเนื่องเพื่อให้สามารถระบุทิศทางและความสัมพันธ์ของระยะทางระหว่างสถานที่ลงไปในกราฟ สำหรับการกำหนดเส้นทางการเดินรถในระบบนี้ จะกำหนดให้โหนด แทนจุดที่ใช้ในการรับและส่งชิ้นงานเพื่อการผลิต และอาร์ก แทนระยะทางระหว่างโหนดแต่ละโหนด มีการกำหนดตัวเลขระยะทางลงไปในเส้นกราฟ เรียกว่าการกำหนดน้ำหนัก (Weight Graph) โดยทั่วไปค่าที่ใช้ในการกำหนดน้ำหนัก สามารถแทนได้ทั้งค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนที่จากโหนดไปโหนด หรือระยะทาง หรือเวลาที่ใช้ในการเดินรถได้
สมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$G = \{V, E\} \quad (1)$$

โดย G *แทน กราฟน้ำหนักของโครงข่าย*
V *แทน เซตของโหนดต่อโหนดในกราฟ*
E *แทน เซตของอาร์กในกราฟ*

$D(u)$, $D(v)$ *แทนความยาวของเส้น* (u, v) *โดย* (u, v) *เป็นสมาชิกของเซต* E *โดยความยาวทุกเส้นของ* (u, v) *จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า* 0 *ดังนั้นจึงต้องกำหนดให้* S *แทนเซตของโหนดยอดโดยมีค่าเริ่มต้นเป็นเซตว่าง*

$D[v]$ *แทนค่าระยะทางจากโหนดเริ่มจนถึงโหนดยอด* (v)

Q *แทนเซตของ* F *โหนดยอด* (v) *ที่ยังไม่เข้าการวนซ้ำ* $(loop)$ *และมีค่าเริ่มต้นเป็น* $V(G)$

การเลือกโหนด u ที่จะเข้าวนซ้ำ จะเลือกโดยพิจารณาโหนดที่อยู่ในเซต Q ที่มีค่า d[u] ต่ำที่สุด เมื่อเลือกแล้วจุดนี้จะทำการลบออกไปจากเซต Q แล้วนำไปใส่ในเซต S แทน

ตรวจสอบทุกโหนด v ที่มีเส้นจากโหนด u ไปถึงโหนด v ว่า
ถ้า d[v] > d[u] ÷ w (u,v) d[u] แล้วดังนั้น
จะต้องเปลี่ยน d[v] = d[u] + w(u,v) แล้วปรับแก้โหนดยอด v ว่าต้องมาจากโหนด u และวนซ้ำจนกระทั่งเซต Q เป็นเซตว่าง จึงจะได้เส้นทางที่สั้นที่สุด ตามต้องการ

2.3 AGV (Automatic Guided Vehicle) [3]

AGV เป็นรถขนาดเล็กขับเคลื่อนด้วยระบบอัตโนมัติ มีการนำมาใช้แพร่หลายในอุตสาหกรรม เพื่อเป็นอุปกรณ์ลำเลียงและขนถ่ายสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานอุตสาหกรรม โดยระบบรถ AGV มีส่วนประกอบดังนี้

- ตัวรถ ประกอบด้วย กลไกขับเคลื่อน มอเตอร์ และแบตเตอรี่
- ชุดควบคุมการทำงานของรถ
- ระบบนำร่องทางเดินรถ
- ส่วนติดต่อสื่อสารและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปรถ AGV จะถูกออกแบบมาเพื่อการประยุกต์ใช้งานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับต้นทุนและประเภทงาน โดยส่วนใหญ่ระบบการนำร่องของรถ AGV จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- แบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอน เช่น การใช้สายและแถบสีบนพื้นเพื่อกำหนดทางเดินของรถ
- แบบเส้นทางเดินอิสระ เช่น การนำระบบ GPS (Global Positioning System: GPS) มาใช้ เป็นต้น

ซึ่งทั้ง 2 แบบ จะมีการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดการและประมวลผลในระบบ

3. ระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตขึ้นรูป

3.1 มัลติเอเยนต์

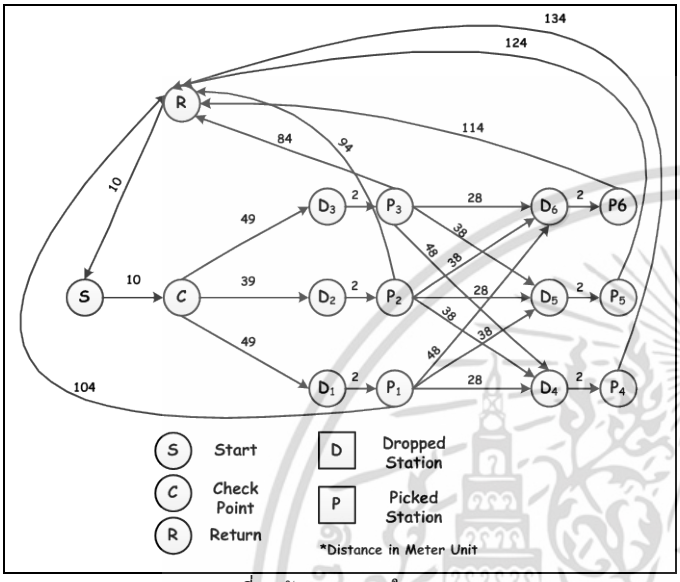
สำหรับการจัดการระบบการขนส่งในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์นั้น ผู้ใช้ได้ใช้ทฤษฎีกราฟซึ่งเป็นโครงสร้างของตรรกศาสตร์ที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุสองวัตถุ

สัญลักษณ์วงกลมแสดงจำนวนของโหนดดังภาพและเส้นโค้งระหว่างโหนดแสดงระยะทาง โดยสิ่งเหล่านี้จะถูกใช้หาเส้นทางที่เหมาะสมและบริหารจัดการการจราจรที่ติดขัดเพื่อให้เกิดประสิทธิผลที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ดิจคสตรา

การหา เส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างโหนดหนึ่งไปยังโหนดอื่น ๆ จะใช้ระยะเส้นโค้งแสดงข้อมูลระหว่างจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง เส้นทางของรถจะถูกเก็บข้อมูลโดยการใช้แท็ก RFID (radio frequency identification) ซึ่งเส้นทางที่สั้นที่สุดจะถูกประมวลผล เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลในปัจจุบันกับข้อมูลก่อนหน้านี้ เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสม



รูปที่1 เส้นทางขนส่งในระบบ

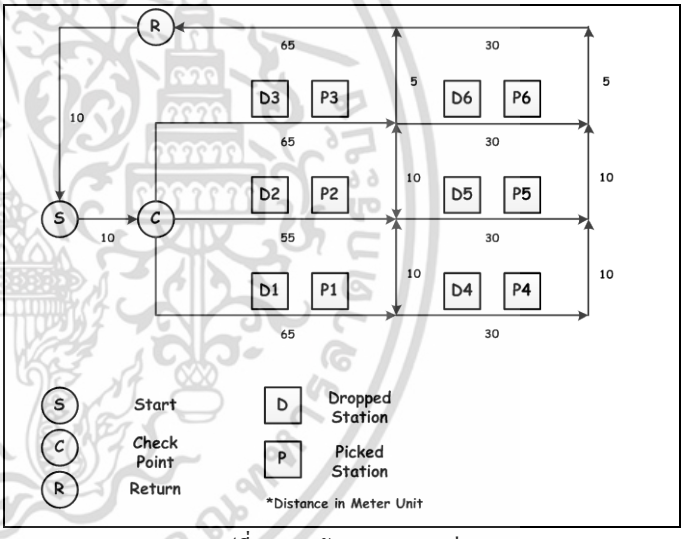
จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นเส้นทางของจุดรับส่งชิ้นส่วนการผลิต โดยจุดเริ่มต้นจะแทนด้วยจุด "S" และจุด "D" แทนสถานีที่นำชิ้นส่วนในการผลิตลงจากรถ AGV และจุด "P" แทนสถานีที่นำชิ้นส่วนในการผลิตขึ้นวางบนรถ AGV ตัวเลขบนเส้นแทนระยะทางจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่ง โดยมีสถานีทั้งหมดหกสถานี ซึ่งแต่ละสถานีมีสถานีย่อยเป็นสถานีรับและถ่ายชิ้นส่วนตามแต่ที่มีการเรียกการผลิต โดยการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุด S ไปยังแต่ละสถานี จะมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่หนึ่ง การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มไปสถานีเพื่อทำการจัดส่งสินค้า

ขั้นที่สอง การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสถานีไปยังไปยังจุดซึ่งเป็นพื้นที่พักสินค้า

สำหรับเส้นทางในผังการขนส่งมีทั้งหมด 11 เส้นทาง คิดเป็นระยะทางของแต่ละเส้นทาง ดังนี้

เส้นทางที่ 1 : S > C > D3 > P3 > R > S
; รวมความยาว 155 เมตร
เส้นทางที่ 2 : S > C > D3 > P3 > D6 > P6 > R > S
; ความยาว รวม 215 เมตร
เส้นทางที่ 3 : S > C > D3 > P3 > D5 > P5 > R > S
; ความยาว รวม 235 เมตร
เส้นทางที่ 4 : S > C > D3 > P3 > D4 > P4 > R > S
; ความยาว รวม 255 เมตร
เส้นทางที่ 5 : S > C > D2 > P2 > R > S
; รวมความยาว 155 เมตร
เส้นทางที่ 6 : S > C > D2 > P2 > D6 > P6 > R > S
; รวมความยาว 205 เมตร
เส้นทางที่ 7 : S > C > D2 > P2 > D5 > P5 > R > S
; ความยาว รวม 215 เมตร
เส้นทางที่ 8 : S > C > D2 > P2 > D4 > P4 > R > S
; ความยาว รวม 235 เมตร
เส้นทางที่ 9 : S > C > D1 > P1 > R > S
; ความยาว รวม 175 เมตร
เส้นทางที่ 10 : S > C > D1 > P1 > D6 > P6 > R > S
; ความยาว รวม 235 เมตร
เส้นทางที่ 11 : S > C > D1 > P1 > D5 > P5 > R > S
; ความยาว รวม 235 เมตร
เส้นทางที่ 12 : S > C > D1 > P1 > D4 > P4 > R > S
; ความยาว รวม 235 เมตร



รูปที่ 2 แผนผังแสดงการขนส่ง

สำหรับเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนการผลิตไปยังแต่ละสถานีนั้น จะเลือกเส้นทางที่นำไปสู่เป้าหมายที่ดีที่สุด โดยพิจารณา เส้นทางที่ถูกเลือกจากสถานีที่ผ่าน โดยอัตโนมัติตามคำสั่งของโปรแกรมที่ออกแบบไว้ในระบบ สามารถแจกแจง เส้นทางแต่ละเส้นทาง ดังนี้

เส้นทางที่ 1 : สถานีที่ 3
เส้นทางที่ 2 : สถานีที่ 3 และ 6
เส้นทางที่ 3 : สถานีที่ 3 และ 5
เส้นทางที่ 4 : สถานีที่ 3 และ 4
เส้นทางที่ 5 : สถานีที่ 2
เส้นทางที่ 6 : สถานีที่ 2 และ 6
เส้นทางที่ 7 : สถานีที่ 2 และ 5
เส้นทางที่ 8 : สถานีที่ 2 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

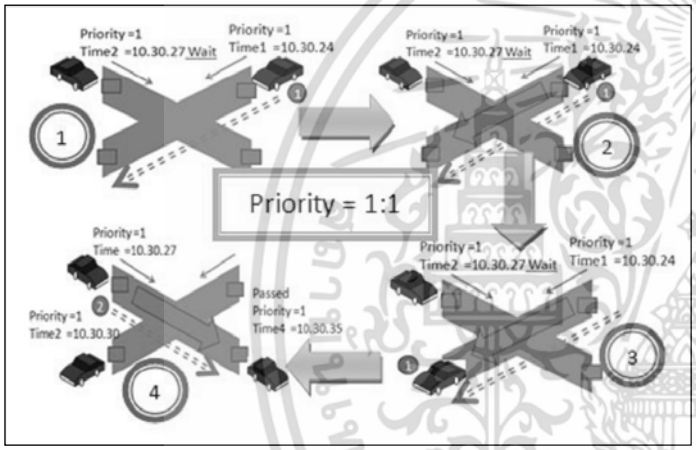
เส้นทางที่ 9 : สถานีที่ 1
เส้นทางที่ 10 : สถานีที่ 1 และ 6
เส้นทางที่ 11 : สถานีที่ 1 และ 5
เส้นทางที่ 12 : สถานีที่ 1 และ 4

ในการจัดการระบบจราจรของการขนส่งชิ้นส่วนการผลิต แบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 จากรูปที่ 4 หาก รถ AGVs มีความสำคัญเร่งด่วนจะให้ความสำคัญ มีค่าเท่ากับ 1 (priority = 1)

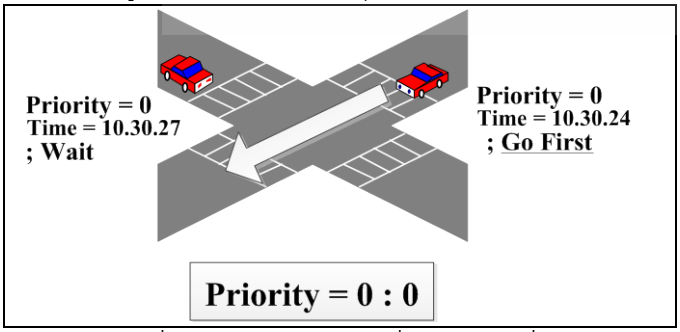
กรณีที่ 2 จากรูปที่ 5 เคส 1 รถ AGVs ทั้งสองมีความสำคัญแตกต่างกัน ถ้าความสำคัญของรถเท่ากับหนึ่ง รถ AGV คันนั้น จะได้สิทธิ์ไปก่อน (priority = 1 , go first)

กรณีที่ 3 จากรูปที่ 5 เคส 3 รถ AGVs ทั้งสองที่มีความสำคัญ เป็น 0 เท่ากัน จะพิจารณาจากเวลาที่ใช้น้อยกว่าได้สิทธิ์ไปก่อน



รูปที่ 3 แสดงการจัดการในจุดเชื่อมต่อในกรณีที่ 1

รูปที่ 4 แสดงการจัดการในจุดเชื่อมต่อในกรณีที่ 2



รูปที่ 5 แสดงการจัดการในจุดเชื่อมต่อในกรณีที่ 3

4. ผลการทดลอง

สำหรับระบบแสดงผลติดตามและควบคุม รถAGV จะแสดงรายละเอียดข้อมูลในการเคลื่อนที่ของรถ AGV ขณะอยู่บนเส้นทางการเดินรถ ดังแสดงใน รูปที่ 6

รูปที่ 6 แผงควบคุมและแสดงผลการทำงานของ รถ AVG

ในหน้าจอแสดงผลนี้ ผู้ใช้ต้องระบุสถานีที่มีการขนส่งชิ้นส่วนการผลิตขึ้นและลง ของรถ AGVs แต่ละคัน หลังจากระบบเริ่มทำงาน ข้อมูลจะถูกแสดงบนหน้าต่างนี้

ตัวอย่างเช่นสถานี P คือ จุดที่นำชิ้นส่วนลงของรถ AGV1 และ รถ AGV2 สถานี M คือจุดที่นำชิ้นส่วนขึ้นของรถ AGV1 และสถานี N คือจุดที่นำสินค้าขึ้นของรถ AGV2 เมื่อเริ่มเปิดใช้โปรแกรม AGVs จอแสดงผลจะแสดงตำแหน่งปัจจุบัน ตำแหน่งถัดไป เวลาปัจจุบัน ลำดับความสำคัญ สถานะ AGV สถานะสินค้า และเส้นทางลำเลียงสินค้า จากการแสดง, ตำแหน่งถัดไปของรถ AGV1 และรถ AGV2 คือ HR (จุดทางขวา) ซึ่งถ้าเป็น ตำแหน่งเดียวกัน ระบบจะต้องจัดการกับลำดับการจราจรที่เกิดการติดขัดของรถ AGV1 ซึ่งมาถึง ในตำแหน่ง HR ที่ เวลา10:20:30 และรถ AGV2 ที่จะมาถึง ในตำแหน่ง HR ที่เวลา 10:20:31 ดังนั้น รถ AGV1 จึงได้รับความสำคัญเป็นอันดับแรก และ รถAGV2 จะต้องรอจนกว่ารถ AGV1 ออกจากตำแหน่ง HR

5. บทสรุป

บทความนี้เป็นงานวิจัย ที่มีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมดิจตรา มาใช้จัดการ และแก้ปัญหาระบบการจราจร ที่เกิดจากการขนส่งชิ้นงานเพื่อการผลิตในระบบงานขึ้นรูปโลหะ โดยการหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางการเดินของรถ AGV นั้น ทำให้ระบบการผลิตสามารถลดต้นทุนการจัดส่ง เพิ่มประสิทธิภาพในขบวนการผลิตได้ สำหรับการพัฒนาการวิจัยในอนาคต ทางผู้วิจัยมีแนวทางในการเพิ่มพารามิเตอร์ เช่น น้ำหนักของชิ้นงาน หรือการจำกัดขนาดของชิ้นงาน เป็นต้น ที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน และประสิทธิภาพในระบบการจัดการการขนส่งการชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Ryosuke CHIBA, Jun OTA and Tamio ARAI, "Integrated Design with Classification of Transporter Routing for AGV Systems," Proceedings of the 2002 IEEEIRSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems EPFL, Lausanne, Switzerland, October 2002, pp. 182-185.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[2] Peter W. Eklund, Steve Kirkby, Simon Pollitt, "A Dynamic Multi-source Dijktra's Algorithm for Vehicle Routing," Intelligent Information Systems, 1996.

[3] Jeong-Hoon Lee, Bum Hee Lee, Myoung Hwan Choi , Jung Duk Kim , Kwang-Taek Joo , Hyon Park," A Real Time Traffic Control Scheme for a Multiple AGV System", IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1625-1630, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำรุงรักษาด้วยตนเองเพื่อเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโรงงานโม่แป้งข้าวสาลี

Autonomous Maintenance for Overall Equipment Effectiveness Improvement in Flour Mill

สมบัติ โพธิ์รัตน์[1], ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน[2]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250
โทร 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700
[1] phoratbat@yahoo.com
[2] dumrongkiat@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการบำรุงรักษาด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญของการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยนำหลักการการปรับปรุงอย่างมีคุณค่าเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องจักร ประสิทธิภาพของคน และคุณภาพของสภาพแวดล้อมที่ทำงาน โดยนำขั้นตอนดำเนินการทั้ง 7 ขั้นตอน มาประยุกต์ใช้ในโรงงานโม่แป้งข้าวสาลี เพื่อสร้างจิตสำนึกของการดูแลรักษาเครื่องจักรให้แก่พนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักร เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และจัดการองค์ความรู้เพื่อถ่ายทอดต่อกัน เพื่อการพัฒนาปรับปรุงที่ยั่งยืน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินการ ได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของพนักงานควบคุมเครื่องจักร จากเดิมทำหน้าที่เพียงการควบคุมเครื่องจักรเพียงอย่างเดียว สามารถค้นหาข้อบกพร่องของเครื่องจักร และสามารถแก้ไขความผิดปกติเบื้องต้น สามารถลดความสูญเปล่าทุกประเภท เปรียบเสมือนเป็นอุปกรณ์ตรวจจับความผิดปกติตลอดเวลา ทำให้รู้ทันเวลาก่อนที่จะเกิดเครื่องจักรเสียขึ้นรุนแรง ทำให้ช่างซ่อมบำรุงแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ช่วยแบ่งเบาภาระงานของช่างซ่อมบำรุง และทำให้ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 76.49 เป็นร้อยละ 85.99

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาด้วยตนเอง, การบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม, ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร, โรงงานโม่แป้งข้าวสาลี

Abstract

The aim of this research is to implement Autonomous Maintenance (AM) activities, which is a strategically important part of Total Productive Maintenance (TPM), to improve the Overall Equipment Effectiveness (OEE). The study shows the valuable improvement of equipment efficiency, people efficiency and working environment quality. The study conducted 7 steps of AM and applied it to the flour mill. The aim is to build awareness in maintenance task involvement and team work participation, and to perform knowledge transfer for sustainable development. Successful implementation improved operator behavior from only operating machines for production to consistency monitor the abnormal symptoms of the equipment, to perform a basic maintenance, and to reduce all kinds of loss. The equipment with real-time detection keep away from catastrophic breakdown, reduce repair time, reduce the burden of maintenance staff, raise up the availability, and increase OEE from 76.50 to 85.99 percent.

Keywords: Autonomous Maintenance, Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Flour Mills.

1.บทนำ

ในปัจจุบันการดำเนินกิจการอุตสาหกรรมแป้งข้าวสาลีของประเทศไทย มีความต้องการของตลาดสูงมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมความต้องการบริโภคของคนไทย ตามสภาพสังคมที่เร่งรีบต้องทำงานแข่งกับเวลา และการเปลี่ยนแปลงทางโภชนาการที่มีค่านิยมบริโภคอาหารแบบชาวตะวันตก ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตแป้งข้าวสาลีมีความต้องการสูง ซึ่งแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับผลิตอาหารหลายๆ ชนิด การผลิตต้องรองรับผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า และจะต้องผลิตผลิตภัณฑ์ให้เพียงพอต่อความต้องการ จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการบริหารจัดการกระบวนการการผลิตให้ได้ผลผลิตเต็มความสามารถของเครื่องจักร อีกทั้งเครื่องจักรที่ทำงานอยู่ต้องมีความพร้อมในการผลิตและต้องผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีคุณภาพ และผลิตได้อย่างต่อเนื่อง การที่เครื่องจักรต้องผลิตอย่างต่อเนื่องนั้นส่งผลกระทบถึงอายุการใช้งานของเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรนั้นเสื่อมสภาพไปอย่างรวดเร็ว และเสี่ยงต่อเกิดการชำรุดอย่างรุนแรง ซึ่งทำให้ยากต่อการซ่อมแซมให้เครื่องจักรนั้นกลับมาใช้งานได้ดังเดิม การผลิตอย่างต่อเนื่องเป็นการยากที่จะบำรุงรักษาเครื่องจักรให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ ส่งผลต่อสมรรถนะลดลงเรื่อยๆ ทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ลดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

การมอบหมายงานการบำรุงรักษาให้เป็นหน้าที่ของช่างซ่อมบำรุงรักษาแต่เพียงฝ่ายเดียว จะต้องใช้บุคลากรซ่อมบำรุงจำนวนมาก ถ้ากำหนดให้ฝ่ายผลิตมีหน้าที่ดูแลรักษาเครื่องจักรที่ตนเองใช้ จะสามารถแบ่งเบาภาระของช่างซ่อมบำรุงได้ เมื่อเครื่องจักรบกพร่อง ต้อง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอช่างซ่อมบำรุงมาแก้ไขเท่านั้น ทำให้เกิดการเสียหายต่อกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก และถ้าความบกพร่องของเครื่องจักรรุนแรงอาจส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาที่สูงมาก และส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าลดลง ซึ่งอาจเกิดความเสียหายรุนแรงในระยะยาว ดังนั้น ถ้ากระบวนการผลิตจัดให้มีกลไกการตรวจสอบที่ดี ติดตามสภาพของเครื่องจักรที่ใช้อยู่อย่างใกล้ชิด ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรจะเพิ่มขึ้น ความสามารถผลิตได้ตามแผนและสมรรถภาพของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น เป็นอีกยุทธวิธีหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของการนำการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous Maintenance: AM) มาประยุกต์ใช้งานบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงทัศนคติของพนักงาน อันจะส่งผลให้พนักงานฝ่ายผลิต ซึ่งเป็นผู้ใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ เพิ่มเติมความรู้ความสามารถการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นของเครื่องจักรอุปกรณ์ และสร้างจิตสำนึกการมีส่วนร่วมของการบำรุงรักษาและการทำงานเป็นทีม นอกจากนี้ การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (AM) เป็นกิจกรรมเพื่อพัฒนาตนเองให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะการดูแล การบำรุงรักษา ซึ่ง AM เป็นการดึงเอาศักยภาพความสามารถของพนักงานออกมา ทำให้พนักงานสามารถค้นพบเส้นทางอาชีพอีกเส้นทางหนึ่ง เพื่อการพัฒนาเส้นทางอาชีพของตนเอง AM จะนำมาซึ่งพนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักรของฝ่ายผลิตหรือพนักงานหน้างาน เพิ่มพูนจิตสำนึกในการรักและหวงแหนเครื่องจักรที่ตนเองใช้งาน ประดุจเป็นเจ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์นั้น สร้างความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อ OEE เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85

2. หลักการพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

TPM คือระบบการบำรุงรักษา โดยเน้นแนวคิดจากความร่วมมือของทุกฝ่าย ตั้งแต่ผู้บริหาร ฝ่ายวางแผน ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายบำรุงรักษา ฝ่ายจัดซื้อ รวมถึงผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีส่วนสำคัญของระบบการบำรุงรักษาเป็นหลักปฏิบัติใหม่ว่า เครื่องจักรนั้นควรได้รับการบำรุงรักษาบนพื้นฐานการเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) TPM ได้ดำเนินการอย่างจริงจังในบริษัท Nippon Denso ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยานยนต์จนประสบความสำเร็จ ซึ่งเป็นวิวัฒนาการขั้นสำคัญของ TPM [1]

TPM เป็นการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ได้รับความนิยมและได้ดำเนินอย่างแพร่หลาย [1, 2, 3] เป็นกิจกรรมที่เน้นการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคน รวมทั้งผู้บริหารระดับสูงต้องมุ่งมั่นดำเนินการ ติดตาม และวัดประสิทธิผล เพื่อความก้าวหน้าอย่างยั่งยืน โดยใช้ดัชนีชี้วัด OEE [1, 2, 4, 5] อย่างไรก็ตาม สำหรับวิสหกิจขนาดเล็กอาจใช้ดัชนีชี้วัดที่ง่าย คือ ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Availability: A) [4]

TPM เป็นกิจกรรมโครงการระยะยาว เพื่อรองรับความสำเร็จขององค์กร ส่วนใหญ่จะเริ่มต้นโครงการจากกิจกรรมแรกของ TPM คือ AM [3, 5, 6] เนื่องจากใช้เครื่องมือพื้นฐานธรรมดา เช่น 5ส KAIZEN เพื่อสร้างจิตสำนึกของการทำงานเป็นทีม [4, 5] อบรมและปฏิบัติจริง งานบำรุงรักษาเครื่องจักรขั้นพื้นฐาน เช่น ทำความสะอาด หล่อลื่น ขันแน่น ซึ่งพนักงานฝ่ายผลิตทำได้ดี ถ้าได้รับการอบรมที่เหมาะสม [3, 7, 8]

ขั้นตอนการดำเนินงาน AM นั้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน [3, 5, 6] ดัชนีชี้วัดความสำเร็จของ AM นอกจาก OEE ดังกล่าวข้างต้น ผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม ยังจะทำให้เครื่องจักร พนักงาน และสภาพแวดล้อมสถานที่ทำงาน เปลี่ยนแปลงดีขึ้น วัฒนธรรมองค์กรดีขึ้น [3] เครื่องจักรเสียฉุกเฉิน (Breakdown) ลดลง [9, 10, 11] เป็นต้น เป็นพื้นฐานที่สำคัญเพื่อดำเนินการโครงการ TPM อย่างสะดวกและมั่นคงต่อไป

3.วิธีการดำเนินการ

โรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานโม่แป้งข้าวสาลี ตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ พนักงาน 170 คน พื้นที่ 9 ไร่กว่า มีกำลังการผลิต 400 ตันต่อวัน ประกอบด้วยสายการผลิต 2 สาย มีนโยบายด้านคุณภาพ ความสะอาดสุขอนามัย และมาตรฐานความปลอดภัย ได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิต เช่น ISO 9001:2008, ISO 22000:2005, GMP, HACCP, HALAL และ FSSC 22000

เนื่องจากธุรกิจอุตสาหกรรมแป้งสาลีนั้นมีการแข่งขันสูงมากดังกล่าวข้างต้น ดังนั้น โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งต้องปรับปรุงทุกๆ ด้าน เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า ได้พยายามหากลยุทธ์การบริหารงานต่างๆ เพื่อสร้างแผนปฏิบัติการที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร แนวคิด AM เป็นกิจกรรมป้องกันการเกิดความสูญเปล่า และมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความสามารถในการพึ่งพาตนเอง สามารถดูแลรักษาเครื่องจักรให้พร้อมใช้งาน เดินเครื่องได้เต็มสมรรถนะ

การวิจัยนี้ ได้เลือกเครื่องโม่ B1 B2 เป็นเครื่องต้นแบบ ซึ่งเป็นเครื่องจักรสำคัญของกระบวนการ เป็นเครื่องโม่รุ่น MDDL 8 Roller ผลิตโดย Buhler [12, 13]

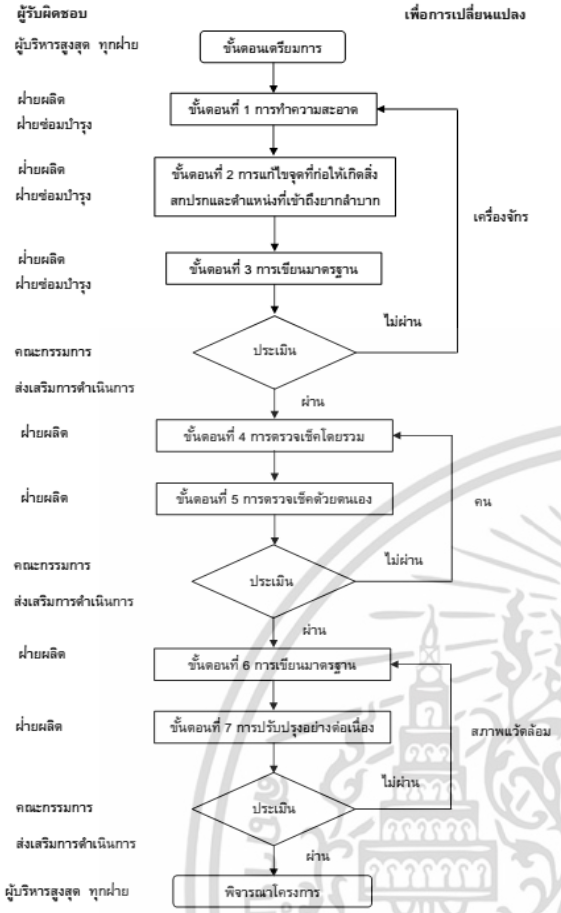
ก่อนดำเนินการได้เก็บข้อมูล OEE เป็นเวลา 6 เดือน (มกราคม - มิถุนายน 2557) ดังตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย OEE ตลอด 6 เดือนเท่ากับ ร้อยละ 76.5 การดำเนินการกิจกรรม AM ประกอบด้วยขั้นตอนปฏิบัติการการตรวจประเมินเพื่อติดตามผลการดำเนินการ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนเตรียมการ และ 7 ขั้นตอนของ AM ดังรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า OEE เดือน มกราคม – มิถุนายน 2557

เดือน	A%	P%	Q%	OEE%
ม.ค	90.93	83.25	100.00	75.70
ก.พ	88.82	83.13	100.00	73.84
มี.ค	91.46	84.78	100.00	77.54
เม.ย	92.06	85.07	100.00	78.32
พ.ค	90.88	80.57	100.00	73.22
มิ.ย	93.16	86.29	100.00	80.39
ค่าเฉลี่ย	91.22	83.85	100.00	76.49

หมายเหตุ OEE% = A% x P% x Q%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แผนภูมิดำเนินการกิจกรรม AM

ขั้นตอนการเตรียมการ

การเตรียมการก่อนเริ่มขั้นตอนที่ 1 ถือว่ามีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นก้าวแรกที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ การเตรียมการได้ดำเนินการเหมือนดำเนินโครงการ TPM เพราะจะนำไปสู่การดำเนินการประสบผลสำเร็จต่อไป ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้ 1) ได้ประกาศพันธสัญญาสนับสนุนของผู้บริหารระดับสูง 2) ฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับ AM ความรู้เบื้องต้นของเครื่องจักรและขั้นตอนการดำเนินการอย่างละเอียด 3) ได้จัดตั้งคณะกรรมการส่งเสริมการดำเนินกิจกรรม และได้แต่งตั้งทีม AM ประกอบด้วยฝ่ายผลิต ช่างซ่อมบำรุง และฝ่ายอื่นๆ 4) กำหนดนโยบายและเป้าหมาย 5) จัดทำแผนดำเนินการ 6) จัดพิธีเปิดอย่างเป็นทางการ

ขั้นตอนที่ 1 การทำความสะอาดเบื้องต้น

ได้ดำเนินการทำความสะอาดแบบตรวจหาจุดผิดปกติของเครื่องจักร ซึ่งทำให้พนักงานมองเห็นจุดบกพร่อง เช่น การรั่วซึม ความหลวมและส่วนที่เสียหาย การทำความสะอาดและตรวจเช็ค ได้มอบหมายหน้าที่ให้พนักงานควบคุมเครื่องจักร โดยช่างซ่อมบำรุงช่วยแนะนำอบรมให้ความรู้ในระหว่างทำความสะอาด ได้กำหนดรูปแบบความผิดปกติ 7 ประการ เมื่อพบเห็นสิ่งผิดปกติ ได้ติดป้ายสีขาวในกรณีที่เห็นว่าสามารถแก้ไขได้ด้วยตนเอง และได้ติดป้ายสีแดงกรณีที่ต้องให้ทางช่างซ่อมบำรุงเป็นผู้แก้ไข

การทำกิจกรรมนี้ พนักงานควบคุมเครื่องจักรได้พบสิ่งผิดปกติ คือ รอยรั่วของลมบริเวณข้อต่อท่อลม และพบรอยรั่วฟุ้งกระจายของแป้งฝุ่นทำให้มีคราบแป้งเกาะอยู่ห้องส่งกำลัง พนักงานได้ติดป้ายสีขาวไว้ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยตนเอง และได้ตรวจพบมีคราบจารบีที่แท่นเครื่อง มีร่องรอยการรั่วของจารบีที่ไหลออกมาจากห้องลูกปืนของลูกกลิ้ง จึงได้ติดป้ายสีแดง

ขั้นตอนที่ 2 การแก้ไขจุดที่ก่อให้เกิดสิ่งสกปรกและตำแหน่งที่เข้าถึงยากลำบาก

หลังจากขั้นตอนที่ 1 ได้นำปัญหาจากป้ายทั้งหมดมาวิเคราะห์สาเหตุ วิธีการแก้ไข ผู้รับผิดชอบ ทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้เครื่องจักรสมบูรณ์มากขึ้น ให้สะดวกรวดเร็วต่อการทำความสะอาด และใช้เวลาน้อยในการดูแลระบบหล่อลื่นเครื่องจักร

ในขั้นตอนนี้ ทีม AM ได้รวบรวมป้ายทั้งหมด ทำตารางเรียงลำดับความสำคัญ ความปลอดภัย คุณภาพ กระบวนการ จัดประชุมโดยทีม AM เพื่อร่วมวิเคราะห์ สาเหตุของปัญหา การแก้ไข ผู้รับผิดชอบ โดยมุ่งเน้นแก้ไขที่แหล่งกำเนิดของปัญหา สำหรับเรื่องที่ไม่สามารถแก้ไขแหล่งกำเนิด ได้กำหนดรายละเอียดวิธีควบคุมการเกิดของปัญหา

จากขั้นตอนที่ 1 สิ่งผิดปกติที่ได้มาจากป้ายสีขาว และวิเคราะห์สาเหตุพบว่า ข้อต่อล็อคท่อลมหลวม สาเหตุรากเง้าของปัญหาเกิดจากท่อลมเสื่อมสภาพ แตกหัก พนักงานได้ทำการเปลี่ยนข้อต่อ และเปลี่ยนท่อลมใหม่

ส่วนปัญหาที่มีรอยรั่วการฟุ้งกระจายของแป้งฝุ่นไปสู่ห้องส่งกำลัง วิเคราะห์สาเหตุของรากเง้าพบว่า มีช่องว่างระหว่างเครื่องและแผ่นกั้น สาเหตุเกิดจากประกอบกันไม่แน่นสนิท เกิดจากการประกอบเครื่องจักรไม่สมบูรณ์ พนักงานจึงได้ถอดประกอบแผ่นกั้นใหม่

ส่วนปัญหาจารบีหยดติดที่แท่นเครื่องได้ติดป้ายสีแดง ดังกล่าวข้างต้นนั้น เพื่อให้ช่างซ่อมบำรุงดำเนินการแก้ไขปรับปรุง โดยวิเคราะห์สาเหตุการรั่ว เกิดจากซีลรั่ว ได้เปลี่ยนซีลใหม่ และจากการวิเคราะห์สาเหตุของรากเง้าพบว่า อีกสาเหตุหนึ่งเพราะอัดปริมาณจารบีมากเกินไป จึงได้กำหนด ปริมาณการอัดจารบีและปริมาณการเติมน้ำมันหล่อลื่นในแต่ละครั้งและระยะเวลา

เป็นตัวอย่างเห็นได้ชัดเจนว่า งานบำรุงรักษาบางอย่างพนักงานควบคุมเครื่องจักรสามารถตรวจสอบหาความผิดปกติได้ดี สามารถช่วยแบ่งเบาภาระของช่างซ่อมบำรุง และสามารถแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรได้ก่อนที่จะเกิดความเสียหายขั้นรุนแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นการป้องกันการแก้ไขเพิ่มความยากลำบากขึ้น เสียเวลาซ่อมนานขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนมาตรฐานเบื้องต้น

ขั้นตอนเขียนมาตรฐานเพื่อให้ผู้ควบคุมเครื่องจักรสามารถปฏิบัติตามได้อย่างง่ายๆ เพื่อรักษาสภาพเครื่องจักรให้คงรักษามาตรฐานเดิม หลังจากการดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เพื่อเป็นการกำหนดวิธีปฏิบัติของพนักงานฝ่ายผลิต ซึ่งใช้สำหรับการดูแลความสะอาดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบหล่อลื่น รวมถึงวิธีค้นหาตำแหน่งจุดบกพร่อง ตำแหน่งที่ทำความสะอาดยากลำบาก กิจกรรมนี้เพื่อป้องกันการกลับมาของปัญหาอีก จึงได้สร้างมาตรฐานเพื่อพนักงานประจำเครื่องจักรใช้เป็นคู่มือระเบียบปฏิบัติการการบำรุงรักษาประจำวัน โดยแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

1. มาตรฐานการทำความสะอาด จากการทำความสะอาดที่ผ่านมาในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 ได้แสดงถึงจุดหรือบริเวณที่ต้องทำความสะอาดของเครื่องโม่แป้ง อุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ตลับลูกปืน ฟันเฟือง สายพานขับ อุปกรณ์นิวเมติก แท่นเครื่อง และอื่นๆ ทำความสะอาดเศษข้าว/เศษแป้งที่ตกค้างบริเวณ Rollers และ Casing ได้ทำความสะอาดใบพัดระบายความร้อนมอเตอร์ในขณะเครื่องจักรหยุด

2. มาตรฐานการหล่อลื่น บริเวณตำแหน่งที่ต้องการหล่อลื่น ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องโม่ รวมทั้งกำหนดความถี่ ระยะเวลาที่จะต้องตรวจสอบระดับน้ำมันเกียร์ ตรวจสอบระดับน้ำมัน Feed Roll Geared Motor ตรวจระดับน้ำมันเกียร์ของเฟืองขับ Grinding rolls และมาตรฐานการอัดจารบี อัดจารบีตลับลูกปืน ลูกกลิ้ง จุดละ 20 กรัม ตามตำแหน่งหัวอัดจารบี

3. มาตฐานการตรวจสอบ ปรับตั้ง เพื่อทบทวนจุดต่างๆ ที่ต้องตรวจสอบเป็นประจำ การปรับตั้งให้เครื่องจักรพร้อมใช้งานอยู่เสมอ เช่น การขันแน่น การตั้งค่า ตั้งความตึงสายพาน โดยจัดทำเป็นคู่มือการปฏิบัติแบบง่ายๆ เข้าใจง่าย ในรูปแบบ One Point Lesson (OPL)

หลังจากขั้นตอนที่ 3 ได้ทำการตรวจประเมิน เพื่อตรวจสอบสรุปผลการดำเนินการที่ผ่านมา โดยคณะกรรมการส่งเสริมการดำเนินกิจกรรมทำรายการตรวจติดตาม (Check Sheets) ได้จัดทำรายการตรวจโดยครอบคุมเรื่องความปลอดภัย ความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (A) สมรรถนะ (P) และคุณภาพ (Q) โดยแต่ละหัวข้อให้คะแนนเท่ากับ 25 คะแนน ทั้งหมด 4 หัวข้อ รวมเป็น 100 คะแนน ได้ตั้งเกณฑ์ผ่านการประเมินต้องมากกว่า 80 คะแนน จากการประเมินพนักงานทุกคนได้คะแนนมากกว่า 80 คะแนน ซึ่งถือว่าการปรับปรุงในส่วนเครื่องจักรประสบผลสำเร็จและสามารถเริ่มดำเนินการในขั้นที่ 4 และ 5 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจเช็คโดยรวม

ในขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้น การสร้างพนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักรในระดับปฏิบัติการให้มีความรู้ ความชำนาญในเรื่องเครื่องจักรไปพร้อมๆ กับการตรวจวัด ความผิดปกติ และแก้ไขส่วนชำรุดให้กลับสู่สภาพดังเดิม

หลังจากพนักงานได้ผ่าน 3 ขั้นตอนมาแล้ว ทุกคนได้เรียนรู้การทำความสะอาด การขจัดแหล่งกำเนิดของปัญหา ตลอดจนการตรวจสอบที่จะไม่ให้ปัญหาเกิดซ้ำอีก เพื่อให้เกิดองค์ความรู้เชิงลึกแก่พนักงานฝ่ายผลิต ได้นำขั้นตอนที่ 1, 2, 3 เสริมสร้างความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความรู้ ความชำนาญมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะรายละเอียดเชิงลึกเกี่ยวกับเครื่องโม่แป้ง เช่น ส่วนประกอบต่างๆ หน้าที่การทำงานของส่วนประกอบที่สำคัญ การตรวจสอบ การแก้ไข การให้ความรู้โดยใช้รายละเอียด Component Sheets, Work Instruction Sheets, และ OPL

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจเช็คด้วยตนเอง

การนำมาตรฐานการทำความสะอาด การหล่อลื่น ในขั้นตอนที่ 3 และมาตรฐานการตรวจสอบโดยรวมจากขั้นตอนที่ 4 มาปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาของผู้ควบคุมเครื่องจักรให้สมบูรณ์มากขึ้น ทำให้เครื่องจักรเสื่อมสภาพน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ช่วยเพิ่มเวลาพร้อมใช้งาน (A) มากขึ้น ช่วยเพิ่มสมรรถนะ (P) เครื่องจักร และช่วยเพิ่มคุณภาพ (Q) ของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 และ 5 เป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงที่ตัวบุคคล จึงได้กำหนดการประเมินผู้ควบคุมเครื่องจักร ที่จะสามารถดำเนิน AM ได้ จึงได้ดำเนินการต่อในขั้นตอนต่อไป

จากการประเมินพนักงานทั้งหมด 7 คน ผลการประเมินพนักงาน 3 คนได้คะแนนมากกว่า 90 คะแนน อีก 4 คนได้คะแนน 80 – 89 คะแนน ผลประเมินแสดงให้เห็นว่า พนักงานสามารถปฏิบัติการบำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเองได้ โดยคณะกรรมการส่งเสริมการดำเนินกิจกรรมได้ตรวจประเมินความรู้และทักษะของผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวกับ เครื่องจักร

ขั้นตอนที่ 6 การเขียนมาตรฐาน

เป็นขั้นตอนทบทวนหน้าที่ของผู้ใช้เครื่องจักร การปรับปรุงประสิทธิผลของการดำเนินการ และมาตรฐานทุกอย่างที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ขั้นตอนปรับปรุงจนถึงการควบคุมมาตรฐาน AM และได้เพิ่มเติมส่วนที่จำเป็นคือกิจกรรมเพื่อควบคุมดูแลรักษาสภาพเครื่องจักรอย่างจริงจัง และพยายามทำให้บทบาทหน้าที่ของพนักงานระดับปฏิบัติการในสายการผลิตได้รับการถ่ายทอดไปยังหน่วยงานต่างๆ ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง รวมถึงพยายามลดความสูญเปล่า และสามารถดำเนิน AM ได้อย่างสมบูรณ์

หลังจากได้ดำเนินกิจกรรมกับเครื่องต้นแบบผ่านมา 5 ขั้นตอนแล้ว ขั้นตอนนี้นำสิ่งที่ได้ค้นพบ ที่ได้ใช้ในแต่ละขั้นตอนมาเขียนเป็นมาตรฐานการทำความสะอาด ภายนอก เช่น ฝาครอบ แท่นเครื่อง ภายในเครื่อง เช่น Feed Gate ลูกกลิ้ง Roller Transmission มาตรฐานการหล่อลื่น ได้กำหนดจำนวนจุดที่ต้องหล่อลื่น สารสำหรับหล่อลื่น และปริมาณ นอกจากนั้น มาตรฐานการตรวจสอบ ความตึงของสายพาน Transmission สายพานต้นกำลัง การตั้งค่าที่ระดับผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เช่น การตั้ง Feed Gate ป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่อง การตั้งการบิบของลูกกลิ้งโม่

ขั้นตอนที่ 7 การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ในขั้นตอนนี้ได้การรวบรวมผลสรุปกิจกรรมทั้งหมดที่ได้ดำเนินการมาตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 จนถึงขั้นตอนที่ 6 เพื่อให้พนักงานเห็นการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น เครื่องจักร พนักงาน สภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังเกิดความท้าทายที่จะหาวิธีแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อเกิดการพัฒนา โดยมีแนวคิดว่า การปรับปรุงนั้นเป็นเรื่องไม่มีที่สิ้นสุด ได้นำผลดำเนินการที่ประสบผลสำเร็จ แสดงเป็นบอร์ดกิจกรรม เพื่อประชาสัมพันธ์ให้หน่วยงานอื่นได้เห็น ได้ศึกษาวิธีดำเนินกิจกรรมอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ได้แสดงรูป ก่อน-หลัง ดำเนินการ เพื่อชี้ให้เห็นพัฒนาการอย่างชัดเจน ทำให้เข้าใจขั้นตอนอย่างถูกต้อง จนนำไปสู่ความสำเร็จและพัฒนาเพื่อกำหนดนโยบายที่ยกระดับเป้าหมาย ขยายกิจกรรมไปยังหน่วยงานอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

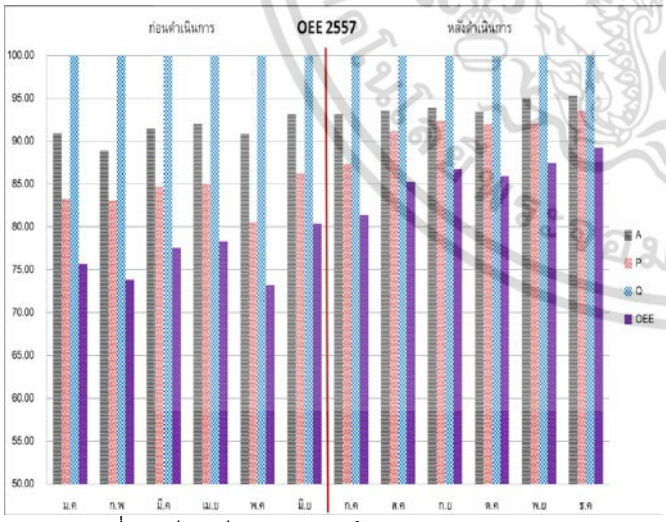
ทำให้ขยายการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั่วทั้งองค์กร ได้จัดให้มีการประกวดผลการดำเนินการและประกาศเกียรติคุณอย่างเป็นทางการ ทำให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

หลังจากจบขั้นตอนที่ 6, 7 แล้ว ได้ตรวจประเมินเพื่อตรวจสอบการดำเนินการที่ผ่านมาทั้งหมด โดยคณะกรรมการส่งเสริมการดำเนินกิจกรรม ซึ่งเป็นการตรวจประเมินผลสำเร็จการดำเนินโครงการ AM ของเครื่องต้นแบบนี้ โดยเน้นประเมินการเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักร การเปลี่ยนแปลงของผู้ปฏิบัติงาน การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม สภาพการทำงาน ผลการประเมินผ่านทั้งเครื่องจักร คน และสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบของ AM จึงนำไปสู่การขยายกิจกรรมจากเครื่องต้นแบบไปสู่ทุกเครื่องจักรทั่วทั้งองค์กร

หลังดำเนินการได้รวบรวมค่า OEE ตั้งแต่ กรกฎาคม – ธันวาคม 2557 ดังตารางที่ 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตลอด 6 เดือน เท่ากับ ร้อยละ 85.99

ตารางที่ 2 ค่า OEE เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม 2557

เดือน	A%	P%	Q%	OEE%
ก.ค	93.19	87.34	100.00	81.39
ส.ค	93.51	91.15	100.00	85.24
ก.ย	93.93	92.36	100.00	86.75
ต.ค	93.44	91.94	100.00	85.91
พ.ย	94.99	92.08	100.00	87.47
ธ.ค	95.34	93.55	100.00	89.19
ค่าเฉลี่ย	94.07	91.40	100.00	85.99



รูปที่ 2 เปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรม AM

4. สรุป และข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

พนักงานผู้ปฏิบัติหน้างานซึ่งแต่เดิมทำหน้าที่เพียงการผลิต ได้เพิ่มการมีส่วนร่วม ความรับผิดชอบ การดูแลเครื่องจักรอุปกรณ์ของตนเอง เนื่องจากได้เล็งเห็นประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินกิจกรรม AM จากเครื่องต้นแบบ และเพื่อเป็นการพัฒนาตนเองให้มีความรู้ความสามารถในการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ให้มีสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ เพื่อผลักดันตนเองในด้านการพัฒนาสายอาชีพ และเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้การประเมินผลการปฏิบัติงานเป็นไปได้อย่างยุติธรรมและเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย

เครื่องจักรได้รับการดูแลใส่ใจมากขึ้น ทำให้เวลาความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Availability: A) สูงขึ้น และสมรรถนะ (Performance: P) เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดการหยุดกระทันหันของเครื่องจักรอุปกรณ์ (Unexpected Breakdown) ลดลง และสามารถเดินเครื่องจักรได้อย่างต่อเนื่องและผลิตผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพ (Q) เครื่องจักรอุปกรณ์รวมทั้งพื้นที่ทำงานมีสภาพเป็นระเบียบเรียบร้อยและสะอาดมากขึ้น

หลังจากดำเนินการตามขั้นตอนของ AM แล้ว พบว่าพนักงานหน้างานสามารถตรวจสอบและแก้ไขอาการล้มเหลวหรือบกพร่องเบื้องต้นได้ และสามารถช่วยเหลือการบำรุงรักษาเครื่องจักรไปพร้อมๆ กับช่างซ่อมบำรุง เนื่องจากได้รับการอบรมเกี่ยวกับเครื่องจักรอย่างละเอียด การดำเนินการได้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 1 ปี สำหรับครึ่งปีแรก คือก่อนดำเนินการ AM ส่วนครึ่งปีหลัง คือหลังการดำเนินการ AM ได้พบว่า ค่า OEE เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.49 คือจากเดิมก่อนดำเนินการ AM เป็นร้อยละ 76.50 เป็น 85.99 สามารถสรุปได้ว่า การดำเนินกิจกรรม AM นี้ สามารถช่วยให้เกิดความพร้อมใช้งานและสมรรถนะ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น สามารถเดินเครื่องจักรได้เต็มผลิตภาพ

4.2 ข้อเสนอแนะ

การเสริมสร้างกิจกรรมเพื่อป้องกันความเสื่อมสภาพและความผิดปกติของเครื่องจักรอุปกรณ์ ด้วย 3 กิจกรรมคือ OPL บอร์ดกิจกรรม (Activity Board) การประชุม (Meeting) โดยสร้างกิจกรรมการทบทวนและปรับปรุงมาตรฐาน AM อย่างสม่ำเสมอและทำอย่างต่อเนื่อง ผลสำเร็จนี้สามารถขยายผลจากความร่วมมือ ร่วมใจ การมีส่วนร่วมของพนักงานในกิจกรรมนี้ การทำงานเป็นทีม ได้ขยายผลไปยังกิจกรรมอื่นอีกมากมาย สามารถทำให้การดำการกิจกรรมเสาอื่นๆ ของ TPM ให้สำเร็จได้สะดวกและมั่นคงมากขึ้น และได้ถ่ายทอดความรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

จากประสบการณ์ การดำเนินการ AM นั้น ขั้นตอนเตรียมการ เป็นกิจกรรมที่สำคัญ ซึ่งต้องทำก่อนเริ่มดำเนินการ เพื่อเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน ได้เริ่มต้นพร้อมกันทุกคน ทำได้ถูกต้องตามหลักการ และก่อให้เกิดความปลอดภัยแก่พนักงาน นอกจากนั้น เพื่อให้รายละอียดที่ดำเนินการอยู่นั้นถูกต้อง และต้องประเมินทุกขั้นตอนก่อนเริ่มขั้นตอนใหม่ต่อไป เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถดำเนินขั้นตอนต่อไปอย่างราบรื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Nakajima, S. (1989), “TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance”, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts.

[2] T. Ahmed and S.M. Ali, M.M Allama, M.S. Parvez (2010) “Total Productive Maintenance (TPM) Approach to Improve Productive Efficiency and Development of loss structure in a Pharmaceutical Industry”. Global Journal of Management and Business Research, Vol.10, Pg 186-190

[3] Halim Mad Lazim, Mohamed Najib Salleh, Chandrakantan Subramaniam, Siti Norezam Othman, (2013) “Total Productive Maintenance and Manufacturing Performance: Does Technical Complexity in the Production Process Matter?” International Journal of Trade, Economics and Finance, Vol 4, No. 6, Pg 380 - 383

[4] James Day, David Troy, Darryl Heller: “The Implementation of Autonomous Maintenance (Part 1 in a series of the Total Productive Manufacturing Experience)” http://www.researchgate.net/publication/237554432_The_Implementation_of_Autonomous_Maintenance_%28Part_1_in_a_series_of_the_Total_Productive_Manufacturing_Experience%29

[5] Kumbi Mugwindiri, Charles Mbohwa (2013) ‘Availability Performance Improvement by Using Autonomous Maintenance – The Case of a Developing Country, Zimbabwe’. World Congress on Engineering 2013, WCE 2013, July 3 – 5, 2013, London, U.K.

[6] Pratesh Jayaswal, Hement Singh Raiput (2012) ‘Implementation of Kaizen and Jishuhozen to Enhance Overall Equipment Performance in a Manufacturing Industry”. International Journal of Research in IT & Management. Vol 2, August 2012, Pg 51- 64

[7] Joanna Krawczyk (2013) “The Autonomous Maintenance”. International Journal of Innovations in Business, Vol 2, No. 8, August 2013, Pg 762 - 777

[8] Vijay D. Kedaria, Vivek A. Deshpande (2014) “Implementation of Total Productive Maintenance Methodology: A Review”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol 3, Issue 4, March 2014, Pg 644 - 648

[9] Abhishek Jain, Rajbir Bhatti, Harwinder Singh Deep, Shiv Kumar Sharma (2012) “Implementation of TPM for Enhancing OEE of Small Scale Industry”, International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR), Vol 1, No. 1, October 2012, Pg 125 - 136

[10] Prasanth S. Poduval, V. R. Pramod, Jagathy Raj V. P. (2013) “Barriers In TPM Implementation In Industries”. International Journal of Scientific & Technology Research, Vol 2, Issue 5, May 2013. Pg 28 - 33

[11] Osama Taisir R.. Almeanazel (2010) “Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement”. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. Vol. 4, No.4, September 2010, Pg 517 - 522

[12] Grant M. Campbell (2007) “Roller Milling of Wheat. Handbook of Powder Technology”, The University of Manchester, Manchester, M60 1QD, UK.

[13] F. H. Hsieh, D. G. Martin H. C. Black H. Tipples (1980) “Some Factor Affecting the First Break Grinding of Canadian Wheat”. American Association of Cereal Chemists, Inc. AACC International.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างและประเมินคุณภาพเครื่องฝานกล้วยเส้น

A Construction and Quality Evaluation of French-Fried Type Sliding Machine for Banana

วิโรช ทัศนะ

สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

เลขที่ 1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทรศัพท์ 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700

wiroj@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้นเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการแปรรูปกล้วยน้ำว้าให้เป็นเส้น เพื่อเป็นเครื่องมือทุ่นแรงในการผลิต ซึ่งใช้หลักการทำงานแบบกลไกชุดข้อเหวี่ยง (Slider–Crank Mechanism) โดยตั้งสมมุติฐานสำหรับการประเมินหาคุณภาพของเครื่องที่สร้างขึ้นคือ ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดี (Index of Item-Objective Congruence, $IOC \geq 0.5$) ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลรวมของดัชนีความสอดคล้องในด้านการออกแบบโครงสร้างและคุณภาพการทำงานของผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 0.78 และของผู้ชำนาญการในด้านคุณภาพการทำงาน เท่ากับ 0.76 แสดงว่าคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้น ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น

คำสำคัญ: การสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้น, กล้วยเส้น, การแปรรูปกล้วยน้ำว้า, ดัชนีความสอดคล้อง

Abstract

A prototype machine for slicing Pisang Awak bananas into French-Fried like strips, employing the Slider-Crank Mechanism of operation, has been designed, reducing the labor effort of the production process. The original aim was to attain an assessment analysis of the quality of the machine construction as built is evaluated in the Index of Item-Objective Congruence (*IOC*) by using the opinions of the experts for machine construction and the specialists for Banana French-Fried equal to or better than 0.5. The results of assessment analyses for total average *IOC* in the opinion of the experts of machine construction and quality are equal to 0.78 and in the opinion of the specialists for Banana French-Fried are equal 0.76. This means that the quality of French-Fried Type Slicing Machine for Bananas has been built congruent to the objectives of the experts and specialists.

Keywords: French-Fried Type Sliding Machine, Machine Construction, Index of Item-Objective Congruence

1. คำนำ

ในปัจจุบันนี้ประเทศชาติกำลังเผชิญปัญหาวิกฤตทางด้านเศรษฐกิจและประชาชนทุกระดับประสบปัญหาต่างๆ ปัญหาหนึ่งที่ประชาชนระดับรากหญ้าซึ่งเป็นคนกลุ่มใหญ่ของประเทศถูกรุมเร้าคือปัญหาความยากจน ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ รัฐบาลจึงได้จัดให้มีโครงการ “หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์” เพื่อให้แต่ละชุมชนได้ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ บริการที่มีคุณภาพ มีจุดเด่นและมูลค่าเพิ่มเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ และได้กำหนดระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยคณะกรรมการอำนวยการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ แห่งชาติ พ.ศ 2544

ในระดับตำบลของจังหวัดบุรีรัมย์ ได้มีชาวบ้านแปรรูปกล้วยน้ำว้าแบบต่างๆ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยอบน้ำผึ้ง กล้วยบวชชี กล้วยตากแห้ง กล้วยกวน กล้วยปิ้ง เป็นต้น ออกมาจำหน่ายในท้องตลาด แต่เพื่อต้องการดึงดูดลูกค้า สร้างความเข้มแข็งแก่ชุมชน และตอบสนองโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ชาวบ้านในระดับตำบลจึงได้ทำการคิดแปรรูปกล้วยเป็นแบบเส้นเรียกว่า “กล้วยเส้น” เพื่อให้มีจุดเด่นเป็นที่ต้องการของตลาดและเป็นอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จากการแปรรูปกล้วยให้เป็นเส้นนั้น ชาวบ้านได้แปรรูปแล้วกล้วยออกมาเป็นเส้นที่ไม่เท่ากันทำให้เส้นออกมาไม่สวยงาม เมื่อฝานไปนานๆ แล้วทำให้เมื่อยล้า ใช้เวลามากในการฝาน ทำให้ไม่ทันต่อการผลิตตามที่ต้องการ และการแปรรูปกล้วยน้ำว้าให้เป็นเส้นนั้นต้องใช้แรงงานคนในการฝานและทำให้เกิดอันตรายได้ในขณะทำการฝานกล้วยเส้นเพราะอาจถูกใบมีดบาดมือได้ การแปรรูปกล้วยน้ำว้าให้เป็นเส้นด้วยมือนั้นมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 การฝานกล้วยเส้นด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงได้คิด “การออกแบบและสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้น” เพื่อให้เป็นต้นแบบสำหรับการแปรรูปกล้วยแบบเส้นด้วยเครื่องมือทุ่นแรง โดยมีขนาดที่เหมาะสมและมีมาตรฐานของกล้วยแบบเส้นเท่ากัน ความหนาประมาณ 5 มม. ลักษณะของเครื่องใช้งานสะดวก ต้นทุนในการผลิตไม่สูงมากนัก ทำให้ชาวบ้านในระดับตำบลสามารถสั่งผลิตได้หรือจัดหาได้ และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องฝานกล้วยแบบเส้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้นใช้ในกลุ่มแม่บ้านระดับตำบล จังหวัดบุรีรัมย์ และประเมินคุณภาพเครื่องฝานกล้วยเส้นที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลและผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้น โดยมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (Index of Item-Objective Congruence, IOC) ≥ 0.5

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพเครื่องฝานกล้วยเส้นใช้แก้ปัญหาการฝานกล้วยน้ำว้าออกมาเป็นเส้นไม่เท่ากัน และช่วยลดการใช้แรงงานคนในการฝานกล้วยเส้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

จากสภาพปัญหาและความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่อง ผู้วิจัยได้ศึกษาดูงานในกลุ่มแม่บ้าน บ้านประคอง อำเภอชำนิ จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นกลุ่มชาวบ้านที่ทำการแปรรูปกล้วยชนิดต่างๆ ออกมาจำหน่ายตามท้องตลาด โดยสอบถามเกี่ยวกับปัญหาของการฝานกล้วยชนิดต่างๆ และศึกษาระเบียบวิธีการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปรผลและสรุปผล จากเอกสารตำราต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างเครื่องจักร

3.2 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้นของการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสร้างเครื่องจักรกลและผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสร้างเครื่องจักรกลไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน และผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้นในกลุ่มแม่บ้าน บ้านประคอง อำเภอชำนิ จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 15 ท่าน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

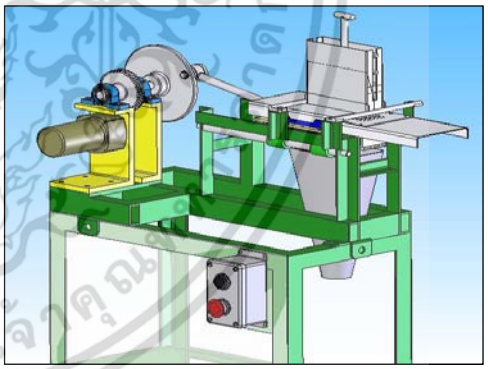
3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งแบ่งออกดังนี้

3.3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้น

ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้นโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนแรก ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะกล้วยน้ำว้า การแปรรูปกล้วยเส้น โดยกล้วยที่นำมาฝานต้องเป็นกล้วยน้ำว้าที่ยังไม่สุกและต้องปอกเปลือกกล้วยก่อนนำมาฝาน และศึกษาแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้น โดยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกล
- ขั้นตอนที่สอง ออกแบบและเขียนแบบเครื่องฝานกล้วยเส้น โดยการออกแบบใช้หลักการทางวิศวกรรม [3-4] สำหรับการออกแบบเครื่องฝานกล้วยเส้น และใช้หลักการเขียนแบบ [5] สำหรับการลงมือสเก็ตภาพรูปแบบเครื่องโดยรวมและภาพแยกชิ้นส่วนต่างๆของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เสร็จแล้วเขียนแบบและจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องฝานกล้วยเส้นด้วยโปรแกรม Computer-Aided Design (CAD) เครื่องที่ออกแบบขึ้นใช้หลักการทำงานแบบกลไกชุดข้อเหวี่ยง (Slider-Crank Mechanism) และใบมีดตัดทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด SUS 316 อยู่คงที่จำนวน 10 ใบ ห่างกัน 5 มม. และใช้เอ-ซี เซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo Motors) 150 วัตต์ในการส่งกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบโครงสร้างของเครื่องฝานกล้วยเส้น

- ขั้นตอนที่สาม ปรึกษาและนำเสนอการออกแบบให้กับผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการตรวจสอบลักษณะของเครื่องฝานกล้วยเส้นที่ได้จากการออกแบบและเขียนแบบขึ้น ถ้ามีข้อเสนอแนะหรือแก้ไขผู้วิจัยก็กลับไปแก้ไข แล้วก็ให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการตรวจสอบอีกครั้งจนผ่าน
- ขั้นตอนที่สี่ สร้างเครื่องฝานกล้วยเส้นโดยลงมือสร้างตามแบบที่ได้ออกแบบและเขียนแบบไว้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3
- ขั้นตอนที่ห้า ทดสอบการใช้เครื่องฝานกล้วยเส้นที่สร้างเสร็จแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4, 6 และ7

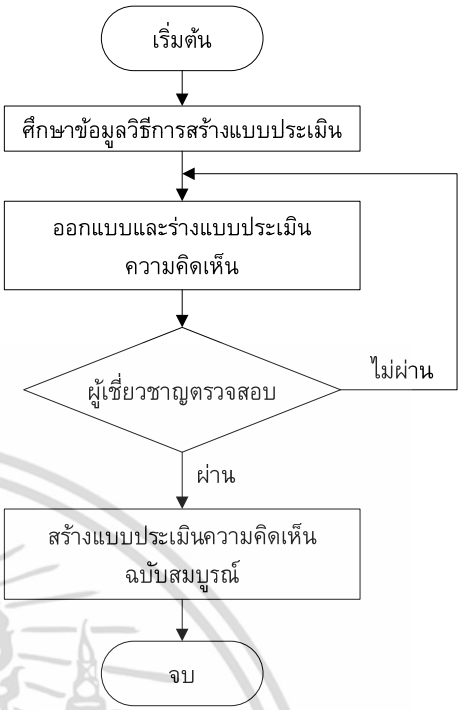
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 แสดงการสร้างชิ้นส่วนเครื่องฝานกล้วยเส้น

รูปที่ 4 แสดงเครื่องฝานกล้วยเส้นที่สร้างเสร็จแล้ว

3.3.2 การสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลและผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้น ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ

3.3.3 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินการโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือข้อมูลจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกล และข้อมูลจากกลุ่มผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้น ขั้นตอนในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ แสดงดังต่อไปนี้

- นัดหมายผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ โดยทำหนังสือเรียนเชิญนัดหมาย วัน เวลา เพื่อทำการประเมินเครื่องฝานกล้วยเส้นที่สร้างขึ้น
- แนะนำการใช้เครื่องฝานกล้วยเส้นที่สร้างขึ้นและการใช้แบบประเมินความคิดเห็น
- สาธิตการใช้เครื่องฝานกล้วยเส้นให้กับผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ ดูขั้นตอนและข้อควรระวังในการใช้เครื่อง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6 และ 7
- ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ ทดลองการใช้เครื่องฝานกล้วยเส้นว่ามีคุณภาพหรือไม่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6 และ 7 สำหรับรูปที่ 8 แสดงตัวอย่างกล้วยเส้นหลังจากผ่านกรรมวิธีการแปรรูปด้วยเครื่องฝานกล้วยเส้น
- ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการประเมินเครื่องฝานกล้วยเส้น โดยกรอกข้อมูลแสดงความคิดเห็นลงในใบประเมินความคิดเห็น
- เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

รูปที่ 6 สาธิตการใช้เครื่องฝานกล้วยเส้นให้กับผู้ชำนาญการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 การทดลองใช้เครื่องฝานกล้วยเส้นโดยผู้เชี่ยวชาญ

รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างกล้วยเส้นจากการแปรรูปด้วยเครื่องฝานกล้วยเส้น

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของแบบประเมินความคิดเห็นมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

- แบบประเมินตอนที่ 1 ถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป วิเคราะห์ด้วยสถิติค่าร้อยละ (%)
- แบบประเมินตอนที่ 2 ถามเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างของเครื่องฝานกล้วยเส้นและคุณภาพการทำงาน ซึ่งวิเคราะห์โดยดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการเป็นตัววัดความสอดคล้อง ดังแสดงในสมการ (1) และหาค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนของ *IOC* ($\bar{X}$) ดังแสดงในสมการ (2)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{n} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma IOC}{N} \quad (2)$$

โดยที่

ΣR คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ

ΣIOC คือ ผลรวมคะแนนของ *IOC* ทั้งหมด

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ

N คือ จำนวนคำถามของแบบประเมินความคิดเห็น

- แบบสอบถามตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะทั่วๆ ไป วิเคราะห์โดยการสรุปความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการโดยใช้การแจกแจงความถี่

4. ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลทางสถิติจากแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประเมินคุณภาพของเครื่องฝานกล้วยเส้นที่สร้างขึ้นในแก้ปัญหาการฝานกล้วยน้ำว้าออกมาเป็นเส้นไม่เท่ากันและช่วยลดการใช้แรงงานคนในการฝานกล้วยเส้น จากการทดลองและเก็บข้อมูลได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จากการนำเครื่องฝานกล้วยเส้นไปทดลองฝานกล้วยน้ำว้าที่ยังไม่สุกที่แผนกเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลประเมินเครื่องที่สร้างขึ้น ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ปรากฏผลดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นข้อมูลทั่วไป

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ระดับวุฒิการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เป็นระดับปริญญาตรี ร้อยละ 100 ของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด และประสบการณ์ในการทำงานด้านการสร้างเครื่องจักรกลของผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ระหว่างประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไปคือร้อยละ 100 และมีตำแหน่งหรือหน้าที่ปัจจุบันเป็นอาจารย์สอนแผนกเทคนิคการผลิต ร้อยละ 60 ส่วนที่เหลือเป็นอาจารย์สอนแผนกเทคนิคพื้นฐาน ร้อยละ 40

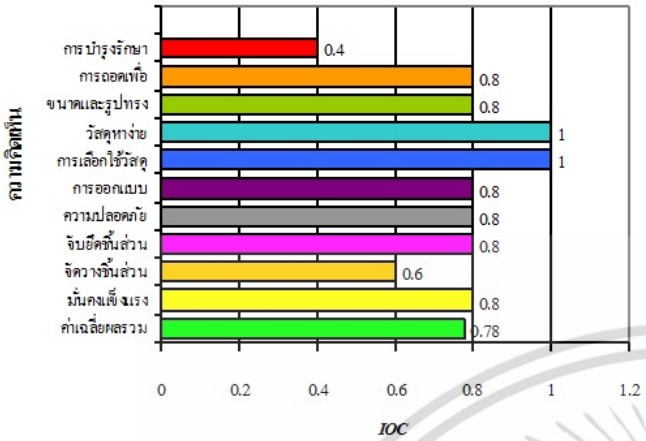
4.1.2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นทางด้านการออกแบบโครงสร้าง

จากรูปที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลในด้านการออกแบบโครงสร้างผลปรากฏว่าค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนทั้งหมดของ *IOC* จากแบบประเมินทุกข้อของดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{X}$) จำนวน 5 ท่าน เท่ากับ 0.78 แสดงว่าการออกแบบโครงสร้างของเครื่องฝานกล้วยเส้นเครื่องนี้ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น

การออกแบบโครงสร้างที่ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินเครื่องฝานกล้วยเส้นผลปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันในด้านความเหมาะสมในการเลือกวัสดุและวัสดุที่นำมาใช้สร้างสามารถหาได้ง่ายในท้องตลาด โดยมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องมากที่สุด ส่วนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

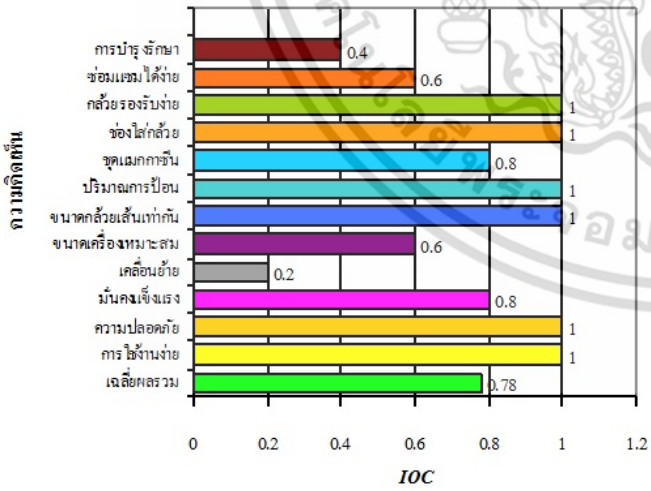
บำรุงรักษาของเครื่องฝานกล้วยเส้นมีค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องน้อยที่สุด เท่ากับ 0.4 ของระดับความคิดเห็น



รูปที่ 9 กราฟแสดงค่า *IOC* ทางด้านการออกแบบโครงสร้าง

4.1.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นทางด้านคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้นโดยผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลพิจารณาในด้านคุณภาพการทำงานผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนทั้งหมดของ *IOC* จากแบบประเมินทุกข้อของดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{X}$) จำนวน 5 ท่าน เท่ากับ 0.78 แสดงว่าคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้นผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น



รูปที่ 10 กราฟแสดงค่า *IOC* ทางด้านคุณภาพการทำงานสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คุณภาพการทำงานที่ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินเครื่องฝานกล้วยเส้นผลปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันมากที่สุดในด้านขั้นตอนการใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความปลอดภัยในขณะใช้งาน ขนาดความกว้างของกล้วยเส้นเท่ากันทุกเส้นหลังจากฝานแล้ว กล้วยเส้นที่ฝานออกมาได้ปริมาณพอดีตามปริมาณการป้อน ช่องทางใส่ฝานกล้วยเส้นผู้ใช้สามารถใส่กล้วยได้ง่าย และช่องทางออกของกล้วยเส้นผู้ใช้สามารถนำภาชนะรองรับได้ง่าย ส่วนการเคลื่อนย้ายและการบำรุงรักษาของเครื่องฝานกล้วยเส้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องน้อยที่สุด

4.1.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นข้อเสนอแนะทั่ว ๆ ไปของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินข้อเสนอแนะทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญคือ ควรปรับปรุงในเรื่องการเคลื่อนย้ายให้สะดวก ขนาดของเครื่องควรมีขนาดเล็ก กะทัดรัด และอุปกรณ์ฝานกล้วยเส้นทั้งหมดควรเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ชำนาญการ

จากการนำเครื่องฝานกล้วยเส้นไปทดลองฝานกล้วยน้ำว้าที่ยังไม่สุกที่กลุ่มแม่บ้าน บ้านประคอง อำเภอชำนิ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยให้ผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้นประเมินเครื่องที่สร้างขึ้น ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ปรากฏผลดังนี้

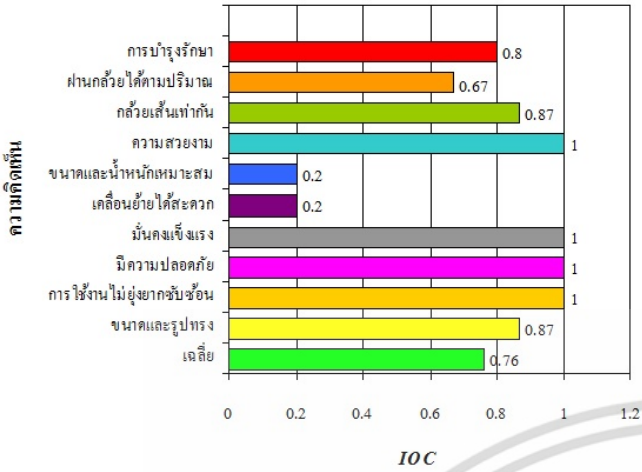
4.2.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นข้อมูลทั่วไป

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า เพศของผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้นส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 67 ส่วนที่เหลือเป็นเพศชาย ร้อยละ 33 และส่วนมากมีอายุระหว่าง 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 47 อายุ 30 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 40 และส่วนที่เหลืออายุไม่เกิน 20 ปี ร้อยละ 13 และวุฒิการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 100 และประสบการณ์ในการทำงานของผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้นมีประสบการณ์ระหว่าง 5-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 73 ส่วนที่เหลือประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 27

4.2.2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นทางด้านคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้นโดยผู้ชำนาญการ

จากรูปที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้นในด้านคุณภาพการทำงานผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนทั้งหมดของ *IOC* จากแบบประเมินทุกข้อของดัชนีความสอดคล้องของผู้ชำนาญการ ($\bar{X}$) จำนวน 15 ท่าน เท่ากับ 0.76 แสดงว่าคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้นผู้ชำนาญการมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น ซึ่งผู้ชำนาญการมีความคิดเห็นสอดคล้องกันมากที่สุดในด้านขั้นตอนการใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความปลอดภัยในขณะใช้งาน มีความมั่นคงแข็งแรงในขณะใช้งาน และมีความสวยงามของกล้วยเส้นเท่ากันทุกเส้นหลังจากฝานแล้ว ส่วนขนาดน้ำหนักและการเคลื่อนย้ายของเครื่องมีค่าดัชนีความสอดคล้องน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 กราฟแสดงค่า *IOC* ทางด้านคุณภาพการทำงานสำหรับผู้ชำนาญการ

4.2.3 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นข้อเสนอแนะทั่วๆ ไปของผู้ชำนาญการ

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินข้อเสนอแนะทั่วไปของผู้ชำนาญการคือ ควรปรับปรุงในเรื่องขนาดของกล้วยเส้น โดยออกแบบการฝานให้ได้หลายๆ ขนาด และการออกแบบเครื่องฝานกล้วยเส้นควรออกแบบให้เล็ก กะทัดรัดและเคลื่อนย้ายให้สะดวก

5. สรุป

การสร้างเครื่องฝานกล้วยเส้นใช้ในกลุ่มแม่บ้าน ระดับตำบล จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบใช้ในการแปรรูปกล้วยน้ำว้าให้เป็นเส้น เพื่อเป็นเครื่องมือทุ่นแรงในการผลิตและลดการใช้แรงงานคน โดยผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานคือ ผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญการมีความคิดเห็นสอดคล้องในเรื่องคุณภาพของเครื่องที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดี ($IOC \geq 0.5$) ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้ชำนาญ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

(1) ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลในด้านการออกแบบโครงสร้าง มีค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนทั้งหมดของ *IOC* จากแบบประเมินทุกข้อของดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{X}$) จำนวน 5 ท่าน เท่ากับ 0.78 แสดงว่าการออกแบบโครงสร้างของเครื่องฝานกล้วยเส้นเครื่องนี้ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น

(2) ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องจักรกลในด้านคุณภาพการทำงาน มีค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนทั้งหมดของ *IOC* จากแบบประเมินทุกข้อของดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{X}$) จำนวน 5 ท่าน เท่ากับ 0.78 แสดงว่าคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้น ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น

(3) ดัชนีความสอดคล้องระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับแบบประเมิน (*IOC*) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้ชำนาญการด้านการฝานกล้วยเส้นในด้านคุณภาพการทำงาน มีค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนทั้งหมดของ *IOC* จากแบบประเมินทุกข้อของดัชนีความสอดคล้องของผู้ชำนาญการ ($\bar{X}$) จำนวน 15 ท่าน เท่ากับ 0.76 แสดงว่าคุณภาพการทำงานของเครื่องฝานกล้วยเส้น ผู้ชำนาญการมีความคิดเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] บรรเลง ศรนิล และกิตติ นิงสานนท์, “การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล,” กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2523.

[2] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, “การออกแบบเครื่องจักรกล 1,” กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537.

[3] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, “การออกแบบเครื่องจักรกล 2,” กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537.

[4] วุฒิชัย กปิลกาญจน์, “กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล,” กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, มปป.

[5] บรรเลง ศรนิล, “เขียนแบบเครื่องกล 03,” กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2523.

[6] บุญชม ศรีสะอาด, “การวิจัยเบื้องต้น,” กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาตัวแบบเพื่อการประเมินระดับความสามารถการบริการบำบัดระบบหายใจ

An Approach to Modeling for Evaluation of Respiratory Care Services for Thai Hospital Using HUMM

สุภัตรา พงศ์ศักดิ์[1], กิตติมา เมฆาบัญชากิจ[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ
[1] po.supattra_st@tni.ac.th
[2] kittima.me@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินองค์กร เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการพัฒนาหน่วยงานให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมาตรฐานของการบำบัดรักษาในโรงพยาบาลที่มีความเสี่ยงทางด้านชีวิต ซึ่งการบริการบำบัดระบบหายใจนั้นมีความสำคัญ เพราะมีความเสี่ยงอย่างมากต่อชีวิตของผู้ป่วย โดยพบว่าเป็นสาเหตุของภาวะแทรกซ้อนและการตายของผู้ป่วยที่สูงกว่าการบำบัดอื่นๆ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อพัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อนำเสนอ RCMM (Respiratory Care Maturity Model) จากตัวแบบของ HUMM (Health Usability Maturity Model) พัฒนาแนวทางการประเมินสถานพยาบาลของสถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (องค์กรมหาชน) (HAS 2011) และพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการนำเสนอการประเมินวุฒิภาวะของสถานพยาบาล ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะนำไปใช้ประโยชน์แก่หน่วยงานภายในโรงพยาบาลในการหากลยุทธ์ เพื่อพัฒนาจุดด้อยในการให้บริการบำบัดระบบหายใจ โดยประโยชน์หลักที่ได้จากตัวแบบคือมุมมองที่อธิบายรายละเอียดของ 5 องค์ประกอบ 4 กลยุทธ์ และ 9 หลักการของ “usability” ซึ่งการแสดงผลที่ชัดเจนนี้จะช่วยให้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและปรับปรุงคุณภาพการให้บริการได้อย่างเหมาะสมกับปัญหาได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: การประเมินประสิทธิภาพ, บริการบำบัดระบบหายใจ, แบบจำลองระดับความสามารถ, วุฒิภาวะ

Abstract

Evaluation process of organization is the important index to improve the organization. Especially standard of hospital which is a higher risk of patient’s lives, moreover respiratory care services are very important because those are close to patient’s lives and get more cause of complications and mortality rate than other therapeutic procedures. This article proposed the RCMM model (Respiratory Care Maturity Model) that is developed from HUMM model (Health Usability Maturity Model) for evaluate Hospital’s capability in HA Scoring 2011 (HAS 2011). Result from proposed model use as input to create hospital’s strategy improvement. Proposed model describe by 5 factors, 4 strategies, and 9 approaches of “usability” to inspection and improve the organization efficiency of respiratory care services specification.

Keywords: evaluation, measurement, respiratory care services, capabilities, competencies, model.

1. บทนำ

การพัฒนาคุณภาพสถานพยาบาลของประเทศไทยปัจจุบันใช้มาตรฐานของ HA (Hospital Accreditation) ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อกำหนดและค่านิยมหลัก ที่ถูกประยุกต์มาจากเกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่งชาติ (TQA/MBNQA) ลักษณะของมาตรฐานโดยรวมเป็นข้อเสนอให้ผู้นำและทีมงานของแต่ละโรงพยาบาลพิจารณาเพื่อเลือกดำเนินการเฉพาะในส่วนที่จะเป็นประโยชน์และเหมาะสมกับบริบทของตนเอง นอกจากนี้ในส่วนของ SPA (Standards - Practice - Assessment) ซึ่งเป็นส่วนของแนวทางสำหรับโรงพยาบาลในการนำมาตรฐานไปสู่การปฏิบัติ ยังมีแนวคิดที่เป็นความคาดหวังในส่วนของกระบวนการที่เป็นระบบ (systematic approach) โดยหมายถึงลักษณะของกระบวนการที่กำหนดขั้นตอน ผู้รับผิดชอบ และรอบเวลาดำเนินการที่ชัดเจน เพื่อช่วยให้มีการปฏิบัติที่สามารถทำซ้ำได้เหมือนเดิม มีการวัดและประเมินผลอย่างเหมาะสมเพื่อปรับปรุงกระบวนการนั้นให้ได้ผลดียิ่งขึ้น[1]

การพัฒนาระบบการบริการบำบัดทางด้านสุขภาพในปัจจุบันทำให้มีหลายตัวเลือกสำหรับแนวทางการบำบัดรักษา การป้องกัน รวมทั้งการวินิจฉัยต่างๆ จนกลายเป็นความท้าทายที่สำคัญสำหรับทีมผู้ให้บริการบำบัด ที่จะต้องใช้ความพยายามในการตัดสินใจ ทำความเข้าใจในความสมดุลของผลประโยชน์และความเสี่ยงของการให้บริการบำบัดรักษาสำหรับผู้ป่วยแต่ละคน และต้องทำความเข้าใจด้วยว่าในแต่ละตัวเลือกที่แตกต่างกันอาจนำมาใช้กับผู้ป่วยที่มีลักษณะส่วนบุคคลที่ไม่ซ้ำกัน คุณภาพของผลลัพธ์ของการให้บริการจำเป็นต้องอาศัยมุมมองในส่วนที่เป็นคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ภายใต้คุณค่าทางสังคม พร้อมกับอุปสรรคในการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น ความพร้อมด้านเทคโนโลยี บุคลากร และกระบวนการจัดการการให้บริการ[2] สำหรับในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพในการดำเนินการของหน่วยงานหรือองค์กร นับว่ามีความสำคัญที่ช่วยบ่งชี้ความอยู่รอด และจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งหากสามารถทราบได้ว่าการมีหรือไม่มีประสิทธิภาพเป็นผลมาจากปัจจัยส่วนใด ด้วยจะช่วยให้องค์กรสามารถแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อปรับตัวได้อย่างเหมาะสม และถูกต้องตรงตามสาเหตุอันเป็นปัจจัยที่แท้จริงมากที่สุด[3]

ในปี 2008 สถาบันการแพทย์แห่งวอชิงตันดีซี (Institute of Medicine, Washington DC) รายงานว่า การดูแลทางด้านสุขภาพอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการบริการทางการแพทย์ คือ ระบบและกระบวนการ โดยพบว่ากระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีความหลากหลายและความซับซ้อนของการเจ็บป่วย ความแตกต่างของระดับการศึกษาและประสบการณ์ของผู้ให้การบำบัด ร่วมกับปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เป็นส่วนประกอบที่เพิ่มความซับซ้อนของการดูแลบำบัดผู้ป่วย ซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ [4] ปัญหาของโรคระบบทางเดินหายใจนับเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อทุกเพศทุกวัยตั้งแต่ก่อนการเกิดผ่านไปจนถึงจุดสิ้นสุดของชีวิต แม้ในช่วงที่ผ่านมาจะมีการพัฒนาการป้องกันและรักษาโรคระบบทางเดินหายใจ แต่ปัจจุบันก็ยังนับว่ามีผลกระทบร้ายแรงต่อทั้งสุขภาพกายและสุขภาพทางเศรษฐกิจ โดยพบว่าเป็นผลให้เกิดค่าใช้จ่ายกับระบบการดูแลสุขภาพที่ถือว่าอาจจะมากที่สุดและมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของบุคคลและครอบครัวในระยะยาว เช่นในประเทศแคนาดาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในปี 2007 ค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อม มีมูลค่ารวมถึง 154 ล้านดอลลาร์สหรัฐ[5]

การบำบัดระบบหายใจในประเทศไทยนั้น ปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายรองรับวิชาชีพนักบำบัดระบบหายใจ ไม่มีนักบำบัดระบบหายใจที่เรียนจบครบหลักสูตรที่สากลรับรอง ไม่มีการเปิดสอนศาสตร์เกี่ยวกับการบำบัดระบบหายใจในสถาบันการศึกษาใด รวมทั้งยังไม่มีองค์กรที่เฉพาะเจาะจงที่ได้รับการบัญญัติเป็นกฎหมาย ให้ทำหน้าที่ควบคุมกำกับการบำบัดรักษาผู้ป่วยทางด้านนี้ หน่วยบำบัดระบบหายใจที่มีในโรงพยาบาลหลายแห่ง ไม่ได้ทำงานที่เกี่ยวกับการบำบัดระบบหายใจอย่างแท้จริง[6] ส่วนใหญ่เป็นการดูแลโดยทีมที่ถูกกำหนด หรือออกแบบตามกลยุทธ์ในการพัฒนาคุณภาพในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยของแต่ละโรงพยาบาล สมาคม สถาบันทางการแพทย์ หรือองค์กรต่างๆ ซึ่งทำให้ปัจจุบันการบำบัดระบบหายใจในประเทศไทยมีความหลากหลาย แต่ละโรงพยาบาลมีการกำหนดกิจกรรมบำบัดทางระบบหายใจ และทีม หรือผู้มีหน้าที่ในการบำบัดผู้ป่วยที่แตกต่างกัน รวมทั้งแนวทางในการวัดและติดตามคุณภาพการดูแลก็มีความหลากหลายแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการศึกษาวิจัยต่างๆ ส่วนใหญ่พบว่ามีความสำพันอย่างยิ่งต่อการเกิดอัตราตาย (mortality rate) และภาวะแทรกซ้อนที่ไม่พึงประสงค์ (adverse events [7][8] ดังนั้นในการปรับปรุงคุณภาพของการบำบัดทางระบบหายใจ โดยการช่วยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือมีบทบาทในการให้การบำบัด สามารถรับรู้ระดับความสามารถ (capability level) เช่นสร้างความชัดเจนในส่วนของปัจจัยหรือองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง จะช่วยให้สามารถกำหนดแนวทางหรือกลยุทธ์ในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพในการบำบัดดูแลผู้ป่วย และคาดหวังผลลัพธ์ในการดูแลผู้ป่วยที่ดีขึ้น

จากการติดตามผลของการประเมินคุณภาพสถานพยาบาลของรัฐตาม HA Scoring 2011 (HAS 2011) ที่แต่ละโรงพยาบาลได้รับภายหลังการประเมิน มีลักษณะของการรายงานการเยี่ยมสำรวจ ที่เป็นการเสนอข้อมูลในลักษณะของความชื่นชมและข้อเสนอแนะ ซึ่งเป็นภาพรวมของโรงพยาบาล โดยจะมีรายละเอียดตามข้อมาตรฐานที่กำหนดไว้ สำหรับการพัฒนาตัวแบบเพื่อใช้ในการประเมินระดับความสามารถในการบริการบำบัดระบบหายใจ โดยการเพิ่มความชัดเจนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความจำเป็นจะต้องพัฒนา สำหรับหน่วยงานหรือทีมผู้รับผิดชอบ นำเสนอมิติของมุมมองที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการบำบัดระบบหายใจ เช่น คุณลักษณะของการบำบัดที่ดี (Respiratory service specification) องค์ประกอบที่เป็นสาเหตุสำคัญคาดว่าจะช่วยให้หน่วยงาน หรือทีมผู้ให้การบำบัดระบบหายใจ รับรู้ระดับความสามารถ และจุดด้อยที่จะต้องทำการพัฒนาต่อไปได้ชัดเจนอันจะช่วยให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพการดูแลผู้ป่วยยิ่งขึ้นต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพบริการด้านสุขภาพ

หลักการพัฒนาตัวแบบสำหรับการวัดและประเมินคุณภาพเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือควรใช้วิธีผสมผสาน (Mixed Method Evaluations) ซึ่งจะต้องมีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพร่วมกัน ช่วยให้เกิดความสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือในการประเมินและให้ความรู้ที่สำคัญสำหรับการวางแผนงานและบริหารงานในอนาคต [9] แนวทางในการพัฒนาตัวแบบจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ดีที่สุดของตัวแบบที่มีอยู่ปัจจุบันและนำส่วนที่ดีไปพัฒนาปรับปรุงต่อยอด[10][11]

การพัฒนาเพื่อให้เกิดการดูแลสุขภาพที่มีคุณภาพและมีความน่าเชื่อถือสูงในด้านความปลอดภัย ท่ามกลางปัญหาหลากหลายทางการแพทย์ที่มีความจำเป็นและความเร่งด่วนจำนวนมาก Chassin และ Loeb ได้ทำการรวบรวมองค์ความรู้จากองค์กรต่างๆทางการแพทย์ (the Joint Commission's knowledge) และจากการทบทวนเอกสารทางวิชาการต่างๆ ที่มีการตีพิมพ์ ร่วมกับเชิญผู้เชี่ยวชาญที่เป็นนักวิชาการด้านอุตสาหกรรมธุรกิจการบินและอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ มาร่วมกันกำหนดโครงร่าง ทำความเข้าใจลักษณะและพฤติกรรมเงื่อนไขที่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับบริการด้านการแพทย์ ทั้งนี้เชื่อว่าเมื่อโรงพยาบาลนำไปพัฒนาในระยะ(stage)ต่างๆแล้วจะทำให้ผ่านเข้าสู่ระดับ "High-Reliability" และมีการดูแลสุขภาพที่มีคุณภาพต่อไป[12]

ด้วยสภาพความเป็นจริงที่ทรัพยากรในโลกมีอยู่จำกัด ทรัพยากรด้านสุขภาพของประเทศไทยในปัจจุบัน กล่าวได้ว่าอยู่ในภาวะขาดแคลน ผลลัพธ์ของบริการสุขภาพจึงมีความจำเป็นต้องแสดงว่ามีความคุ้มค่าหรือไม่ เช่น คุ้มค่าต่อผู้ใช้บริการ ผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้ให้บริการ หรือสังคม จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลลัพธ์ เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจบริหารจัดการ การใช้ทรัพยากร รวมทั้งการสนับสนุนการปฏิบัติงานด้านต่างๆ เช่น บุคลากร วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ เวชภัณฑ์ต่างๆ ให้เกิดผลลัพธ์ที่คุ้มค่าในทุกมิติ ได้แก่ ผู้ใช้บริการ ผู้ให้บริการ สังคม รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้อง [13]

2.2 ตัวแบบที่ใช้ในการพัฒนาการประเมินคุณภาพ

อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล [14] ได้เสนอการประเมินคุณภาพสถานพยาบาลของรัฐตาม HA Scoring 2011 (HAS 2011) ซึ่งเป็นตัวแบบที่มีเป้าหมายสำหรับใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบงานของโรงพยาบาลและใช้ประเมินเพื่อหาโอกาสพัฒนา โดยมีพื้นฐานแนวคิดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ผู้เยี่ยมสำรวจโดยมิตรจากภายนอก (external peer review) เพื่อรับรู้วุฒิภาวะ ของการพัฒนา และกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

(2) ผู้รับการเยี่ยมสำรวจหรือโรงพยาบาลมีหน้าที่ในการใช้ HAS 2011 ในการประเมินตนเองและจัดทำร่างประเด็นในแผนการพัฒนาเพื่อยกระดับวุฒิภาวะ โดยพาผู้เยี่ยมสำรวจตามรอยระบบงานต่างๆ ของโรงพยาบาล การผ่านการรับรองจะมีระดับต่างๆ ซึ่งรับรู้กันเป็นการภายในและมีผลต่อความเข้มข้นของการติดตามในครั้งถัดไป

(3) การวัดผลการประเมินแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับพอผ่าน (2.5 -3.0) ระดับดี (3.0-3.5) ระดับดีมาก (3.5-4.0) และระดับดีเยี่ยม (มากกว่า 4.0)

Boone Edna [15] ได้เสนอหลักการของ “**Usability**” ในข้อกำหนดของ HUMM (Healthcare Usability Maturity Model) โดย สถาบัน Healthcare Information and Management systems Society (HIMSS) มี ดังต่อไปนี้

9 หลักการของ HUMM ด้าน “Usability”

1) Simplicity: เรียบง่าย ชัดเจน ตรงไปตรงมา

2) Naturalness: เป็นธรรมชาติ

3) Consistency : ความสอดคล้อง

4) Minimizing cognitive load : ลดภาระการทำงานของพุทธิปัญญา

5) Efficient interactions : พัฒนาส่วนต่อประสานให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) Forgiveness and feedback : การให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยบรรยากาศของความรักและการอภัย

7) Effective use of language : การใช้ภาษาสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

8) Effective information presentation : การนำเสนอข้อมูลที่เป็นสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ

9) Preservation of context : ความเหมาะสมสอดคล้องตามบริบท

HUMM ได้เสนอองค์ประกอบหลักของการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพในด้านการแพทย์ 5 องค์ประกอบ และมีแนวทางสำหรับการบูรณาการ 4 กลยุทธ์ ดังนี้

5 องค์ประกอบการพัฒนาคุณภาพทางด้านการแพทย์

1) ผู้รับบริการ (focus on user)

2) การบริหารจัดการ (management)

3) กระบวนการและโครงสร้างองค์กร (process and infrastructure)

4) ทรัพยากร (resources)

5) ความรู้ของผู้ปฏิบัติงาน (education)

4 กลยุทธ์สำหรับการบูรณาการ

1) การรายงานความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพ “wake-up call”

2) การพัฒนาความรู้และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานรายบุคคล โดยเยี่ยมสำรวจหน้างานอย่างใกล้ชิด นำประเด็นจากการเยี่ยมสำรวจ ได้แก่ เรื่องที่เป็นปัญหา สถิติ เหตุการณ์เล่าสู่กันฟัง การแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นหน้างาน ฯลฯ จัดทำเป็นคู่มืออ้างอิง ที่เกิดโดยการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง อันช่วยให้ผู้นำสามารถนำมาพัฒนาองค์กรจากสภาพความเป็นจริงได้มากที่สุด “Individual Infiltration Tactics”

3) ค้นหาผู้เชี่ยวชาญจากทุกส่วนขององค์กรที่มีความสามารถในการรวบรวม สรุปและนำเสนอ เพื่อช่วยเชื่อมโยงเหตุการณ์และประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในองค์กร ส่งต่อไปยังผู้บริหารสูงสุดให้รับรู้เรื่องราวต่างๆ “Finding Internal Champion(s)”

4) การใช้ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกองค์กรเพื่อเป็นที่ปรึกษาช่วยเร่งให้เกิดผลสำเร็จที่น่าพอใจ “External Expert as a Catalyst”

2.3 มาตรฐานของการบำบัดที่ดีสำหรับการบริการบำบัดระบบหายใจ

ผลลัพธ์ซึ่งระบบสุขภาพของประเทศ และของทั่วโลกให้ความสำคัญ เป็นความคาดหวังของผู้ใช้บริการ และความรับผิดชอบในเชิงวิชาชีพ ได้แก่ ผลลัพธ์ 7 เป้าหมาย คือ [4][12][13][15][16][17][18][19]

1) ประสิทธิผลของการบำบัด (effective = accuracy + completeness)

2) ความปลอดภัย (safety)

3) ผู้ป่วยเป็นศูนย์กลาง (patient-centered)

4) ความรวดเร็วและทันเวลาของการบริการ (timeliness)

5) คุ้มค่าคุ้มทุน (efficient)

6) ถูกต้องเป็นธรรม (equitable)

7) ผู้ใช้บริการและญาติพึงพอใจในบริการ (Satisfaction)

ในการทบทวนบทความทางวิชาการ แนวทางปฏิบัติและคุณลักษณะสำคัญของการบำบัดทางระบบหายใจที่ดี (Best Practices and Respiratory Service Specification) ที่มีการรวบรวมไว้ ได้พิจารณาเลือกบทความ แนวทางปฏิบัติ และคุณลักษณะสำคัญที่พบว่ามีการวัดผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับ 7 เป้าหมายที่กล่าวข้างต้น มาประกอบการพัฒนาตัวแบบการบริการบำบัดระบบหายใจ ดังแสดงในตารางที่ 1

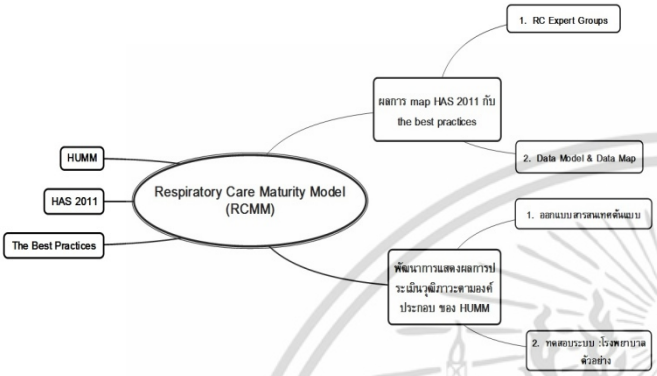
ตารางที่ 1 แหล่งอ้างอิงที่ใช้ประกอบการพัฒนาตัวแบบ

แหล่งอ้างอิง	
(1) “Specialists in out-of-hospital settings” ของ Whittington respiratory service	[20]
(2) “Regulation and Quality Improvement Authority Independent Review of the Implementation of the Respiratory Service Framework” ของ health and social care (HSC) services in Northern Ireland	[21]
(3) “Guidelines for intensive care unit design”	[22]
(4) “Thinking Outside the Box: Moving the Respiratory Care Profession Beyond the Hospital Walls”	[23]
(5) “Integrate Respiratory Service Model of Care” โดย South	[24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Canterbury District Health Board”	
(6) “Best practice guidance on developing a respiratory service specification” โดย IMPRESS	[25]
(7) “Staffing the Respiratory Care Department: New Considerations”	[26]

3. กรอบแนวคิดการวิจัยและการออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อการประเมินผล



รูปที่ 1. กรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อการสร้างตัวแบบประเมินและวัดระดับความสามารถการให้บริการบำบัดระบบหายใจ

กรอบแนวคิดของงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 1 พัฒนาขึ้นจากตัวแบบของ HUMM และ HAS 2011 ซึ่งเป็นแนวทางการประเมินคุณภาพสถานพยาบาลของไทยในปัจจุบัน และใช้เอกสารประกอบอื่น ได้แก่ หลักปฏิบัติที่ดี (Best practices) จากองค์กรที่กำกับดูแลมาตรฐานการบำบัดระบบหายใจ ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เพื่อนำมาสร้างต้นแบบระบบสารสนเทศ สำหรับการแสดงผลตามเกณฑ์การประเมินของ HAS 2011 ในรูปแบบที่ช่วยเพิ่มมิติของมุมมองเพื่อให้ทีมสุขภาพ หน่วยงาน หรือองค์กรที่เริ่มพัฒนาวุฒิภาวะความสามารถเข้าใจได้ง่าย และสำหรับหน่วยงานที่ผ่านการดำเนินการพัฒนาในระยะหนึ่งแล้ว สามารถใช้ตัวแบบประเมินตรวจวัดระดับวุฒิภาวะเพื่อเปรียบเทียบ สำหรับการพัฒนาต่อยอด มีประโยชน์ต่อการใช้ผลของการประเมิน ในการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพการบริการใน 5 องค์ประกอบ 4 กลยุทธ์ และ 9 หลักการสำคัญของ “usability” (key usability principle) ของ HUMM ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ตัวแบบ ของ HUMM

HUMM		
5 Elements	**4 Strategies**	**9 keys usability principle**
1.Focus on Users	1.wake-up call	1.simplicity
2.Management	2.Individual Infiltration Tactics	2.Naturalness
3.Process & Infrastructure	3.Finding Internal Champion(s)	3.Consistency
4.Resource	4.External Expert as a Catalyst	4.Minimizing cognitive load
5.Education		5.Efficient interactions
		6.Forgiveness and feedback
		7.Effective use of language
		8.Effective information presentation
		9.Preservation of context .

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศในงานวิจัยนี้ จะพัฒนาเกณฑ์การเทียบ (mapping) โครงสร้างข้อมูลการประเมินของ HAS 2011 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 กับ การนำคำที่เป็นคำสำคัญ (key word) หรือคำหลักที่มีความหมายชัดเจน ที่ปรากฏใน Process area groups, Process areas, Sub-Process areas ของ HAS 2011 มา แมพ กับ Best practices ใช้วิธีวิเคราะห์โดยผู้วิจัย เพื่อจุดประสงค์ในการนำไปพัฒนาตัวแบบการบริการบำบัดระบบหายใจ (Respiratory Care Maturity Model : RCMM) ซึ่งผลที่คาดหวัง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 โครงสร้างข้อมูลในการประเมินของ HAS 2011

การประเมินตามมาตรฐาน HAS 2011		
process area groups	process area	number of subprocess area
I ภาพรวมขององค์การบริหารองค์กร	1.การนำ(LED)	5
	2.การบริหารเชิงกลยุทธ์(STM)	5
	3.การมุ่งเน้นผู้ป่วย / ผู้รับผลงาน (PCF)	5
	4. การวัด วิเคราะห์ และจัดการความรู้ (MAK)	5
	5.การมุ่งเน้นทรัพยากรบุคคล (HRF)	5
	6.การจัดการกระบวนการ (PCM)	3
II กระบวนการสำคัญ	1.การบริหารความเสี่ยง ความปลอดภัย และคุณภาพ (RSQ)	6
	2.การกำกับดูแลด้านวิชาชีพ (PFG)	3
	3.สิ่งแวดล้อมในการดูแลผู้ป่วย (ENV)	8
	4.การป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ (IC)	5
	5.ระบบเวชระเบียน (MRS	3
	6.ระบบการจัดการด้านยา (MMS)	5
	7.การตรวจทดสอบประกอบการวินิจฉัยโรค และบริการที่เกี่ยวข้อง(DIN)	8
	8.การเฝ้าระวังโรคและภัยคุกคามภาพ (DHS)	3
	9.การทำงานกับชุมชน (COM)	5
III กระบวนการดูแลผู้ป่วย	1.การเข้าถึงและเข้ารับบริการ (ACN)	3
	2.การประเมินผู้ป่วย (ASM)	3
	3.การวางแผน (PLN)	2
	4.การดูแลผู้ป่วย (PCD)	9
	5.การให้ข้อมูลและเสริมพลังแก่ผู้ป่วย /ครอบครัว (IMP)	1
	6.การดูแลต่อเนื่อง (COC)	1
		93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4. ตัวแบบการบริการบำบัดระบบหายใจ (Respiratory Care Maturity Model : RCMM) ที่ได้มาจากผลการ แมพ HAS 2011 กับ Best Practices

RCMM	Best Practices	หมายเหตุ
R_PG[I] ภาพรวมองค์กรและการนำ		R_PG,R_PA, R_SPA หมายถึง Process area groups, Process areas,Sub-Process areas ของ RCMM
R_PA[I-1]การนำ		
R_SPA[1.1]บทบาทการนำ		
R_SPA[01]มีการนำระดับนโยบาย	[21],[23]	
R_SPA[02]มีการนำระดับปฏิบัติ	[20],[21],[26]	
R_SPA[03]มีการนำของผู้รับบริการและผู้มีส่วนร่วม	[20],[21],[23],[24],[25]	
R_SPA[1.2].....	.....	
R_SPA[04].....	.....	
R_SPA[05].....	.....	
R_PA[I-2]การเฝ้าติดตาม การเตรียมตัว/การประสานเพื่อดำเนินการ		
R_SPA[2.1].....	.....	
....		

ส่วนสำคัญที่ทำให้เกณฑ์การ แมพ ระหว่าง HAS 2011 กับ Best practices ช่วยสร้างคุณประโยชน์ในด้านความชัดเจน คือการออกแบบข้อมูลเพื่อนำไปใช้แสดงผลอย่างมีความหมายกับ 5 องค์ประกอบ 4 กลยุทธ์ และ 9 หลักการของ usability ของ HUMM ทั้งนี้โดยมีผู้เชี่ยวชาญจากโรงพยาบาลพระปกเกล้า, สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล(องค์กรมหาชน), สมาคมอุรเวช, สมาคมเวชบำบัดวิกฤต และสภาพยาบาล ให้ความอนุเคราะห์ เป็นผู้ประเมิน ให้ข้อเสนอแนะการแมพ ซึ่งได้ทำการพัฒนาในครั้งนี้ ผลลัพธ์ที่คาดหวังจากการประเมิน จะเป็นรูปแบบในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลลัพธ์การแสดงผลการประเมินกับ 5 องค์ประกอบ 4 กลยุทธ์ และ 9 คุณลักษณะของ “usability” ของ HUMM

	HUMM											
	Focus on user			Management		Process&Infrastructure			Resource			Education		
RCMM	Evaluation	strategies	usability	Evaluation	strategies	usability	Evaluation	strategies	usability	Evaluation	strategies	usability	Evaluation	strategies	usability
R_PG[I],R_PA[I-1],R_SPA[01]		4	9		4	9		3	3,4		-	-		-	-
R_PG[I],R_PA[I-1],R_SPA[02]		4	9		2	3,9		.....	...		-	-		...	...
R_PG[I],R_PA[I-1],R_SPA[03]		4	9		2	3,9		-	-		-	-		...	...
....															

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ใช้กรอบแนวคิดของ HAS 2011, HUMM และแนวทางปฏิบัติที่เป็นคุณลักษณะสำคัญของการบำบัดทางระบบหายใจที่ดี (Best Practices and Respiratory Service Specification) ในการพัฒนาสารสนเทศเพื่อการนำเสนอการประเมินวุฒิภาวะของสถานพยาบาล นำไปใช้ประโยชน์ในการหากลยุทธ์ เพื่อการพัฒนาจุดด้อยในการบริการบำบัดระบบหายใจ งานวิจัยนี้ได้มีการ

1) mapping โครงสร้างข้อมูลของเกณฑ์ดังกล่าว 2) ออกแบบ Data Map (ได้แก่การวัด Process Area Groups, Process Areas และ Sub-process Areas, การใช้ (key word) ของ HAS 2011 และเสนอมุมมองที่อธิบายรายละเอียดโดยใช้ 5 องค์ประกอบ 4 กลยุทธ์ และ 9 หลักการของ “usability” ของ HUMM) 3) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแสดงผลการประเมินตามตารางที่ 5

ตัวอย่างของการนำผลลัพธ์ของการประเมินในตารางที่ 5 ไปใช้ดังที่ได้แสดงผลในด้านแถวที่1 แสดงว่าหน่วยงานที่ให้บริการมีคะแนนจากการประเมิน 5 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นคะแนนในด้านภาพรวมองค์กรและการนำ(R_PAI-1)ในส่วนของ “การนำระดับนโยบาย(R_SPA[01])” = 86 % ซึ่ง 14 % ที่ยังเป็นส่วนขาด ให้สามารถตรวจสอบและเทียบเคียงกับเนื้อหา ที่เป็นคำอธิบายตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในตัวแบบ RCMM และนอกจากนี้ผลการประเมินได้เสนอแนะจุดที่ต้องพัฒนาในส่วนขาด 3 องค์ประกอบ คือ ในส่วนของผู้รับบริการ การบริหารจัดการ กระบวนการและโครงสร้างองค์กร โดยเลือกกลยุทธ์ที่4 “การใช้ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกองค์กรเพื่อเป็นที่ปรึกษา” ส่วนวิธีการหรือแนวทางที่แสดงส่วนของ “usability” ที่ 9 นั้นให้พิจารณาเลือกใช้แล้วมีความเหมาะสมสอดคล้องตามบริบทของท้องถิ่นนั้น เป็นต้น ผลการวิจัยจะนำไปใช้ประโยชน์แก่หน่วยงานภายในโรงพยาบาลในการหากลยุทธ์เพื่อการพัฒนาจุดด้อยในการให้บริการบำบัดระบบหายใจ เทียบเคียงกับมาตรฐานระดับชาติ ทั้งนี้หน่วยงานภายในโรงพยาบาลที่ทำหน้าที่รับผิดชอบและเกี่ยวข้องกับการให้บริการบำบัดระบบหายใจ ซึ่งอาจมีหลายหน่วยงาน ตามผังองค์กรของแต่ละโรงพยาบาล โดยหน่วยงานจะได้รับประโยชน์จากตัวแบบ ในมุมมองของตัวแบบที่แสดงผลรายละเอียด 5 องค์ประกอบ 4 กลยุทธ์ และ 9 หลักการของ “usability” อันจะช่วยให้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและปรับปรุงคุณภาพการให้บริการได้เหมาะสมกับปัญหาตามความเป็นจริงได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล, “SPA & Self_enquiry PartI,” สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล(องค์กรมหาชน), ตุลาคม 2552. [Online]. Available: http://www.si.mahidol.ac.th/th/division/soqd/admin/news_files/164_18_1.pdf

[2] J. V. Selby, “Funding Announcement: Improving Methods for Conducting Patient-Centered Outcomes Research,” Patient-Centered Outcomes Research Institute, 2013.

[3] ประสพชัย พสุนนท์, “วิธีการคัดเลือกตัวแปรสำหรับการประเมินประสิทธิภาพองค์กรด้วยวิธีการ Data Development Analysis,” คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551, หน้า 27–37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[4] R. G. Hughes, "Tools and Strategies for Quality Improvement and Patient Safety," in *Patient Safety and Quality: An Evidence-Based Handbook for Nurses*, R. G. Hughes, Ed. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US), 2008.

[5] G. Cox,. "The National Lung Health Framework," October 2008.

[6] ทนันชัย บุญบูรพงศ์, *การบำบัดระบบหายใจในเวชปฏิบัติ : Respiratorycare in clinical practice*, ครั้งที่3 ,2555. [กรุงเทพฯ] : ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

[7] Levine R. Edwin,(2012,July) (ed.), "Best Practices in Respiratory Care Productivity and Staffing," American Association for Respiratory Care, 9425 N. MacArthur Blvd, Suite 100, Irving, TX 75063, Position Statement.,

[8] Menard Christiane(2012,March)(ed.), "Best Practice Statements:Continuous Remote Monitoring on General Wards Improving Patient Safety Through Early Recognition of Respiratory Events," Best Practice Statements, Mar. 2012.

[9] เทิดศักดิ์ สุพันดี, "การประเมินโดยใช้วิธีการแบบผสมผสาน(Mixed Method Evaluations)," มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2551.

[10] K. Taylor, "2011 Respiratory Therapy National Competency Profile," The National Alliance of Respiratory Therapy Regulatory Bodie, 2011..

[11] P.-V. Javier Mauricio et al, "HDQM2: Healtcare Data Quality Maturity," presented at the Transactions of the International Conference on Health Information Technology Advancement. Paper 37., vol. Vol.2 No.1, October 2013.

[12] C. R. Mark and L. Jerod, "High-Reliability Health Care: Getting There from Here," *Milbank*, vol. Vol. 91, No. 3, pp. 459–490, 2013.

[13] จินนะรัตน์ ศรีภัทรภิญโญ และอัมภา ศรารัชต์, การพัฒนาคุณภาพบริการพยาบาล เพื่อความคุ้มค่า คุ้มทุน, 2nd ed., กรุงเทพฯ : บริษัท สามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพฯ) จำกัด, 2551.

[14] อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล, "คำชี้แจงประกอบการใช้ HA Scoring 2011," สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล(องค์กรมหาชน), 1 ตุลาคม 2553.

[15] Boone Edna.() (ed.) "Promoting Usability in Health Organizations: Initial Steps and Progress Toward a Healthcare Usability Maturity Model," February, 2011.

[16] พรชัย ดีไพศาลสกุล, "ความคาดหวัง และการรับรู้ของผู้รับบริการต่อคุณภาพบริการโรงพยาบาล," *Veridian E-Journa*, vol. January – April 2013, no. Vol.6 No.1, 2553.

[17] ชัชวาลย์ ทัตศิวัช, "เครื่องมือศึกษาคุณภาพการให้บริการ," *TPA Writer*, 2011. [Online]. Available: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1285&pageid=7&read=true&count=true.

[18] P. Carayon, T. B. Wetterneck, A. J. Rivera-Rodriguez, A. Schoofs Hundt, R. Holden, and A. P. Gurses, "Human factors systems approach to healthcare quality and patient safety," *2013*.

[19] Q. Xiaobo, T. Ellen, and J. Matthew, "Designing for Patient Safety: Developing Methods to Integrate Patient Safety Concerns in the Design Process," Oct. 2011.

[20] C. Ham, "Specialists in out-ofhospital settings," Whittington respiratory service, Oct. 2014.

[21] M. McBride, "The Regulation and Quality Improvement Authority.Independent Review of the Implementation of the Respiratory Service Framework.," The Regulation and Quality Improvement Authority, Mar. 2014.

[22] T. Dan R., H. D. Kirk, (Cadenhead Charles D., S. Sandra M., chwindel Stephanie M., and A. Diana C., "Guidelines for intensive care unit design," *Crit Care Med*, Vol. 40, No. 5, pp. 1584–1600, 2012.

[23] T. R. Myers, "Thinking Outside the Box: Moving the Respiratory Care Profession Beyond the Hospital Walls," *Respir. Care*, vol. 58, no. 8, pp. 1377–1385, Aug. 2013.

[24] M, McKevitt, "INTEGRATED RESPIRATORY SERVICE MODEL OF CARE," South Canterbury Distric Health Board, Aug. 2013.

[25] B. Kay, "Best practice guidance on developing a respiratory service specification," August 2008.

[26] F. Richard M, "Staffing the Respiratory Care Department: New Considerations," *Respir. CARE*, , November 2011..

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้กระบวนการเชิงพันธุกรรมในการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่าง กรณีศึกษา โรงพยาบาลนครปฐม

Applying Genetic Algorithm for Vehicle Routing Problem of Specimen management Case Study: Nakon Pathom Hospital

ศิริลักษณ์ อเนกบุญลาภ[†1], ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน[‡2], ธีรพล เปียฉ่ำ[§3], ธนกรณ์ แน่นหนา[#4]

[†] *สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*

[‡] *หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น*

1771/1 ซอยพัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

[1] siriluck@tni.ac.th

[2] dumrongkiat@tni.ac.th

[§] *ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิกและเทคโนโลยีประยุกต์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล*

[#] *หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*

999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบล ศาลายา อำเภอ พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

[3] theeraphon.pia@mahidol.ac.th

[4] thanakorn.nae@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างจากโรงพยาบาล (รพ.) ที่อยู่ใต้การดูแลของรพ.นครปฐม และส่งผลวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างกลับไปยังรพ.นั้น ๆ โดยกำหนดให้รถที่ออกไปรับกลุ่มตัวอย่างต้องกลับมายังรพ.นครปฐม ภายใน 3 ชั่วโมง นับตั้งแต่รถเริ่มออกเดินทาง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านบรรจุภัณฑ์ ด้านสภาพแวดล้อมภายนอก อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ขาดประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้แบ่งวิธีการพัฒนาหาคำตอบเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1: จัดกลุ่มรพ.ที่อยู่ใต้การดูแลของรพ.นครปฐมตามเงื่อนไขเวลาที่กำหนด ขั้นตอนที่ 2: สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีปมข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด (Nearest neighbor Algorithm: NN) และขั้นตอน 3: นำคำตอบในขั้นตอนที่ 2 มาปรับปรุงเส้นทางด้วยกระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนารูปแบบวิธีการหาคำตอบโดยมีเป้าหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ที่ต้นทุนการขนส่ง ผลการเปรียบเทียบพบว่าการปรับปรุงเส้นทางด้วย GA จาก NN ที่มีจำนวนรพ. และตำแหน่งที่ตั้งรพ.เหมือนกัน สามารถลดระยะทางรวมจากการจัดเส้นทางเดินรถจากความชำนาญของคนขับรถ ได้ถึงร้อยละ 22.037

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นเดินรถ, กระบวนการเชิงพันธุกรรม, วิธีปมข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด, เงื่อนไขการจำกัดเวลาเดินรถ

Abstract

The research presents The Genetic Algorithm (GA) to solve the vehicle routing problems a sample with traffic time restriction for trucks the hospital that under the care of the Nakon Pathom hospital. As a result, the sample was returned to the hospital to analyze in the laboratory of the hospital within 3 hours since leave from Nakon Pathom hospital. Due to the limitations of the stuffing and the external environment may reduce effective of sample and can't analysts. The proposed method is composed of 3 steps as follow: grouping the hospital base on area of traffic time restriction, applying Neatest Neighbor algorithm (NN) to construct and initial feasible solution, improving the solution by GA. The computational result show that NN hybridized GA provided the base solution. In this research was conducted and developed a method to solve problem with the goal that provide the route map. Transportation cost of sample and analysis are low. A comparison show that use Genetic Algorithm from Nearest neighbor Algorithm with same quantity and same hospital can reduce distance from old process with expert for driving up to 22.037 average

Keywords: Vehicle Routing Problem, Genetic Algorithm, Nearest Neighbors Algorithm

1. บทนำ

การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง หมายถึงการวิเคราะห์เลือด เม็ดเลือด ปัสสาวะ และอุจาระของผู้ป่วย เพื่อให้แพทย์นำผลการวิเคราะห์มาใช้ประกอบการวินิจฉัยโรคให้กับผู้ป่วยได้อย่างแม่นยำ ในการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างมีหลายรูปแบบ ตั้งแต่การสังเกตด้วยตา จนถึงการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ ซึ่งในการใช้อุปกรณ์วิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง บางรพ.ไม่สามารถมีอุปกรณ์ที่ทันสมัยในการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างได้ ทางรพ.นครปฐมจึงมีนโยบายในการรับกลุ่มตัวอย่างจากรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลมาวิเคราะห์ผล และนำผลการวิเคราะห์ส่งกลับไปใช้ประกอบการวินิจฉัยโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กับผู้ป่วย โดยอ้างอิงระบบการดูแลรพ.ตามการจัดสรรงบประมาณของกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย

กระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย แบ่งการดูแลรพ.ในแต่ละจังหวัดออกเป็น 3 ระดับ เรียงตามความสำคัญจากมากไปน้อยตามลำดับ ได้แก่ โรงพยาบาลศูนย์ (รพ.ศ.) โรงพยาบาลชุมชน (รพ.ช.) และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ในจังหวัดนครปฐมมีรพ.ทั้งหมด 165 โรง ประกอบด้วย รพ.ศ. 1 โรง รพ.ช. 8 โรง รพ.สต. 156 โรง ในงานวิจัยฉบับนี้เน้นการจัดเส้นทางเดินรถ โดยศึกษาจากรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐมทั้งหมด 45 โรง ประกอบด้วย รพ.ช. 8 โรง และรพ.สต. 37 โรง

ในการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการขนส่ง จึงทำให้เกิดการวิจัยฉบับนี้ขึ้น เพื่อศึกษาหาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมลดลงจากเดิม เพื่อลดต้นทุนทางการขนส่งลง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจริงของรพ.นครปฐม โดยมีเงื่อนไขในการจัดเส้นทางเดินรถ 2 เงื่อนไข ได้แก่ ระยะเวลาเดินรถ และช่วงเวลาในการเดินรถ

ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนี้ โดยจัดกลุ่มรพ.ตามเงื่อนไขรอบเวลา และสร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย NN จากนั้นนำคำตอบที่ได้มาปรับปรุงด้วย GA โดยมีเป้าหมายเพื่อหาเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมลดลง

2. ทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาการเดินรถออกไปรับสินค้าหรือกระจายสินค้าเป็นการจัดการที่เน้นจัดการกับต้นทุนการขนส่ง [1] ซึ่งกระบวนการจัดเส้นทางเดินรถจะเน้นไปที่ความรวดเร็ว และความถูกต้องตรงตามตารางเวลาที่ได้วางแผนไว้ การวางแผนเส้นทางการเดินรถต้องคำนึงถึง ชนิดสินค้า จำนวนลูกค้า ความจุของรถ เป็นต้น [2] ดังนั้นในการออกแบบระบบการจัดเส้นทางเดินรถส่วนมากจะพยายามใช้เส้นทางที่เหมาะสมและลดต้นทุนในการขนส่งให้ลดลงมากที่สุด

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนในระดับเอ็นพีฮาร์ด (NP – Hard Problem) ทำให้การหาผลเฉลยที่เหมาะสมด้วยวิธีแม่นตรง (Exact Method) เป็นวิธีในการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการคำนวณหาจากทุกกรณีที่สามารถเป็นไปได้มาเปรียบเทียบกัน การคำนวณทำได้ยากเมื่อมีจำนวนปัญหาขนาดใหญ่และมีเงื่อนไขจำนวนมาก ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในปี ค.ศ. 1959 กลุ่มนักวิจัย Dantzig ได้ทำการวิจัยพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการจัดเส้นทางต่าง ๆ ไว้สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่มีขนาดใหญ่ และมีเงื่อนไขจำนวนมาก ซึ่งใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน [3]

ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีหลากหลายวิธี โดยสามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่มได้แก่ วิธีการแม่นตรง วิธีฮิวริสติกส์ วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ [4] ซึ่งผู้วิจัยหลาย ๆ ท่านได้นำการแก้ไขปัญหาทั้ง 3 กลุ่มมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถในรูปแบบต่าง ๆ

การใช้วิธีการ Branch and Bound Algorithm ที่เป็นวิธีการแม่นตรงในการหาเส้นทางเดินรถ จากการแตกเส้นทางออกเป็นเส้นทางย่อยทั้งหมด และค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด แต่วิธีการนี้ใช้เวลาในการหาคำตอบนาน หากขนาดของปัญหามีขนาดใหญ่ก็จะต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนานขึ้น ทำให้ไม่เหมาะกับปัญหาที่มีความซับซ้อน จำนวนลูกค้าค่อนมาก และมีความต้องการที่รวดเร็ว [5, 6]

การใช้วิธีกระบวนการเซฟวิ่ง [7] เป็นการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์เพื่อให้ได้ระยะทางรวมต่ำที่สุด ในการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์สามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว แต่อาจจะได้ความแม่นยำที่ต่ำ [8]

การใช้ NN เป็นการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์อีกอย่างหนึ่งที่ง่ายและสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว ไม่ซับซ้อน แต่อาจจะได้ความแม่นยำที่ต่ำเช่นเดียวกับวิธีกระบวนการเซฟวิ่ง ในการหาคำตอบแบบ NN จะใช้ข้อมูลระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละจุด ในการตัดสินใจหาลูกค้าที่ใกล้ที่สุดก่อนจะออกเดินทาง และลูกค้าผู้นั้นต้องไม่เคยอยู่ในเส้นทางเดินรถมาก่อน [9]

การใช้ GA เป็นการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ ที่เพิ่มความซับซ้อนในการวิเคราะห์ผล โดยใช้แนวคิดเดียวกับการพัฒนาพันธุกรรมของมนุษย์มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ [10] ซึ่ง GA ถือเป็นวิธีที่หาคำตอบได้ใกล้เคียงกับวิธีการหาคำตอบแบบแม่นตรง อีกทั้งยังสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว และมีความแม่นยำค่อนข้างสูง หากเป็นปัญหามีขนาดเล็ก อีกทั้งความแม่นตรงยังแปรผันตรงกับขนาดและความซับซ้อนของปัญหาอีกด้วย

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมา วิธีการแบบฮิวริสติกส์เป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการจัดเส้นทาง ข้อจำกัด และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดเส้นทางเดินรถ ทั้งนี้วิธีฮิวริสติกส์สามารถแก้ไขปัญหาได้ใกล้เคียงค่าความแม่นตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำ NN และ GA มาประยุกต์ใช้ โดยการหาคำตอบเริ่มต้นจาก NN ก่อน จากนั้นนำคำตอบที่ได้มาปรับปรุงด้วย GA โดยมีเงื่อนไขในการจัดเส้นทางตามข้อจำกัดตามหน้างานจริง

3. การรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างของเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย ข้อมูลความต้องการส่งกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลระยะทางในการจัดเส้นทางเดินรถ ประเภทและความจุของรถที่ใช้ และเงื่อนไขในการจัดเส้นทางเดินรถ สำหรับนำมาวิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการออกแบบระบบให้ผู้ใช้งานทั้งรพ.นครปฐม และรพ.ชหรือรพ.สต.ได้ใช้ในการรับจำนวนความต้องการในการส่งกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวัน และจัดเส้นทางเดินรถตามจำนวนความต้องการนั้น ๆ ได้อย่างแม่นยำ ถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และเป็นเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมน้อยลง รวดเร็วทันเวลาที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1. ข้อมูลความต้องการส่งกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลการจัดเส้นทางเดินรถ ภายในเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 ทำให้เห็นความแตกต่างของความต้องการในการส่งกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวันได้อย่างชัดเจน โดยความต้องการในแต่ละวันขึ้นกับวันที่หน่วยแพทย์ลงพื้นที่ตรวจตาม รพ. นั้น ๆ

3.2. ข้อมูลระยะทางในการจัดเส้นทางเดินรถ

ระยะทางในการเดินทางในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการเดินทางไปและกลับที่มีระยะทางไม่เท่ากัน (Asymmetric) โดยอ้างอิงจุดพิกัดละติจูดและลองติจูดของรพ.ทั้งหมด 45 โรง จากกระทรวงสาธารณะสุขประเทศไทย (http://www.ezymaps.com) และคำนวณระยะทางจากกูเกิ้ลแมพ (https://maps.google.co.th/maps?hl=th) เพื่อนำข้อมูลมาสร้างเป็นเมตริกระยะทาง ดังตัวอย่างตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเมตริกระยะทาง

	1	2	…	45
1	0	4.8	…	23.7
2	6.57	0	…	23.5
:	:	:	0	:
45	4.26	7.631	…	23

3.3. ประเภทและความจุของรถที่ใช้

ในกรณีศึกษานี้ เป็นการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับเดินทางออกไปรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ระหว่างรพ.นครปฐมกับรพ.ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐม โดยรถที่ใช้ในการขนส่งมีความสามารถในการบรรจุกลุ่มตัวอย่างไม่จำกัด และไม่มีบรรจุภัณฑ์สำหรับเก็บรักษาอุณหภูมิหรือกันกระแทกให้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4. วิธีการจัดเส้นทางเดินรถของกรณีศึกษาในปัจจุบัน

จากการสอบถามข้อมูลจากคณะแพทย์ที่ดูแลงานด้านการจัดเส้นทางเดินรถในช่วงเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 พบว่าเส้นทางเดินรถเกิดจากประสบการณ์ของคนขับรถ มีรูปแบบการจัดเส้นทางที่มีแนวคิดใกล้เคียงกับ NN โดยคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินรถ 3 ชั่วโมง เริ่มนับจากรถออกจากรพ.นครปฐมจนนำกลุ่มตัวอย่างกลับมายังรพ.นครปฐมในขั้นตอนสุดท้าย

3.5. เงื่อนไขในการจัดเส้นทางเดินรถ

การจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ในกรณีศึกษานี้ เป็นการจัดเส้นทางเดินรถระหว่างรพ.ไม่เกิน 45 โรง ขึ้นกับความต้องการในแต่ละวัน ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- มีความต้องการไม่แน่นอน
- ระยะทางไป – กลับไม่เท่ากัน
- รถที่ใช้ในการเดินทางมีความจุไม่จำกัด
- รถที่ใช้ในการเดินทางวิ่งด้วยอัตราความเร็ว 70 กม./ชม.
- รถทุกคันจะต้องกลับมายังจุดเริ่มต้น ภายใน 3 ชม.

3.6. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์ ในกรณีศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งลง ในการจัดเส้นทางเดินรถแบบความต้องการไม่แน่นอน สามารถอธิบายได้ด้วยกราฟ G (V,A) เมื่อ V = {0,1, … ,N} และ A = {(i,j) : i,j ∈ V, I ≠ j}

ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} C_{ij}x_{ij} \qquad \text{… (1)}$$

สมการขอบข่าย (Subject to)

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \quad (j = 2, \ldots, n) \qquad \text{… (2)}$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{v=1}^{NV} x_{ij}^{v} = 1 \quad (i = 2, \ldots, n) \qquad \text{… (3)}$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{iv_0}^{v} - \sum_{j=1}^{N} x_{v_0 i}^{v} = 0 \qquad \text{… (4)}$$

$$x_{ij}^{v} = 0 \text{ or } 1 \text{ for all i, j, v} \qquad \text{… (5)}$$

ดัชนี

i ลำดับโรงพยาบาล i (i = 1, 2, … ,N)

j ลำดับโรงพยาบาล j (j = 1, 2, … ,N)

v ลำดับรถที่ใช้ในการเดินทาง v (v = 1, 2, … , NV)

พารามิเตอร์

V เซตของโรงพยาบาล

V_0 โรงพยาบาลนครปฐม

A เซตเส้นเชื่อมระหว่างโรงพยาบาล i ไป j

N จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมด เท่ากับ 45 โรงพยาบาล

C_{ij} ค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างโรงพยาบาล i ไป j

x_{ij} เส้นทางในการเดินทางระหว่างโรงพยาบาล I ไป j

NV จำนวนรถที่ใช้ในการเดินทาง

สมการที่ (1) คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเส้นทางในการเดินทางเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด สมการที่ (2) และ (3) เป็นการประกันว่ารพ.ทุกรพ.จะได้มีรถเพียง 1 คันใน 1 วันเท่านั้นที่จะเข้าไปรับกลุ่มตัวอย่าง สมการที่ (4) เป็นการประกันว่าเมื่อรถเข้ามายังจุดรับกลุ่มตัวอย่างแล้วจะต้องออกเดินทางไปรับกลุ่มตัวอย่างจากรพ.ในลำดับถัดไป สมการที่ (5) กำหนดให้ x_{ij} เป็น 1 ก็ต่อเมื่อเส้นทางจากจุด i และ j เชื่อมโยงกันในแผนการเดินรถ และ x_{ij} เป็น 0 ก็ต่อเมื่อเส้นทางจากจุด i และ j ไม่เชื่อมโยงกันในแผนการเดินรถ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพัฒนาวิธีการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

งานวิจัยฉบับนี้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนี้ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดกลุ่มรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐมตามเงื่อนไขเวลาที่กำหนด โดยรพ.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของรพ.นครปฐมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ รพ.ช. และรพ.สต.

โรงพยาบาลชุมชน แต่ละรพ.จะต้องดูแลรพ.สต.ที่อยู่ภายใต้การดูแลของตัวเองอีกจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการส่งกลุ่มตัวอย่างในบางวันจะไม่สามารถระบุช่วงเวลาที่แน่นอนได้ รพ.นครปฐมจึงเปิดให้รพ.ช.เข้ามาส่งกลุ่มตัวอย่างได้ตลอดเวลาทำการ ผู้วิจัยจึงออกแบบโดยแบ่งเป็นรอบการส่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 รอบ คือ รอบเช้าและรอบบ่าย

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล แต่ละรพ.จะได้รับการดูแลจากรพ.นครปฐมหรือรพ.ช. แบ่งเป็น 3 รอบตามวันที่หน่วยแพทย์ลงพื้นที่คือ วันอังคาร วันพุธ และวันพฤหัส

ขั้นตอนที่ 2 สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย NN สำหรับจัดเส้นทางการเดินรถตามความต้องการจากรพ.แต่ละแห่งในแต่ละวัน ตามข้อจำกัด โดยขั้นตอนของ NN มีกระบวนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) กำหนดให้รพ.นครปฐมเป็นรพ.เริ่มต้นของเส้นทาง

2) ค้นหารพ.ที่มีระยะทางใกล้กับรพ.ก่อนหน้ามากที่สุด

3) ตรวจสอบเงื่อนไขว่า รพ.นั้นยังไม่เคยถูกจัดลงในเส้นทางหรือไม่ และเวลาในการเดินทางไม่เกิน 3 ชั่วโมงตามเงื่อนไขที่กำหนด

4) ถ้าหากถูกต้องตามเงื่อนไขใน 3) ให้รพ.ที่ได้นั้นเป็นรพ.ถัดไปในการเดินทาง

5) ตรวจสอบว่าในเส้นทางที่จัดมีครบทุกรพ.ที่กำหนดหรือยัง

6) หากเงื่อนไขใน 5) ไม่ครบ ให้วนทำ 2) - 5) จน 5) จะครบ

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการนำคำตอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาปรับปรุงเส้นทางด้วย GA ที่ถูกคิดค้นโดย Holland ในปี ค.ศ. 1975 ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากทฤษฎีของ Darwin เกี่ยวกับวิวัฒนาการและการสืบทอดสายพันธุกรรมของมนุษย์ โดยมนุษย์แต่ละคนมีโครโมโซมที่ไม่เหมือนกัน โครโมโซมของพ่อและโครโมโซมของแม่ส่งผลมายังโครโมโซมลูก GA ถูกจัดอยู่ในการแก้ปัญหาแบบเมต้าฮิวริสติกส์ และขั้นตอนของ GA มีกระบวนการวิเคราะห์ดังรูปที่ 1

GA มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ดังต่อไปนี้

1) การออกแบบโครโมโซม (Chromosome Encoding) โดยการใช้โคโมโซมแบบลำดับ เช่น รพ.นครปฐม - รพ.ดอยยายหอม - รพ.ดอนตูม - รพ.อ้อยอี้เตี้ย - รพ.นครปฐม แทนด้วย 0 - 2 - 3 - 1 – 0

2) การสร้างประชากรเริ่มต้น โดยการสุ่มแบบความน่าจะเป็นไม่เท่ากัน (Greedy Random) กำหนดให้รพ.แรกและรพ.สุดท้ายในการเดินทางของทุกเส้นทางคือรพ.นครปฐม โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$p_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}}}{\sum_{j \in s} \frac{1}{d_{ij}}} \quad \ldots (6)$$

พารามิเตอร์

S เซตของโรงพยาบาลที่ยังไม่ถูกเลือก

d_{ij} ระยะทางระหว่างโรงพยาบาล i ไปโรงพยาบาล j

3) ค่าฟิตเนสฟังก์ชั่น (Fitness Function) คือ การหาค่าความเหมาะสมในการเลือกเส้นทาง โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$f(x) = \sum_{i=0, j=0}^{I,J} x_{ij} d_{ij} \quad \ldots (7)$$

พารามิเตอร์

I,J จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมดที่ต้องเดินผ่าน

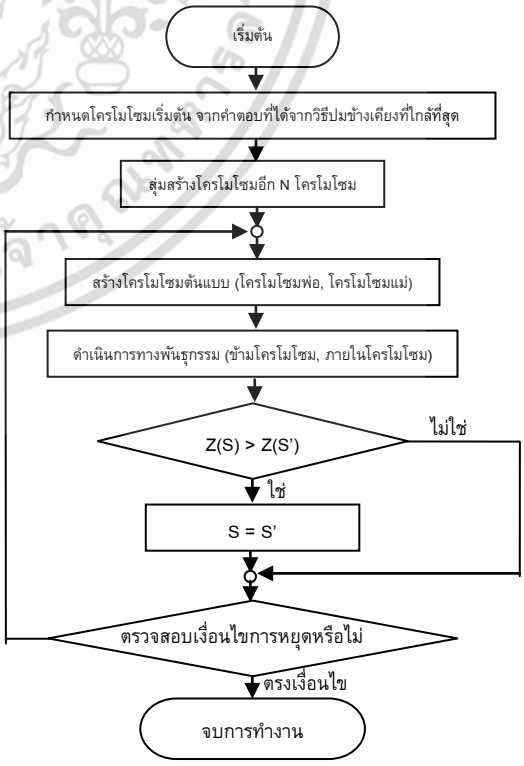
4) ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม คือ ตัวดำเนินการเพื่อให้เกิดการถ่ายทอดจากประชากรรุ่นหนึ่งสู่ประชากรอีกรุ่นหนึ่ง

4.1) การแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซม มีการกำหนดค่าความน่าจะเป็น (Pc) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60 – 95% หากการสุ่มค่าความน่าจะเป็นได้อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะทำการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบวนรอบ (Cycle Crossover: CX)

4.2) การแลกเปลี่ยนยีนภายในโครโมโซม มีการกำหนดค่าความน่า (P_m) ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0 – 10% นั่นหมายความว่า มีเพียงร้อยละ 0.1 เท่านั้นที่จะเกิดการกลายพันธ์

5) ขนาดของประชากรในแต่ละรุ่น (Population Size) จำนวนประชากรในแต่ละรุ่นช่วยให้เกิดคำตอบที่หลากหลาย

6) เงื่อนไขในการหยุดทำงาน (Stop Condition) ในงานวิจัยฉบับนี้ได้กำหนดไว้ว่า หากได้คำตอบเดียวกันซ้ำเกินค่าที่กำหนดไว้ ให้หยุดการประมวลผล และยึดคำตอบสุดท้ายเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด



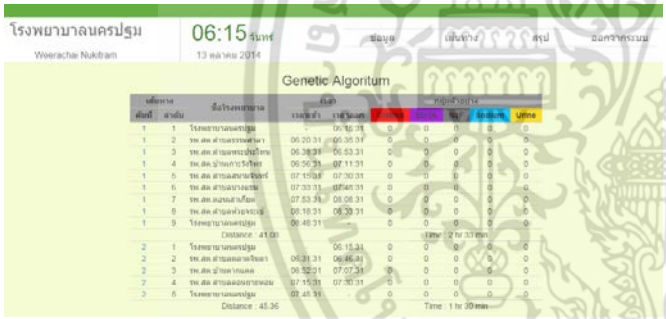
รูปที่ 1 ขั้นตอนการจัดเส้นทางเดินรถด้วยกระบวนการเชิงพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

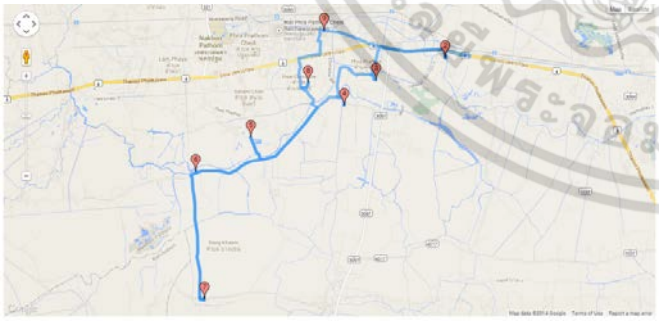
ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลการวิเคราะห์คำสั่งภาษา Personal Home Page (PHP) สำหรับสร้างเว็บไซต์ และทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Macbook white, CPU 2.13 GHz, Intel Core 2 Duo, Ram 3 GB, DDR2, SDRAM บนระบบปฏิบัติการ OS X Mavericks 10.9.4 เพื่อให้แพทย์และพนักงานผู้เกี่ยวข้องใช้งานได้ง่ายขึ้น ดังตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในรูปที่ 2 โปรแกรมสามารถรับความต้องการในการส่งกลุ่มตัวอย่าง ของแต่ละรพ. มาใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถให้กับผู้ขับรถตามเงื่อนไขต่าง ๆ โดยใช้ 3 ขั้นตอนในการจัดเส้นทาง นั่นคือการจับกลุ่มรพ.ตามข้อกำหนด การหาคำตอบเริ่มต้นด้วย NN และปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นด้วย GA

(a) หน้าจอแสดงความต้องการจากโรงพยาบาลต่าง ๆ



(b) หน้าจอแสดงลำดับเส้นทางการเดินรถ



(b) หน้าจอแสดงลำดับเส้นทางการเดินรถ โดยอ้างอิงจาก Google map

รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอของเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น

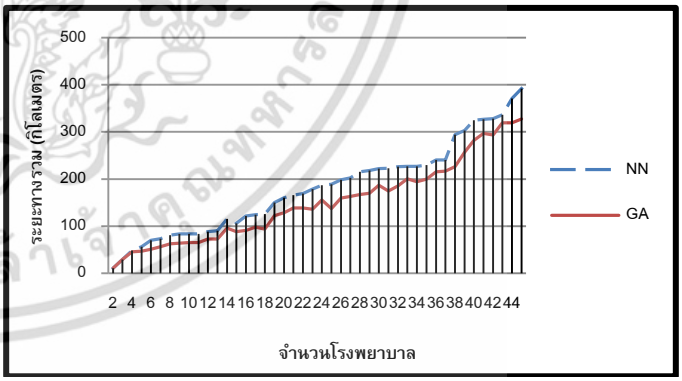
ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลรวมระยะทางของทั้ง 2 ขั้นตอนจากการจัดเส้นทางเดินรถ ด้วยการหาคำตอบเริ่มต้นด้วย NN และการปรับปรุงคำตอบด้วย GA ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 3 โดยเปรียบเทียบระยะทางรวมจากการจัดเส้นทางเดินรถที่มีจำนวนรพ. เท่ากัน ความต้องการเท่ากัน ตำแหน่งเดียวกัน และช่วงเวลาเดียวกัน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะทางรวมระหว่าง NN กับ GA

No*	NN**	GA***	No*	NN**	GA***	No*	NN**	GA***
1	-	-	16	121.94	91.27	31	222.93	174.89
2	11.37	11.37	17	124.38	98.11	32	226.09	185.60
3	29.30	29.30	18	126.02	93.80	33	227.28	200.57
4	48.76	45.60	19	150.12	122.57	34	227.28	194.11
5	56.38	47.11	20	160.74	128.82	35	229.58	199.98
6	70.00	51.47	21	165.74	138.51	36	240.38	215.40
7	73.31	56.47	22	169.29	139.08	37	240.44	217.06
8	81.38	62.98	23	178.55	136.23	38	294.24	226.26
9	83.87	64.09	24	187.06	155.43	39	303.04	257.17
10	83.95	65.57	25	189.01	137.33	40	324.94	281.99
11	84.07	65.70	26	198.18	159.47	41	327.03	296.86
12	88.58	73.24	27	202.47	163.13	42	328.09	293.45
13	90.91	73.07	28	215.41	167.10	43	336.29	319.41
14	115.64	95.77	29	218.30	169.90	44	370.89	319.25
15	106.26	88.87	30	222.37	187.03	45	391.99	327.21
						รวม	7873.85	6488.79
						เฉลี่ย	78.82	69.85

*No. จำนวนโรงพยาบาล
**NN การจัดเส้นทางด้วยวิธีปมข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด
***GA การจัดเส้นทางด้วยกระบวนการเชิงพันธุกรรม

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบด้วยค่าเฉลี่ยผลต่างของระยะทางรวมระหว่างการหาคำตอบเริ่มด้วย NN และการนำ GA มาปรับปรุงคำตอบเริ่มต้น GA สามารถลดได้ถึง 11.94 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 7.12% เมื่อเพิ่มจำนวนรพ.มากขึ้นค่าความต่างของระยะทางเดินรถจะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการจัดเส้นทางด้วย GA สามารถช่วยลดระยะทางรวมได้มากสุดถึง 67.98 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 30.05%



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบระยะทางรวมระหว่าง GA กับ NN

ผู้วิจัยได้นำระบบเข้าไปใช้กับรพ.นครปฐม และรพ.ที่เกี่ยวข้องในช่วงเดือนกรกฎาคม 2557 ที่ผ่านมา โดยให้รพ.ช.และรพ.สต. ส่งความต้องการเข้ามายังรพ.นครปฐม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งจากข้อมูลที่ทางรพ.นครปฐมยอมให้เปิดเผยได้ในตารางที่ 3 นั้น จะเป็นการเปรียบเทียบระยะทางรวมที่ได้จากการจัดเส้นทางระหว่างระบบที่ออกแบบโดยผู้วิจัย ที่เน้นการหาเส้นทางเดินรถจากการปรับปรุงคำตอบ NN ด้วย GA กับ การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคนขับรถที่ยึดความชำนาญการเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระยะทางรวมจากการจัดเส้นทางในปัจจุบันกับระบบที่ผู้วิจัยได้ประยุกต์ขึ้นมาสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

วันที่เดินทาง	จำนวน รพ.	ระยะทางรวมปัจจุบัน	ระยะทางรวมของระบบ	ส่วนต่าง	% ส่วนต่าง
15 ก.ค. 57	9	65.20	48.03	17.17	26.34%
16 ก.ค. 57	13	96.60	72.27	24.33	25.19%
18 ก.ค. 57	10	78.80	67.31	11.49	14.58%
				เฉลี่ย	22.037%

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระยะทางรวมในการจัดเส้นทางเดินรถ 3 วันทำการจริงของรพ.นครปฐม สำหรับการจัดรถออกไปรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลวิเคราะห์กลับไปยังรพ.นั้น ๆ ทำให้เห็นว่าการจัดเส้นทางด้วยระบบที่ทางผู้วิจัยได้ออกแบบมานั้นสามารถลดระยะทางได้สูงสุด 24.33 กิโลเมตร หรือร้อยละ 22.037 โดยเฉลี่ยจากข้อมูลทั้ง 3 วันที่ทางรพ.สามารถให้ข้อมูลได้

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเส้นทางเดินรถรับกลุ่มตัวอย่างและส่งผลวิเคราะห์ของกรณีศึกษารพ.นครปฐม โดยพิจารณาจากเงื่อนไขข้อจำกัดด้านของเวลาในการเดินรถ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางรวมของเส้นทางในแต่ละวัน โดยในกรณีศึกษานี้มีรพ.นครปฐมเป็นศูนย์กลางในการจัดเส้นทาง เนื่องจากทุกรพ.ในกรณีศึกษาจะต้องส่งกลุ่มตัวอย่างมาให้กับรพ.นครปฐม เพื่อไปวิเคราะห์ผล เพื่อนำผลกลับไปใช้ประกอบการตัดสินใจของหน่วยแพทย์ ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการ 3 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอนแรกจัดกลุ่มรพ.ตามเงื่อนไขเวลาที่กำหนด ขั้นตอนที่สอง สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย NN และขั้นตอนสุดท้ายนำคำตอบที่ได้มาปรับปรุงเส้นทางโดย GA

ในการทำงานวิจัยฉบับนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา เนื่องจากขาดอุปกรณ์ในการรักษาสภาพของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าหากในอนาคตมีกล่องรักษาอุณหภูมิหรือกล่องกันกระแทกสำหรับใส่กลุ่มตัวอย่าง จะทำให้ข้อจำกัดในด้านเวลาการเดินทางมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากระบบเดิมคือการจัดเส้นทางเดินรถที่ความชำนาญของคนขับ ดังนั้นการวางแผนการเดินรถของผู้วิจัยฉบับนี้อาจจะนำไปใช้กับการทำงานจริงได้ยาก หากผู้ปฏิบัติงานอยู่ในปัจจุบันไม่เปิดใจยอมรับการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการทำงาน แนวคิดในการพัฒนางานวิจัยในอนาคตมีดังต่อไปนี้

1) พัฒนาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่มีข้อจำกัดในด้านของปริมาณกลุ่มตัวอย่างในแต่รอบการเดินทาง หากในอนาคตมีการเพิ่มกล่องรักษาอุณหภูมิหรือกล่องกันกระแทก เท่ากับสามารถเพิ่มปริมาณกลุ่มตัวอย่างในแต่เที่ยวการเดินรถ

2) นำคำตอบที่ดีที่สุดหรือค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower Bound) มาเปรียบเทียบ เพื่อทดสอบความแม่นยำของระบบ

3) พัฒนาระบบ RFID (Radio-frequency identification) ในการตรวจสอบสถานะของรถที่ออกไปรับกลุ่มตัวอย่าง ว่าอยู่ในเส้นทางเดินรถที่ได้วางแผนไว้หรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะเทคนิคการแพทย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิกและเทคโนโลยีประยุกต์ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น และได้รับความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้จากทีมแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งกลุ่มตัวอย่างของรพ.นครปฐม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุดารัตน์ สุ่มมาตย์. "การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ." วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

[2] Tantikorn Pichpibul, Ruengsak Kawtummachai. "A Heuristic Approach Based on Clarke-Wright Algorithm for Open Vehicle Routing Problem." The Scientific World Journal 2013: 11.

[3] Dantzig, G. B. and J. H. Ramser. "The Truck Dispatching Problem." Management Science 6, no. 1 (1959): 80-91.

[4] ณกร อินทร์พยุง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

[5] Jeon, Geonwook, Herman R. Leep and Jae Young Shim. "A Vehicle Routing Problem Solved by Using a Hybrid Genetic Algorithm." Computers & Industrial Engineering 53, no. 4 (2007): 680-692.

[6] กวี ศรีเมือง. "การหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก : กรณีศึกษาท๊อปส์ซุปเปอร์มาร์เก็ต." วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[7] Clarke, G. and J. W. Wright. "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points." Operations Research 12, no. 4 (1964): 568-581.

[8] Zanakis, Stelios H. and James R. Evans. "Heuristic “Optimization”: Why, When, and How to Use It." Interfaces 11, no. 5 (1981): 84-91.

[9] Liu, Ran, Xiaolan Xie, Vincent Augusto and Carlos Rodriguez. "Heuristic Algorithms for a Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup and Time Windows in Home Health Care." European Journal of Operational Research 230, no. 3 (2013): 475-486.

[10] Baker, Barrie M. and M. A. Ayechew. "A Genetic Algorithm for the Vehicle Routing Problem." Comput. Oper. Res. 30, no. 5 (2003): 787-800.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของความหลากหลายทางพันธุกรรมบนยีนไมโครอาร์เอ็นเอ-221 ต่อยีนเป้าหมายในเซลล์มะเร็งตับ

EFFECT OF SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS (SNPs) ON MICRORNA-221 ON TARGET GENE IN HEPATOCELLULAR CARCINOMA (HCC) CELL LINES

ธนัญญา จินาโต[†1], ณัฐธยาน์ ช่วยเพ็ญ[‡], พิสิฐ ตั้งกิจวานิชย์ [‡2], สัญชัย พยุงภร[‡3]

[†]*วิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

[‡]*หน่วยปฏิบัติการวิจัยโรคตับอักเสบและมะเร็งตับ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

1873 ถนนพระราม 4 แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กทม.10330

[1] Ji.thananya@gmail.com
[2] pisittkvn@yahoo.com
[3] sp.medbiochemcu@gmail.com

บทคัดย่อ

มะเร็งตับเป็นโรคที่มีอัตราการเสียชีวิตค่อนข้างสูงเนื่องจากมักตรวจพบโรคนี้ในระยะที่มีความรุนแรงของโรคสูง การหา biomarkers เพื่อนำมาช่วยในการวินิจฉัยโรคในระยะเริ่มแรกจึงมีความสำคัญ ซึ่งไมโครอาร์เอ็นเอ (miRNAs) เป็น non-coding RNAs สายสั้นๆ ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการแสดงออกของยีนเป็นจำนวนมาก มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันในกลุ่มของคนที่เป็นโรคและในคนปกติ นอกจากนี้ความหลากหลายทางพันธุกรรม ที่อยู่บน miRNA ยังส่งผลต่อการทำงานของ miRNAs ในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ตำแหน่ง rs113054794 (A/C) บนยีน miR-221 ต่อกลไลการควบคุมการแสดงออกของยีน Aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator (*ARNT*) ในเซลล์มะเร็งตับ (HepG2) ทดสอบโดยการสร้าง miR-221 expression vector แล้วนำเข้าสู่เซลล์ HepG2 และวัดระดับการแสดงออกของ miR-221 ด้วย real-time PCR พบว่ามีการแสดงออกของ miR-221 เพิ่มสูงมากขึ้นถึง 65 เท่าในกลุ่มที่ได้รับ miR-221 expression vector นอกจากนี้ศึกษาการจับกันระหว่าง miiR-221 และยีน *ARNT* นั้นวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RNAhybrid โดยพิจารณาค่า minimum free energy (mfe) พบว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ตำแหน่ง rs113054794 (A/C) บนยีน miR-221 ส่งผลต่อการจับระหว่าง miR-221 และยีน *ARNT* ทำให้ค่า mfe จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (allele C = -25.9 kcal/mol ในขณะที่ allele A = -18.7 kcal/mol) จากนั้นวัดระดับการแสดงออกของยีนเป้าหมาย *ARNT* ด้วย real-time PCR พบว่า miR-221 ทั้ง 2 alleles มีความสามารถในการยับยั้งการแสดงออกของยีน *ARNT* เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม miR-221 allele A และ allele C สามารถยับยั้งการแสดงออกของยีน ARNT ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ตำแหน่ง rs113054794 บนยีน miR-221 ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการควบคุมการแสดงออกของยีน *ARNT* อย่างไรก็ตามอาจส่งผลต่อการควบคุมยีนอื่นๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: มะเร็งตับ, ไมโครอาร์เอ็นเอ, ความหลากหลายทางพันธุกรรม

Abstract

Hepatocellular carcinoma (HCC) is a disease with a high mortality rate due to the disease is mostly diagnosed in severe phase. The identification of biomarkers is important for early diagnosis of the disease. MicroRNAs (miRNAs) are small non-coding RNAs that play important roles in regulating the expression of many genes and differentially expressed between patients and healthy persons. Moreover, single-nucleotide polymorphisms (SNPs) in miRNAs are affecting on function of miRNAs. This research focused on the effect of SNPs rs113054794 (A/C) within miR-221 for regulation of Aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator (*ARNT*) gene expression in HCC cell line (HepG2). Validation assay based on construction of mi-221 expression vector then transfected into HepG2 cells and measured the expression level of miR-221 by real-time PCR. The result showed that the expression of miR-221 was 65-folds increased in miR-221 transfected group. In addition, the hybridization pattern and the minimum free energy (mfe) between miR-221 and *ARNT* gene were analyzed by RNAhybrid web-based software. The result revealed that SNPs (A/C) within miR-221 yielded exactly difference in the hybridization pattern and mfe between rs113054794 and *ARNT* gene (allele C = -25.9 kcal/mol whereas allele A = -18.7 kcal/mol). After that, the expression level of target gene (*ARNT*) was measured by real-time PCR in order to test the silencing efficiency of miR-221. The result suggested that both alleles of miR-221 triggered *ARNT* gene silencing. However, *ARNT* expression level was non-statistically different between allele C and allele A. Therefore, SNPs (A/C) within miR-221 were affected the regulation of *ARNT* gene expression. However, these SNPs may regulate other genes, which required further study.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: Hepatocellular carcinoma (HCC), MicroRNAs (miRNAs), Single nucleotide polymorphisms (SNPs)

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

1.1 Hepatocellular carcinoma (HCC)

HCC จัดเป็นมะเร็งตับชนิดปฐมภูมิ (primary liver cancer) จัดเป็นมะเร็งที่พบมากเป็นอันดับที่ 5 จากทั่วโลก อุบัติการณ์ในการพบมีการแพร่กระจายในหลายภูมิภาคและกลุ่มประชากร [1] โดยมากการเกิดมะเร็งตับ ร้อยละ 70-90 จะเริ่มต้นจากการเป็นโรคตับอักเสบเรื้อรัง (chronic liver disease) และตับแข็ง (cirrhosis) สาเหตุในการเกิดมะเร็งตับมาจากปัจจัย 2 ด้าน คือ ปัจจัยภายนอก เช่น การติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี (hepatitis B virus infection) การติดเชื้อไวรัสตับอักเสบซี (hepatitis C virus infection) การได้รับสารอัลฟาทอกซิน (aflatoxin) [2] การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ และปัจจัยภายใน ได้แก่ ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน ความผิดปกติของระบบการสร้างและสลายสารในเซลล์ (Metabolism) และ สารพันธุกรรม ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะส่งผลให้เซลล์ตับเกิดการอักเสบและเสียหาย เกิดการเพิ่มจำนวนเพื่อทดแทนเซลล์ที่เสียหายไปจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรมและกระบวนการ epigenetic ส่งผลให้กระตุ้นการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็ง คือ oncogenes และ tumor suppressor genes ให้มีการทำงานผิดปกติเซลล์ส่งผลให้เกิดการกลายเป็นเซลล์มะเร็งในที่สุด

ในปัจจุบันยังไม่มี biomarker ในการตรวจโรคมะเร็งตับในระยะเริ่มแรกทำให้โดยมากผู้ป่วยมักตรวจพบว่าเป็นมะเร็งตับในระยะที่มีความรุนแรงของโรคค่อนข้างมากส่งผลให้ทางเลือกในการรักษาโรคและอัตราการรอดชีวิตต่ำลง จึงได้สนใจนำ microRNAs มาช่วยในการวิเคราะห์ เนื่องจากพบว่าในมะเร็งหลายชนิดนั้นจะมีการแสดงออกของระดับ microRNAs แตกต่างไปจากในเซลล์ปกติ นอกจากนี้ microRNAs ยังมีความเสถียรสามารถวัดได้ ทั้งจากใน ซีรัมและพลาสม่า ทำให้ผู้ป่วยเจ็บปวดน้อยที่สุดในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผล [3]

1.2 MicroRNAs (miRNAs)

miRNAs จัดเป็น non-coding RNAs ซึ่งเป็นโมเลกุลของ RNAs สายสั้นๆ มีขนาดประมาน 22 นิวคลีโอไทด์ มีบทบาทสำคัญทั้งในพืช สัตว์ และไวรัส ในการควบคุมการแสดงออกของยีน โดยจะไปจับบริเวณ 3′-untranslated region (3′-UTR) ของ mRNA เป้าหมายทำให้เกิดการยับยั้งกระบวนการแปลรหัส (translational repression) หรือทำลายสาย mRNA เป้าหมาย (mRNA degradation) [4, 5] miRNA มีบทบาทต่อกระบวนการทางชีวภาพต่างๆเช่น การพัฒนาของเซลล์ (development) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อไปทำหน้าที่จำเพาะ (differentiation) โปรแกรมการตายของเซลล์ (apoptosis) การเพิ่มจำนวนของเซลล์ (proliferation) และ การเคลื่อนที่ของเซลล์ (migration/ invasion) [6, 7] โดยทั่วไป miRNA 1 ตัวจะสามารถจับกับ mRNA เป้าหมายได้โดยประมาณ 200 เป้าหมาย [5] ดังนั้นหาก miRNAs มีรูปแบบของระดับการแสดงออกแตกต่างไปจึงมักจะส่งผลเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคมะเร็งหลายชนิด [8]

จากการศึกษาของ Jipeng Li และคณะ พบว่า microRNA-221 จะมีระดับการแสดงออกที่เพิ่มสูงขึ้นในซีรัมของผู้ที่เป็นโรคมะเร็งตับรวมทั้งยังมีความสัมพันธ์กับขนาดของก้อนมะเร็ง การเกิดตับแข็ง และระยะของโรคมะเร็ง [9, 10] ในการศึกษาของ Jie Yang และคณะพบว่า miR-221 นั้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น biomarker ของโรคมะเร็งในประชากรเอเชียโดยสามารถวัดได้ทั้งใน ซีรัม พลาสม่า และเนื้อเยื่อ [11] จากการศึกษาของ Giang T และคณะได้รายงานการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม rs113054794 บนยีน miR-221 ในกลุ่มประชากร Caucasian ต่อความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเต้านม [12] และยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงผลของความหลากหลายทางพันธุกรรม rs113054794 (A/C) บนยีน miR-221 ต่อความสามารถในการจับกับยีนเป้าหมาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของความหลากหลายทางพันธุกรรม rs113054794 บนยีน miR-221 ต่อกลไลการควบคุมการแสดงออกของยีนในเซลล์มะเร็งตับ (HepG2)

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้เซลล์ HepG2 ในการศึกษา ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ. ดร. ณัฐนันท์ (ปัญจวรญาณ) ต. เทียนประเสริฐ ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มได้แก่ (1) กลุ่ม control ซึ่งไม่มีการนำพลาสมิดเข้าสู่เซลล์แต่มีการใส่ transfection agent เพื่อดูผลของ transfection agent ว่าเป็นพิษต่อเซลล์หรือไม่ (2) Scramble plasmid (3) miR-221 allele A (4) miR-221 allele C เพื่อเปรียบเทียบผลของความหลากหลายทางพันธุกรรมต่อกลไกการควบคุมการแสดงออกของยีน

2.1 ศึกษาลักษณะความหลากหลายทางพันธุกรรมบน miR-221

ศึกษาข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมบน miR-221 โดยโปรแกรม miRNASNP v2.0 (http://www.bioguo.org/miRNASNP/)

2.2 การวิเคราะห์รูปแบบการจับกัน (hybridization pattern) ระหว่าง miR-221 และยีนเป้าหมาย

การหายีนเป้าหมายของ miR-221 [7] และวิเคราะห์รูปแบบการจับกันของ miRNA (Hybridization pattern) ยีนเป้าหมาย โดยใช้โปรแกรม RNAhybrid และเลือกยีนเป้าหมายโดยพิจารณาจากค่า minimum free energy (mfe) และรูปแบบการจับที่มีความแตกต่างกันบริเวณ seed region (นิวคลีโอไทด์ที่ 2-8 จากด้าน 5'UTR ของสาย miRNA) ที่มีผลจากความหลากหลายทางพันธุกรรม

2.3 การสร้าง miR-221 expression vector

ขั้นตอนการสร้าง miR-221 expression vector สร้างจาก pSilencer™ siRNA Expression Vectors (Ambion, Life

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technologies, USA) ซึ่งภายในจะมี scramble siRNAs สามารถสร้าง siRNA ที่ไม่จับกับยีนของมนุษย์ จึงสามารถนำมาใช้เป็น control สำหรับการ transfection ได้ จากนั้นจะสร้าง vector ที่มีการแสดงออกของ miR-221 โดยการนำ Hairpin structure และ sequence ของ miR-221 มาจากฐานข้อมูล miRbase (http://www.mirbase.org/) นำ sequence ของ Hairpin miRNA มาใส่ระหว่างบริเวณตัดจำเพาะของเอนไซม์ *BamH*I และ *Hind*III เพื่อให้ sequence ของ miRNA เข้าไปในทิศทางที่ถูกต้อง ได้เป็น p*Silencer* hsa-mir-221 (allele A/C)

2.4 การนำพลาสมิดเข้าสู่เซลล์ HepG2

ใช้ Lipofectamine®2000 Reagent (Invitrogen, Life Technologies, USA) ปริมาณ 1.25 µl ในการนำพลาสมิด p*Silencer* hsa-mir-221 (allele A/C) 500 ng เข้าสู่เซลล์ HepG2 ใน 24-well plate ที่มี DMEM (Gibco, Life Technologies, USA) ผสมกับ 10% FBS (Gibco, Life Technologies, USA) จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37°C และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 5 % เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 การสกัด mRNA และ miRNA จากเซลล์ HepG2

ใช้ชุดสกัด miRNA purification kit (Norgen Biotek Corp., Canada) ตามวิธีการที่แนะนำโดยบริษัท จะได้ส่วนของ large RNA (50 µl) และ small RNA (50 µl)

2.6 การเติม Polyuridylation และ reverse transcription ของ miRNA

mature miRNAs จะต้องได้รับการเติม polyU (polyuridylated) โดย poly (U) polymerase เพื่อเพิ่มความยาวของสาย miRNA ก่อนที่จะ reverse transcription โดยใช้ stem loop (SL) - poly A primer และ reverse transcriptase หลังจากนั้นนำมาทำ real-time PCR (SYBR green dye) โดยใช้ forward primer ที่จำเพาะกับ miRNA ที่ต้องการศึกษา และใช้ universal primer เป็น reverse primer โดยปฏิกิริยา Polyuridylation ประกอบไปด้วย 10x NE buffer 2.5 µl, 50 mM UTP 0.25 µl, 40 units ของ RNase inhibitor, 2 units ของ poly (U) polymerase (New England BioLabs Inc., UK), miRNA 100 pmol และเติม nuclease free water จนปริมาณครบ 25 µl บ่มปฏิกิริยาที่อุณภูมิ 37°C เป็นเวลา10 นาที จากนั้น reverse transcription โดยใช้ miRNA ที่เติม poly U แล้วปริมาณ 12.3 µl, 5x RT reaction buffer (Thermo scientific, CA) 4.0 µl, 10 µM SL-poly A primer 0.2 µl, 10 mM dNTPs (Thermo scientific, CA) mix 2 µl, RNase inhibitor (Thermo scientific, CA) 20 units, RevertAid reverse transcriptase (Thermo scientific, CA) 200 units และเติม nuclease free water จนได้ปริมาตร 20 µl

2.7 การ Reverse transcription ของ mRNA

ปฏิกิริยา Reverse transcription mRNA ประกอบด้วย mRNA 11.5 µl, 5x RT reaction buffer (Thermo scientific, CA) 4.0 µl, 10 µM random hexamer primer 1 µl, 10 mM dNTPs (Thermo scientific, CA) mix 2 µl, RNase inhibitor (Thermo scientific, CA) 20 units , RevertAid reverse transcriptase (Thermo scientific, CA) 200 units และเติม nuclease free water จนครบปริมาณ 20 µl

2.8 การวัดปริมาณการแสดงออกของยีนโดยใช้ real-time PCR

วัดปริมาณ miRNA โดยใช้ Step One Plus real-time PCR (Applied Biosystems, Foster City, CA) และใช้ SYBR green dye ปฏิกิริยาประกอบไปด้วย 2x Maxima SYBR Green/ROX qPCR Master Mix (Thermo scientific, CA) 6.25 µl, 10 µM ของ primer แต่ละตัว 0.4 µl , cDNA 1 µl และเติม nuclease free water จนครบ 12.5 µl โดยลำดับนิวคลีโอไทด์ของ primers แต่ละตัวได้สรุปไว้ใน ตารางที่1 อุณภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพื่อดูการแสดงออกของ miRNA-221 และ U6 (internal control) คือ initial denaturation ที่ 94°C 3 นาที, เพิ่มปริมาณโดยใช้อุณภูมิ 95 °C 15 วินาที, 50°C (miR-221) หรือ 55°C (U6) 30 วินาที และ 62°C 30 วินาที ทั้งหมด 50 รอบ ส่วนอุณภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพื่อดูการแสดงออกของ ARNT และ GAPDH คือ initial denaturation ที่ 94°C 3 นาที, เพิ่มปริมาณโดยใช้อุณภูมิ 95 °C 15 วินาที, 58°C (GAPDH) หรือ 59°C (ARNT) 30 วินาทีและ 72°C 30 วินาที ทั้งหมด 50 รอบ

2.9 คำนวนหา relative quantitation

บันทึกค่า Threshold cycle (Ct) แล้วคำนวณหา relative quantitation ดังสมการ

$$\Delta Ct\ (sample) = Ct\ (target\ gene\ sample) - Ct\ (Ref.\ gene) \quad (1)$$

$$\Delta Ct\ (calibrator) = Ct\ (target\ gene\ calibrator) - Ct\ (Ref.\ gene) \quad (2)$$

$$\Delta\Delta Ct = \Delta Ct\ (sample) - \Delta Ct\ (calibrator) \quad (3)$$

$$\text{ปริมาณเชิงเปรียบเทียบ} = 2^{-\Delta\Delta Ct} \quad (4)$$

จากนั้นวิเคราะห์และนำไปคำนวนเพื่อหาค่าทางสถิติโดยใช้ One way ANOVA

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลจากการทำนายการจับระหว่าง miR-221 กับ ยีนเป้าหมาย *ARNT* ด้วยโปรแกรม RNAhybrid

การจับกันระหว่าง miR-221 กับยีน *ARNT* แสดงการจับบริเวณ seed region (ตำแหน่งที่ 2-8 จากด้าน 5'UTR ของสาย miRNA) ของ miR-221 (allele C) นั้นพบว่าสามารถจับกับ target gene โดยมีค่าพลังงาน minimum free energy (mfe) เท่ากับ -25.9 kcal/mol ในขณะที่ miR-221 (allele A) มีค่า minimum free energy (mfe) เท่ากับ -18.7 kcal/mol ซึ่งแสดงค่าการจับกับที่น้อยกว่าใน miR-221 (allele C) เนื่องจากมีการเกิด mismatch บริเวณ seed region (รูปที่ 1)

3.2 ผลการแสดงออกของ miR-221 ในเซลล์ HepG2

ในการทดสอบว่า miR-221 expression vector ของทั้ง 2 allele สามารถสร้าง miR-221 (mimic miR-221) ภายในเซลล์ HepG2 ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

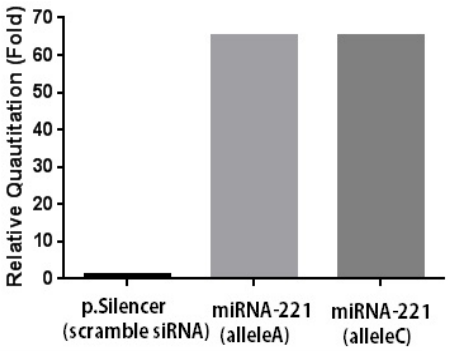
A)
```
target 5'  U    C  GUCUG         A 3'
           GUCU CA     GUGCCAGGU
           UAGA GU     UACGGUCCA
miRNA  3' UU    U  AACA           5'
```

B)
```
target 5'  U    C  GUCUG    C     3'
           GUCU CA     GUGC AGGU
           UAGA GU     UACG UCCA
miRNA  3' UU    U  AACA     U     5'
```

รูปที่ 1 Hybridization pattern ระหว่าง miRNA และยีนเป้าหมาย แสดงการจับระหว่าง miR-221 กับ บริเวณ 3'UTR ตำแหน่งที่ 1528 ของยีนเป้าหมาย *ARNT* ด้วยโปรแกรม RNAhybrid

A) แสดงการการจับของ miR-221 (allele C) mfe =-25.9 kcal/mol

B) แสดงการการจับของ miR-221 (allele A) mfe =-18.7 kcal/mol



รูปที่ 2 ระดับการแสดงออกของ miR-221

การแสดงออก miR-221 ในเซลล์ HepG2 โดยใน pSilencer (scramble siRNA) พบการแสดงออกของ miR-221 มีค่าเท่ากับ 1.0 ในขณะที่เซลล์ HepG2 ที่มี miR-221 allele A และ allele C มีการแสดงออกของ miR-221 เพิ่มขึ้นเป็น 65.1 และ 65.0 ตามลำดับ

ตารางที่1 แสดงลำดับนิวคลีโอไทด์ของ primers และ oligonucleotides ที่ใช้ในการทดลอง

Primers / oligos	Sequence (5′→ 3′)	Strand	Application
miR_221-5p_TS (G)	GATCCGCACCTGGCATACAATGTAGATTTCTGTGTTCGTTAGGCAACAGCTACATTGTCT GCTGGGTTTCGCTTTTTTGGAAA	Top strand	สำหรับสร้าง miR-221 expression vector
miR_221-5p_BS (C)	AGCTTTTCCAAAAAAGCGAAACCCAGCAGACAATGTAGCTGTTGCCTAACGAACACAGAA ATCTACATTGTATGCCAGGTGCG	Bottom strand	
miR_221-5p_TS (T)	GATCCGCACCTGTCATACAATGTAGATTTCTGTGTTCGTTAGGCAACAGCTACATTGTCTG CTGGGTTTCGCTTTTTTGGAAA	Top strand	
miR_221-5p_BS (A)	AGCTTTTCCAAAAAAGCGAAACCCAGCAGACAATGTAGCTGTTGCCTAACGAACACAGAA ATCTACATTGTATGACAGGTGCG	Bottom strand	
Stem loop (SL) poly (A) (Mei et al.,2012)	GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTCGCACTGGATACGACAAAAAAAAAAAAAAAAA AAVN	Sense	Reverse transcription
Fw_Arnt_CDS389	ATGATGATCAGATGTCTAACGATA	Sense	Real-time PCR
Rw_Arnt_CDS521	TCTGACAGTTCTGTGATGTAGG	Antisense	
GAPDH-F85	GTGAAGGTCGGAGTCAACGG	Sense	
GAPDH-R191	TCAATGAAGGGGTCATTGATGG	Antisense	
miR-221_FW (5p)	ACCTGGCATACAATGTAGATT	Sense	
U6	CTCGCTTCGGCAGCACA	Sense	
Universal qPCR_R (Mei et al., 2012)	GCAGGGTCCGAGGTATTC	Antisense	

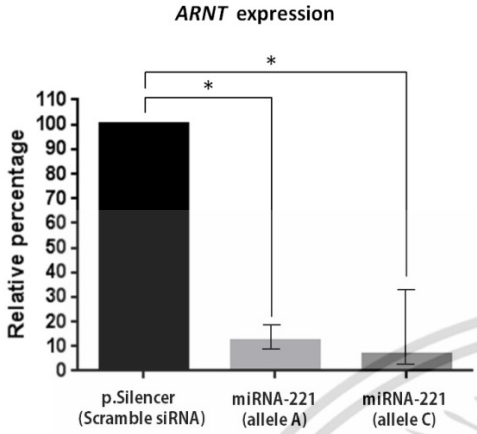
จึงได้วัดระดับการแสดงออกของ miR-221 ด้วยเทคนิค real-time PCR หลังจากมีการนำ miR-221 expression vector เข้าสู่เซลล์ HepG2 โดยแกน y คือ relative quantitation คิดโดยวิธี Delta Ct method ($2^{-\Delta\Delta Ct}$) ซึ่งใช้ในการคำนวณปริมาณเชิงเปรียบเทียบพบว่าในกลุ่มควบคุมที่ได้รับ pSilencer 3.0 H-1 (scramble siRNA) จะไม่มีการสร้าง mimic miR-221 ในขณะที่กลุ่มที่มีการ transfect miR-221 expression vector ของทั้ง 2 allele มีการสร้าง mimic miR-221 ได้จริงโดยมีค่า relative quantitation มากกว่าในกลุ่มควบคุมถึง 65 เท่า (รูปที่ 2)

3.3 ผลการแสดงออกของยีน *ARNT* ระดับ mRNA ในเซลล์ HepG2

ผลจากการวัดการแสดงออกของยีน *ARNT* ด้วย real-time PCR หลังจาก transfection พลาสมิดเข้าสู่เซลล์ HepG2 พบว่าในกลุ่มที่ transfect pSilencer 3.0 H-1 ที่มี scramble siRNA อยู่เป็น negative control พบว่ายังคงมีการแสดงออกของยีน *ARNT* ตามปกติ ไม่เกิด off-target effect ส่วนในกลุ่มที่มีการ transfect vector miRNA-221 allele A และ allele C พบว่า มีการสร้าง miR-221 allele A และ allele C ออกมาและจับกับยีน *ARNT* และลดการแสดงออกของยีน *ARNT* เหลือ 12.23 และ 6.67 % และพบว่าการแสดงออกของยีน *ARNT* ที่ลดลงระหว่างกลุ่ม miR-221 allele A และ allele C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติ แต่การลดลงของการแสดงออกของยีน *ARNT* นั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม pSilencer 3.0 H-1 ที่มี scramble siRNA (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ระดับการแสดงออกของยีน *ARNT*

การแสดงออกของยีน *ARNT* ระดับ mRNA ในเซลล์ HepG2 คิดจากค่า Relative เป็นเปอร์เซนต์ โดยในกลุ่มควบคุม pSilencer (scramble siRNA) เทียบการแสดงออกของยีน *ARNT* เป็น 100 % ในเซลล์ HepG2 ที่มี miR-221 allele A และ allele C มีการแสดงออกของยีน *ARNT* ลดลงเหลือเพียง 12.23 และ 6.67 % ตามลำดับ

4.สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

การจับกันระหว่าง miRNAs กับยีนเป้าหมายนั้นจะส่งผลให้เกิดการควบคุมการแสดงออกยีนเป้าหมาย โดยรูปแบบการจับกับระหว่าง miRNAs กับยีนเป้าหมายนั้นจะมีหลายรูปแบบและจะส่งผลแตกต่างกันในการควบคุมการแสดงออก หาก miRNAs สามารถจับกับยีนเป้าหมายได้อย่างสมบูรณ์ (perfect complementary) จะทำให้สาย mRNA ของยีนเป้าหมายนั้นถูกทำลาย (mRNA degradation) แต่หากการจับกันระหว่างmiRNAs กับยีนเป้าหมายนั้นไม่สมบูรณ์ (partial complementary) จะเกิดการยับยั้งกระบวนการถอดรหัสของสาย mRNA (translation repression) [4, 5] และพบว่ารูปแบบในการจับของ miRNAs จะส่งผลต่อความจำเพาะในการจับกับยีนเป้าหมายโดยพบว่ารูปแบบในการจับของ miRNAs จะขึ้นกับบริเวณที่จับซึ่งโดยมากมักอยู่ในบริเวณนิวคลีโอไทด์ที่ 2-8 จากทางด้าน 5'UTR ของสาย miRNAs (seed region) และมักจะเข้าคู่กับบริเวณ 3'UTR ของยีนเป้าหมาย [13] ดังนั้นการดูความจำเพาะในการจับระหว่าง miRNAs กับยีนเป้าหมายนั้นจึงจะให้ความสำคัญกับบริเวณ seed region โดยหากเกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมในบริเวณดังกล่าวจึงส่งผลให้ค่าพลังงานในการจับระหว่าง miRNAs กับยีนเป้าหมาย นั้นเปลี่ยนแปลงไปรวมถึงอาจส่งผลต่อการควบคุมการแสดงออกของยีนเป้าหมาย [8] สอดคล้องกับผลการทำนายการจับระหว่าง miR-221 กับยีนเป้าหมาย *ARNT* ด้วยโปรแกรม RNAhybrid เมื่อเกิด mismatch บริเวณ seed region ใน miR-221 allele A ทำให้ค่าพลังงานในการจับกับยีนเป้าหมาย *ARNT* ลดลงและผลการแสดงออกของยีน *ARNT* ในเซลล์ HepG2 นั้นยืนยันว่า *ARNT* เป็นยีนเป้าหมายของ miR-221 จริง และถึงแม้ว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมบน miR-221 จะไม่ส่งผลต่อการควบคุมการแสดงออกของยีนเป้าหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ในกลุ่มของ miR-221 allele C ซึ่งมีการจับบริเวณ seed region อย่างสมบูรณ์ มีแนวโน้มจะลดการการแสดงออกของยีนเป้าหมาย *ARNT* ได้ดีกว่ากลุ่ม miR-221 allele A ซึ่งมีการจับบริเวณ seed region อย่างไม่สมบูรณ์

ARNT หรืออีกชื่อนึง คือ hypoxia-induced factor-1b (HIF-1β) จัดเป็น nuclear transcription factors อยู่ในกลุ่ม basic helix-loop-helix/Per-ARNT-SIM (bHLH/PAS) superfamily เมื่อมีสิ่งกระตุ้นจะทำงานรูป heterodimeric complex โดยจับกับ aryl hydrocarbon receptor (AHR), hypoxia-inducible factor-1a (HIF-1α)หรือ single minded homolog 2 (SIM) มีบทบาททางชีวภาพเกี่ยวข้องกับ สภาวะขาดออกซิเจน (hypoxia reaction), การกำจัดสิ่งแปลกปลอม (xenobiotic metabolism) และการพัฒนาของตัวอ่อน (embryonic development) เป็นต้น [14]

ในงานวิจัยของ Qinggong Yuan และคณะพบว่า miR-221 มีความสัมพันธ์กับการแสดงออกของ Cyclin dependent kinase inhibitors คือ CDKN1B/p27 โดยระดับการแสดงออกของ *ARNT* จะแปรผันตรงกับระดับการแสดงออกของ CDKN1B/p27 ซึ่งมีบทบาทในการยั้งยั้งวัฏจักรเซลล์ โดยการไปจับกับ Cyclin dependent kinase ซึ่งหาก miR-221 มีการแสดงออกมากส่งให้ไปยับยั้งการทำงานของทั้ง CDKN1B/p27 และ *ARNT* ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการที่ทำให้เกิดมะเร็งตับได้ [15]

จากการศึกษาของ Zhen-Zhen Zhang และคณะได้ทำการทดลองในเซลล์เพาะเลี้ยง HepG2 3 โมเดล ได้แก่ กลุ่มที่เป็น HCC, acute HBV infection และ chronic HBV infection เมื่อเทียบระดับการแสดงออกของ miR-221พบว่าในกลุ่ม acute HBV infection มีระดับการแสดงออกของ miR-221 ลดลง chronic HBV infection มีระดับการแสดงออกของ miR-221 อยู่ในระดับปกติ ส่วนในกลุ่ม HCC มีระดับการแสดงออกของ miR-221 สูงกว่าปกติ [16] งานวิจัยของ Pascal และคณะพบว่า miR-221 มีระดับการแสดงออกที่สูงขึ้นในผู้ที่เป็นโรคมะเร็งตับ [15] และระดับการแสดงออกที่เพิ่มสูงขึ้นของ miR-221 นี้สามารถวัดได้ทั้งจากในซีรัมของผู้ป่วยหรือจากชิ้นเนื้อของตับ โดย miR-221 จะไปเร่งการเพิ่มจำนวนของเซลล์และลดการเจริญไปเป็นเซลล์ที่มีหน้าที่จำเพาะจนสุดท้ายจึงพัฒนาไปเป็นมะเร็งตับในที่สุด miR-221 [17, 18] โดย miR-221 มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายทอดสัญญาณเข้าสู่เซลล์ (mitogenic signaling pathway) ผ่านทาง Receptor tyrosine kinases (RTKs) โดยเมื่อ RTKs ทำงานจะไปกระตุ้น pathways ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของเซลล์มะเร็ง หนึ่งในนั้นคือ phosphoinositide 3-kinase (PI3K) ซึ่งถูกยับยั้งการทำงานโดย Phosphatase and Tensin homolog (PTEN) ไม่ให้ไปกระตุ้น AKT pathway ให้ทำงาน โดยหาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

miR-221 สูงกว่าปกติไปจะยับยั้งการทำงานของ PTEN เกิดการกระตุ้น AKT pathway มีผลให้ต่อวัฏจักรเซลล์ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์, การอยู่รอดของเซลล์ และการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง นอกจากนี้ miR-221 ยังจับกับ mRNA เป้าหมายในกลุ่มของ Cyclin dependent kinase inhibitors ส่งผลให้ลดการแสดงออกของ CDKN1B/p27 และ CDKN1C/p57 ที่มีความสำคัญในการควบคุมวัฏจักรเซลล์ มีหน้าที่ไปยับยั้งการทำงานของ Cyclin dependent kinases (CDKs) ได้แก่ CDK1, CDK2, CDK4, และ CDK6 ไม่ให้จับกับ Cyclin ใน phase ต่างๆ ส่งผลให้วัฏจักรเซลล์สามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วกว่าปกติ [17-20] และการที่ยีนเป้าหมายของ miR-221 คือทั้ง CDKN1B/p27 และ *ARNT* และการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของ *ARNT* จะส่งผลต่อ CDKN1B/p27 ที่มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรเซลล์ [15] ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนเป้าหมายเนื่องมาจากความหลากหลายทางพันธุกรรม บน miR-221 จึงอาจมีผลต่อความสามารถในการเกิดโรคมะเร็งและอาจส่งผลแตกต่างกันในระยะต่างๆของโรคตับอักเสบเรื้อรังและมะเร็งตับซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

ในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าหลากหลายทางพันธุกรรม rs113054794 (A/C) บนยีน miR-221 ไม่ส่งผลต่อการควบคุมการแสดงออกของยีนเป้าหมาย *ARNT* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามอาจส่งผลต่อการควบคุมยีนอื่นๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา และหน่วยปฏิบัติการวิจัยโรคตับอักเสบและมะเร็งตับ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

[1] H. B. El-Serag, and K. L. Rudolph, “Hepatocellular carcinoma: epidemiology and molecular carcinogenesis,” *Gastroenterology,* vol. 132, no. 7, Jun, 2007, pp. 2557-76.

[2] K. Hagymasi, and Z. Tulassay, “[Epidemiology, risk factors and molecular pathogenesis of primary liver cancer],” *Orv Hetil,* vol. 149, no. 12, Mar 23, 2008, pp. 541-8.

[3] V. Bihrer et al., “Serum microRNA-21 as marker for necroinflammation in hepatitis C patients with and without hepatocellular carcinoma,” *PLoS One,* vol. 6, no. 10, 2011, pp. e26971.

[4] D. P. Bartel, “MicroRNAs: genomics, biogenesis, mechanism, and function,” *Cell,* vol. 116, no. 2, Jan 23, 2004, pp. 281-97.

[5] A. Muniategui et al., “Quantification of miRNA-mRNA interactions,” *PLoS One,* vol. 7, no. 2, 2012, pp. e30766.

[6] K. Uchino et al., “RNAi therapeutics and applications of microRNAs in cancer treatment,” *Jpn J Clin Oncol,* vol. 43, no. 6, Jun, 2013, pp. 596-607.

[7] S. Khare et al., “Epigenetics of hepatocellular carcinoma: role of microRNA,” *World J Gastroenterol,* vol. 19, no. 33, Sep 7, 2013, pp. 5439-45.

[8] W. P. Kloosterman, and R. H. Plasterk, “The diverse functions of microRNAs in animal development and disease,” *Dev Cell,* vol. 11, no. 4, Oct, 2006, pp. 441-50.

[9] J. Li et al., “Expression of serum miR-221 in human hepatocellular carcinoma and its prognostic significance,” *Biochem Biophys Res Commun,* vol. 406, no. 1, Mar 4, 2011, pp. 70-3.

[10] P. Pineau et al., “miR-221 overexpression contributes to liver tumorigenesis,” *Proc Natl Acad Sci U S A,* vol. 107, no. 1, Jan 5, 2010, pp. 264-9.

[11] J. Yang et al., “Prognostic role of microRNA-221 in various human malignant neoplasms: a meta-analysis of 20 related studies,” *PLoS One,* vol. 9, no. 1, 2014, pp. e87606.

[12] G. T. Nguyen-Dien et al., “Genetic polymorphisms in miRNAs targeting the estrogen receptor and their effect on breast cancer risk,” *Meta Gene,* vol. 2, no. 0, 12//, 2014, pp. 226-236.

[13] J. Brennecke et al., “Principles of microRNA-target recognition,” *PLoS Biol,* vol. 3, no. 3, Mar, 2005, pp. e85.

[14] Y. Liang et al., “Aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator is associated with tumor growth and progression of hepatocellular carcinoma,” *Int J Cancer,* vol. 130, no. 8, Apr 15, 2012, pp. 1745-54.

[15] Q. Yuan et al., “MicroRNA-221 overexpression accelerates hepatocyte proliferation during liver regeneration,” *Hepatology,* vol. 57, no. 1, Jan, 2013, pp. 299-310.

[16] Z. Z. Zhang et al., “Hepatitis B virus and hepatocellular carcinoma at the miRNA level,” *World J Gastroenterol,* vol. 17, no. 28, Jul 28, 2011, pp. 3353-8.

[17] S. O. Yoon et al., “Deregulated expression of microRNA-221 with the potential for prognostic biomarkers in surgically resected hepatocellular carcinoma,” *Hum Pathol,* vol. 42, no. 10, Oct, 2011, pp. 1391-400.

[18] F. Fornari et al., “MiR-221 controls CDKN1C/p57 and CDKN1B/p27 expression in human hepatocellular carcinoma,” *Oncogene,* vol. 27, no. 43, Sep 25, 2008, pp. 5651-61.

[19] X. Li et al., “microRNA: a promising diagnostic biomarker and therapeutic target for hepatocellular carcinoma,” *Dig Dis Sci,* vol. 59, no. 6, Jun, 2014, pp. 1099-107.

[20] M. Rong et al., “Increased miR-221 expression in hepatocellular carcinoma tissues and its role in enhancing cell growth and inhibiting apoptosis in vitro,” *BMC Cancer,* vol. 13, 2013, pp. 21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาวิธี Semi-Nested PCR เพื่อใช้ในการตรวจหา *Demodex folliculorum* และ *D. brevis*

Development of Semi-Nested PCR for Detecting *Demodex folliculorum* and *D. brevis*

ปวันรัตน์ ตรีขัน[†1], กัญญรัตน์ กรัยวิเชียร[‡2], อัจฉรา ภูมี[‡3], เผด็จ สิริยะเสถียร[‡§4]

[†] *หลักสูตรวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย*
[1] pawanrat_1@hotmail.com

[‡] *ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย*
[2] iamteaw@yahoo.com
[3] amphumee@gmail.com

[§] *ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย*
[4] padet.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ไร *Demodex* จัดเป็นปรสิตภายนอก อาศัยในรูขุมขน มีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถพบไรนี้ได้สองสายพันธุ์ในมนุษย์ คือ *Demodex folliculorum* และ *D. brevis* ไรทั้งสองชนิดสามารถแยกกันโดยดูลักษณะภายนอกในระยะตัวเต็มวัย แต่ในระยะอื่นโดยเฉพาะ ไข่ ตัวอ่อนไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ทำให้มีปัญหาในการศึกษาทางระบาดวิทยา งานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคทางอณูชีววิทยามาใช้ในการตรวจหา และจำแนกสายพันธุ์ของไร *Demodex* ที่พบในมนุษย์ ซึ่งได้ทำการออกแบบไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะต่อยีน 18SrRNA โดยที่ยีนตำแหน่งนี้นิยมใช้ในการศึกษาสายวิวัฒนาการในปรสิตจำพวกไร (Acari) เนื่องจากมีความหลายหลายทางพันธุกรรมสูง โดยทำการสกัดดีเอ็นเอจากผิวหนังและเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเทคนิค Semi-Nested PCR ซึ่งจากผลการทดลองสามารถจำแนกไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ได้และผลของผลิตภัณฑ์ PCR ที่มีความแตกต่างกันโดย *D. folliculorum* ให้ผลิตภัณฑ์ PCR ประมาณ 382 bp และ *D. brevis* ให้ผลิตภัณฑ์ PCR ประมาณ 317 bp งานวิจัยนี้จะมีประโยชน์พื้นฐานในการพัฒนาศึกษาจำแนกสายพันธุ์ของไร *Demodex* ได้ถูกต้องแม่นยำและศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *Demodex* และเพื่อการศึกษาทางระบาดวิทยาต่อไปในอนาคต ซึ่งรายงานนี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในการนำวิธีทางอณูชีววิทยามาใช้ในการศึกษาไร *Demodex* ที่พบในมนุษย์ในประเทศไทย

คำสำคัญ: *D. folliculorum*, *D. brevis*, เทคนิค Semi-Nested PCR, ยีน 18SrRNA

Abstract

Demodex are tiny ectoparasitic mites, live in sebaceous glands. There are only two species, *D. folliculorum* and *D. brevis* found in human. Identification between both species could be done based on the morphological appearance of the adult stage. However for other stages especially egg and nymph, they are indistinguishable, therefore it causes difficulty for epidemiology study. This present study proposed the using of molecular technique for detecting and differentiation between these two human *Demodex* species. Primers were designed based on 18SrRNA gene of human *Demodex* mites. The 18SrRNA gene is usually used for Acari arthropods evolution studies because of its high variability. Total DNA was extracted from skin samples and was used to amplify the human *Demodex* mite by using Semi-Nested PCR. The PCR was able to amplify the 18SrRNA gene from both human *Demodex* mite species with approximately 382 bp and 317 bp for *D. folliculorum* and *D. brevis*, respectively. The data obtained from the study provides fundamental data for accurate identification of the human *Demodex* species and determine the genetic variation of human *Demodex* and therefore for further epidemiological study in the future. In addition, this report is the first study using molecular techniques to investigate human *Demodex* in Thailand.

Keywords: *D. folliculorum*, *D. brevis*, Semi-Nested PCR, 18SrRNA gene

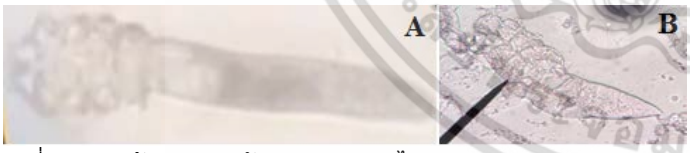
1. บทนำ

ไร *Demodex* เป็นปรสิตชนิดหนึ่ง จัดอยู่ใน Class: Arachnida, Order: Acarina, Family: Demodicidea ในปัจจุบันพบว่าไรชนิดนี้มีมากกว่า 140 สายพันธุ์ ซึ่งอาศัยอยู่กับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้หลายชนิด เช่น แมว สุนัข หมู แพะ กวาง เป็นต้น ไร *Demodex* ที่มีความสำคัญและพบในมนุษย์ มี 2 สายพันธุ์ คือ *D. folliculorum* และ *D. brevis* ซึ่งไร *Demodex* ทั้ง 2 สายพันธุ์ มีแหล่งที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน โดย *D. folliculorum* จะอาศัยอยู่บริเวณรูขุมขน ลำตัวจะมีลักษณะยาว ขนาดประมาณ 0.3-0.4 มิลลิเมตร ดูดกินสารอาหารบริเวณรากขนเป็นอาหาร (sebum) ในขณะที่ *D. brevis* มีลักษณะรูปร่างเป็นกระสวยลักษณะอ้วนสั้น ความยาวประมาณ 0.2- 0.3 มิลลิเมตร [1] และอาศัยอยู่ในบริเวณต่อมไขมันที่เชื่อมต่อกับรูขุมขน หรือ Sebaceous glands (รูปที่ 1)

D. folliculorum และ *D. brevis* ก่อให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบบริเวณที่ปรสิตเคลื่อนที่เรียกว่า โรค demodicosis โดยอาการของโรคนี้พบได้หลายรูปแบบที่ผิวหนัง เช่น ผื่นผิวหนังอักเสบร่วมกับรอยแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Rocacea) ใบหน้าแดง (Erythema) ตุ่มแดงรอบรูขุมขน (Peri-follicular papules) ร่วมกับการมีขุยบริเวณใบหน้า ตำแหน่งที่พบบ่อยจะอยู่ที่บริเวณที่มีไขมันมาก เช่น ใบหน้า คาง แก้ม หน้าผาก บริเวณรอบๆจมูก เปลือกตา ใบหู และรูหูชั้นนอก [2] มีรายงานการสำรวจผิวหน้าในคนปกติพบว่ามีความชุกของ *Demodex* 35-100% โดยมีจำนวนตัวไรน้อยกว่า 5 ตัวต่อพื้นที่ผิวหนัง 1 ตารางเซนติเมตร แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่า มีโทษหรือก่อให้เกิดปัญหากับผิวหนังหรือไม่ เนื่องจากตัวไรนี้สามารถพบได้ทั้งในสภาวะปกติหรือพบในคนที่เป็นโรคผิวหนังบางชนิดร่วมด้วย เมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้นจะพบตัวไรเพิ่มขึ้น [3-4] และพบว่าในคนที่มีภาวะภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลง อาจพบตัวไรเพิ่มมากขึ้นได้ [5] ไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์นี้จะก่อโรคแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ของไร *Demodex* ซึ่งการแยกลักษณะทางสัณฐานวิทยาระหว่าง *D. folliculorum* และ *D. brevis* นั้นค่อนข้างยาก เนื่องจากมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก จึงจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการจำแนกไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ออกจากกัน ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคทางอณูชีววิทยาเพื่อใช้ในการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์และแยกสายพันธุ์ของไร *Demodex* โดยศึกษาทั้งยีนในนิวเคลียสและในไมโตคอนเดรีย ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลการศึกษาทางอณูชีววิทยา งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อจำแนกสายพันธุ์ของไร *Demodex* ที่พบในผิวหนังของมนุษย์ที่ตำแหน่งยีน 18S ribosomal RNA (18SrRNA) ด้วยวิธี Semi-Nested PCR ซึ่งตำแหน่งยีน 18SrRNA ได้มีการศึกษาว่ามีประโยชน์ต่อการแยกสายวิวัฒนาการของพวกตระกูลไร รวมทั้งเหมาะสำหรับศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ ใน super family Cheyletoidea [6-8] วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยในระดับโมเลกุลของเชื้อไร *Demodex* ที่พบในมนุษย์ รวมทั้งสามารถจำแนกสายพันธุ์ของไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ได้โดยใช้เทคนิค Semi-Nested PCR



รูปที่ 1 แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไร *D. folliculorum* (A) และ *D. brevis* (B)

2. วิธีการศึกษาและวิธีการทดลอง

2.1 การเก็บตัวอย่างไร *Demodex*

ทำการเก็บตัวอย่างไร *Demodex* โดยการใช้วิธี Skin scraping โดยนำขุยของผิวหนังบริเวณที่ขูดได้ มาวางบนสไลด์ทำการหยดสารละลาย 10% KOH (Patassium hydroxide) นำไปดูใต้กล้องจุลทรรศน์ นำตัวอย่างที่พบ *Demodex* ไปสกัดดีเอ็นเอด้วยชุด kit ของ ®Invisorb Spin Tissue Mini Kit (Invitek, Germany)

2.2 การออกแบบไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะต่อยีน 18SrRNA

ขั้นตอนแรกทำการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของไร *Demodex* สายพันธุ์ *D. folliculorum* และ *D. brevis* ซึ่งยีนที่สนใจในการศึกษาสิ่งมีชีวิตชนิดนี้ คือ ยีนในนิวเคลียส หรือ 18SrRNA จากฐานข้อมูลสากล (Genbank) (URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/) เลือกลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 18SrRNA ของ *Demodex* แต่ละสายพันธุ์ เช่น *D. folliculorum* (accession no. GU377177, HQ728000, JN885464 และ JN885463) *D. brevis* (accession no. GU377178, HQ727999, JN885466 และ JN885465) และ *D. canis* (accession no. JN885469, HQ727998, JN885468 และ JN885467) และ มนุษย์ (Human) (accession no. AP000902 และ AL390066) เพื่อไม่ให้เกิดการจับกันของ DNA มนุษย์ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยโปรแกรม ClustalX version 1.81 ทำการ alignment เพื่อเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งหมด เลือกบริเวณที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดโดยสามารถจับไร *Demodex* ได้ทั้งสองสายพันธุ์ เพื่อออกแบบ forward และ reverse primer ขนาดประมาณ 17-30 เบส และคำนวณค่า Tm (Melting temperature) ของไพร์เมอร์จากสูตร Tm=2(A+T)+4(G+C) ซึ่งไพร์เมอร์ที่ออกแบบควรมีค่า Tm ใกล้เคียงกัน จากนั้นเข้าโปรแกรมตรวจสอบลักษณะของไพร์เมอร์ (โปรแกรม Oligocal) ตรวจหาการเกิด Hairpin และ self-complementary

2.3 การเพิ่มปริมาณ DNA โดยอาศัยเทคนิค Semi-nested PCR

การเพิ่มจำนวนของ DNA โดยใช้ไพร์เมอร์ที่ออกแบบให้มีความจำเพาะต่อยีน 18SrRNA (ตารางที่ 1) ซึ่งส่วนประกอบของปฏิกิริยา PCR ประกอบด้วย double distilled water (ddH_2O) จำนวน 9.3 µl, 10x*Taq* buffer จำนวน 2.5 µl, 2mM dNTPs จำนวน 2.5 µl, 25 mM $MgCl_2$ จำนวน 2.5 µl, ไพร์เมอร์แต่ละข้างจำนวน 1 µl, และ 1 unit of *Taq* DNA polymerase จำนวน 0.2 µl (Fermentas, Pittsburgh, PA), DNA ตัวอย่าง จำนวน 5 µl ได้ปริมาตรสุดท้ายคือ 25 µl จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปรับอุณหภูมิ (Thermal cycle) ภายใต้อุณหภูมิดังนี้ initial denaturation เวลา 3 นาที ที่อุณหภูมิ 95 °C, 35 รอบของขั้นตอน denaturation เวลา 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 95 °C ขั้น annealing เวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 54.7 °C, ขั้นตอน extension เวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 72 °C และ ขั้น extension สุดท้ายเป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 72°C

ตารางที่ 1 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพร์เมอร์

ชื่อไพร์เมอร์	ลำดับเบสของดีเอ็นเอ (5´ไป 3´)
Dm2 F	5´ TAA CAG GTG ACG GGG AAT C-3´
Dmm2 R	5´ TAG TGG TTG ACC CAA TAA CA-3´
DDm2 R	5´ AAC ACY CGG TAA AGA GC-3´

การตรวจสอบผลของผลิตภัณฑ์ PCR ใช้วิธี Gel electrophoresis โดยใช้ 1.5% Agarose gel แถบของDNA จะถูกแยกผ่านกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นทำการย้อม Agarose gel ด้วย 0.5 µg/ml Ethidium bromide แล้วนำไปส่องด้วยแสง Ultraviolet จะทำให้สามารถมองเห็นแถบของ DNA ได้ ซึ่งเราจะทราบขนาดของ DNA โดยการเปรียบเทียบกับ DNA marker ทำให้สามารถตรวจสอบขนาดของผลิตภัณฑ์ PCR ได้ ซึ่งขนาดของผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้คือ 317 bp และ 382 bp

2.4 การโคลนนิ่งยีนและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Demodex* ที่ตำแหน่งยีน 18S rRNA [10-11]

2.4.1 การโคลนนิ่งยีน 18S rRNA

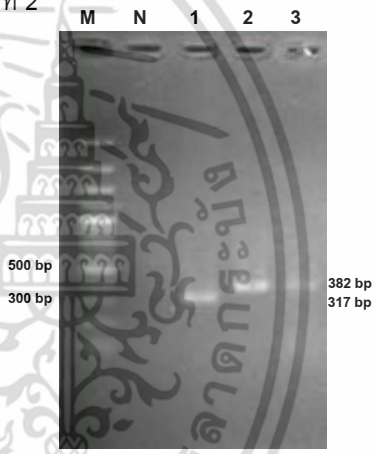
ทำการเชื่อมต่อผลิตภัณฑ์ PCR ที่มีขนาด 317 bp และ 382 bp โดยใช้ผลิตภัณฑ์ PCR ปริมาณ 0.75 µl เข้ากับพลาสมิดเวคเตอร์(DNA ligation) โดยอาศัยเอนไซม์ T4 DNA ligase เป็นตัวทำปฏิกิริยาในการเชื่อมต่อ เพื่อให้เกิดเป็น DNA ลูกผสม(recombinant DNA) ซึ่งเริ่มต้นโดยการนำ DNA จากผลิตภัณฑ์ PCR ที่มีขนาด 317 bp และ 382 bp จำนวนปริมาณ 0.75 µl มาเชื่อมกับ DNA พาหะ(vector) ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ pGEM®-T Easy Vector System ของบริษัท Promega®, USA โดยทำตามขั้นตอนของบริษัท หลังจากได้ Recombinant DNA แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การ Transformation เป็นการนำเข้าสู่ host cell ซึ่งในที่นี้จะใช้ *Escherichia coli* DH5α สภาพเหมาะสมที่พร้อมจะรับ recombinant DNA เข้าไปเพื่อเพิ่มจำนวน ให้มีปริมาณมาก ต่อมาทำการคัดเลือกชิ้นส่วนของ DNA ที่สนใจ โดยนำไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ LB Agar ที่มีส่วนผสมของยาแอมพิซิลิน 100 µg/ml, Isopropyl-B-D thiogalactoside (IPTG) และ 5-bromo-4-chloro-3-indolyl-B-D-galactoside (X-gal) จากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง แล้วทำการคัดเลือกโคโลนี ที่ได้รับพลาสมิดสายผสม (blue/white screen) โดยคัดเลือกจากโคโลนีสีขาวที่เกิดขึ้น เนื่องจาก lac Z gene ได้รับชิ้นส่วน DNA เข้าไปแทรก จึงไม่สามารถผลิตเอนไซม์ ß–galactosidase ได้ ดังนั้นจึงไม่มีเอนไซม์ที่สามารถมาย่อย X-Gal ที่อยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ จึงเกิดเป็นโคโลนีสีขาวขึ้น ขั้นตอนต่อมาทำการตรวจสอบผลการโคลนด้วยเทคนิค colony PCR โดยทำการตรวจสอบโคโลนีที่เราสนใจว่ามีชิ้นส่วนของ DNA ที่สนใจแทรกอยู่หรือไม่ ในที่นี้จะใช้โคโลนีสีขาวที่ต้องการยืนยันเป็น DNA template ไปตรวจสอบด้วยเทคนิค Semi-Nested PCR เช่นเดิม ทั้งนี้จะทำการ culture โคโลนีดังกล่าวที่มีชิ้นส่วนของยีนที่เราสนใจมาเลี้ยงในอาหาร LB broth ปริมาตร 5 ml ที่มีส่วนผสมของยาแอมพิซิลิน100 µg/ml บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ หลังจากนั้นนำไปทำการสกัดพลาสมิดDNA

2.4.2 การสกัดพลาสมิดเพื่อนำไปใช้ในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

ทำการสกัดพลาสมิดDNA ด้วยชุด kit ของบริษัท Invisorb® Spin Plasmid Mini Kit (Stratec Molecular GmbH, Berlin) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (nanodrop 1000 spectrophotometer; Thermo Scientific,USA) เพื่อวัดความเข้มข้นและคุณภาพของผลผลิตที่ได้ ซึ่งในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์นี้ได้รับการวิเคราะห์จากบริษัท GENEWIZ. Inc โดยมีบริษัท Prima Sciencetific CO.,LTD. เป็นตัวกลางในการจัดส่งตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลแล้วทำการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์กับฐานข้อมูลของ NCBI ด้วยโปรแกรม nucleotide blast (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเหมือนหรือความคล้ายคลึงจะนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 18SrRNA นำไปเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของไร *Demodex* จากฐานข้อมูลสากล (GenBank) ซึ่งจะแสดงผลออกมาในค่าของเปอร์เซ็นต์ความเหมือน(percentage identities)

3. ผลการศึกษา

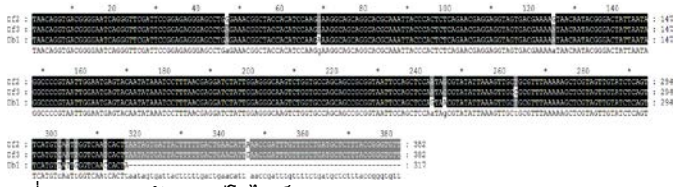
ไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ มีขนาดของผลิตภัณฑ์ PCR แตกต่างกัน ซึ่ง *D. folliculorum* มีขนาด 382 bp ในขณะที่ *D. brevis* มีขนาด 317 bp ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ PCR ของไร *Demodex* ที่ตำแหน่งยีน 18SrRNA บน 1.5% Agarose gel ซึ่ง Lane M คือ DNA ขนาดมาตรฐาน 100 bp DNA Ladder, Lane N คือ Negative control โดยใช้น้ำ ddH_2O, Lane 1 คือ ตัวอย่างที่พบว่าเป็น *D. brevis*, Lane 2–3 คือ ตัวอย่างที่พบว่าเป็น D. *folliculorum*

หลังจากนั้นได้นำผลิตภัณฑ์ PCR ที่มีขนาด 382 bp และ 317 bp ไปทำการตรวจสอบด้วยการโคลนนิ่งเพื่อหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ พบว่ามีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่แตกต่างกันดังรูปที่ 3 เมื่อนำผลของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โดยเทียบกับฐานข้อมูลสากล (GenBank) พบว่า *D. brevis* มีค่า percentage identities 99% และสำหรับ *D. folliculorum* นั้นพบว่ามีค่า percentage identities 99% เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าไพร์เมอร์ที่ทำการออกแบบนี้มีความจำเพาะกับ DNA ของ *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ คือ *D. folliculorum* และ *D. brevis* และจะทำการศึกษาเพื่อดูความหลากหลายทางพันธุกรรมของไร *Demodex* ต่อไปในอนาคตโดยทำการศึกษาจากอาสาสมัครคนไทยโดยใช้วิธีตรวจหาเชื้อด้วยเทคนิค Semi-Nested PCR เพื่อความถูกต้องและแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *D. brevis* (Db1) และ *D. folliculorum* (Df2, Df3)

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าการใช้เทคนิค Semi-Nested PCR สามารถแยกความแตกต่างของไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ได้ สรุปได้ว่าไพร์เมอร์ที่ออกแบบนี้มีความจำเพาะต่อไร *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์และข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปศึกษาในระดับโมเลกุลของไร *Demodex* ได้และสามารถนำไปศึกษาทางด้านระบาดวิทยาของไร *Demodex* ในประเทศไทยต่อไปได้ในอนาคต

5.ผลที่คาดว่าจะได้รับ

จากข้อมูลในการศึกษานี้สามารถนำประโยชน์ของการออกแบบไพร์-เมอร์ที่มีความจำเพาะต่อไร *Demodex* ที่พบในมนุษย์นี้ นำไปใช้ในการศึกษาในกรณีที่ลักษณะทางสัณฐานวิทยาไม่สามารถระบุสายพันธุ์ที่แน่นอนหรือตัวอย่างมีลักษณะสัณฐานวิทยาไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่สามารถแยกโดยการดูผ่านกล้องจุลทรรศน์อย่างชัดเจนได้ รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ *Demodex* ทั้งสองสายพันธุ์ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. พญ. กัญญรัตน์ กรัยวิเชียร และ รศ. ดร. นพ. เผด็จ สิริยะเสถียร ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการจัดอุปกรณ์ทางการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Lacy N, Kavanagh K, Tseng SC. 2009. Under the lash: *Demodex* mites in human diseases. Biochem (Lond) 31(4): 2-6.

[2] Baima B, Sticherling M. 2002. Demodicidosis revisited. Acta Derm Venereol 82(1): 3-6.

[3] Andrews JR. 1982. The prevalence of hair follicle mites in

[4] Caucasian New Zealanders. N Z Med J 95(711): 451-3.

[5] Aylesworth R, Vance JC. 1982. *Demodex folliculorum* and *Demodex brevis* in cutaneous biopsies. J Am Acad Dermatol 7(5): 583-9.

[6] Damian D, Rogers M. 2003. *Demodex* infestation in a child with leukaemia: treatment with ivermectin and permethrin. Int J Dermatol 42(9): 724-6.

[7] Daberta M, Witalinskib W, Kazmierskic A, Olszanowski Z, Dabert J. 2010. Molecular phylogeny of acariform mites (Acari, Arachnida): strong conflict between phylogenetic signal and long-branch attraction artifacts. Mol Phylogenet Evol 56: 222–41.

[8] Murrell A, Dobson SJ, Walter DE, Campbell NJH, Shao R, Barker SC. 2005. Relationships among the three major lineages of the Acari (Arthropoda: Arachnida) inferred from small subunit rRNA: paraphyly of the Parasitiformes with respect to the Opilioacariformes and relative rates of nucleotide substitution. Invert Syst 19: 383-9.

[9] Zhao YE, Xu JR, Hu L, Wu LP, Wang ZH. 2012. Complete sequence analysis of 18S rDNA based on genomic DNA extraction from individual *Demodex* mites (Acari: Demodicidae). Exp Parasitol 131(1): 45–51.

[10] T. Maniatis, E.F. Fritsch, J. Sambrook, Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 3rd ed., Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, 2001, 5.40.

[11] S. Kumar, K. Tamura, M. Nei, MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. Brief Bioinform, 2004, **5**(2): 150-63.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของเมทแอมเฟตตามีนต่ออัตราการเจริญเติบโตของ *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)

Effect of methamphetamine on the growth rate of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)

ศิรินภา เพ็ชรนารถ[†1], ณัฐ ตันศรีสวัสดิ์[‡2], เผด็จ สิริยะเสถียร[§3]

[†]*หลักสูตรวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร*
[‡]*ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร*
[§]*ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร*
[1]bim.sirinapa@hotmail.com
[2] tssnat@hotmail.com
[3] padet.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การเจริญเติบโตของตัวหนอนที่อยู่บนศพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยในการประมาณระยะเวลาหลังการตายในกรณีที่ศพเสียชีวิตมานานกว่า 48 ชั่วโมง แต่อาจจะมีความคลาดเคลื่อนสูง หนึ่งในปัจจัยที่มีผลคือสารเคมีที่พบในศพ ในการศึกษานี้จึงทำการศึกษาว่าเมทแอมเฟตตามีนมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของแมลงวันบ้านสายพันธุ์ *Musca domestica* อย่างไร ซึ่งมีวิธีการศึกษาโดยให้หนอนแมลงวันบ้านได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนที่มีความเข้มข้น 0, 50, 100, 200 และ 500 ng/mL และทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่าตัวหนอนแมลงวันที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าตัวควบคุมที่ 24 – 48 ชั่วโมง และจะเจริญเติบโตช้าลงที่ 72 – 96 ชั่วโมง การศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตให้ถูกต้องและแม่นยำขึ้นในกรณีที่มีสารเมทแอมเฟตตามีนในร่างศพ

คำสำคัญ: เมทแอมเฟตตามีน, แมลงวันบ้าน, การประมาณระยะเวลาหลังการตาย

Abstract

Growth stage of maggots is one of the most crucial determinants of the post-mortem interval of the deceased who was dead more than 48 hours. However, this method is subjected to high variability. One of the factors that affect this parameter is the chemical composition of the corpse itself. In this study, we quantified the effects of methamphetamine (MA) on maggot (*Musca domestica*) growth rate. Maggots were fed with various concentrations of MA (0, 50, 100, 200 and 500 ng/mL) and their sizes were determined in specific intervals (24, 48, 72 and 96 hours). During the first 48 hours, maggots subjected to MA grew faster than the control. However, after 72 hours, their growth rate receded slower than that of the control. Our study can be used to improve post-mortem interval calculation according to the amount of MA presented in the corpse.

Keywords: Methamphetamine, *Musca domestica*, postmortem interval estimation

1. คำนำ

ปัจจุบันปัญหาสารเสพติดถือเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่ง เนื่องจากมีการแพร่หลายอย่างมากในกลุ่มประชาชนทุกกลุ่ม โดยเฉพาะในกลุ่มช่วงวัยรุ่นรวมถึงกลุ่มกรรมกรผู้ใช้แรงงาน ซึ่งสารเสพติดที่มีการระบาดมากที่สุด [1] คือยาบ้าซึ่งมีสารออกฤทธิ์เป็นเมทแอมเฟตตามีน (Methamphetamine: MA) MA มีสูตรเคมีคือ $C_{10}H_{15}N$ ชื่อสารเคมีในระบบ IUPAC คือ N-methyl-1-phenylpropan-2-amine มีน้ำหนักโมเลกุล 149.24 g/mol ลักษณะทางกายภาพของเมทแอมเฟตตามีนที่อยู่ในรูป hydrochloride salt มีสีขาวจนถึงผลึกใสไม่มีสี มีจุดเดือด 212 °C และจุดหลอมเหลว 170 - 175 °C [2] เมทแอมเฟตตามีนที่ขายกันอย่างแพร่หลายและผิดกฎหมายมีลักษณะเป็นผงและแบบอัดเม็ด ถ้าอยู่ในรูป pure crystalline hydrochloride จะรู้จักกันในนาม “ICE” ยาบ้าจัดเป็นสารเสพติดกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางและมีผลต่อระบบหลอดเลือดและหัวใจ มีวิธีการเสพเข้าสู่ร่างกายทั้งการรับประทาน วิธีการฉีดเข้าหลอดเลือดและวิธีการสูดดม โดยวิธีการเสพแต่ละวิธีการจะมีการออกฤทธิ์และความรุนแรงที่แตกต่างกัน เมื่อมีการเสพเข้าสู่ร่างกายในระยะแรกจะมีการออกฤทธิ์ทำให้ร่างกายตื่นตัว หัวใจเต้นเร็วและมีความดันโลหิตสูงแต่เมื่อหมดฤทธิ์ผู้เสพจะมีความรู้สึกอ่อนเพลีย ระบบประสาทสั่งการช้าและผิดพลาด จึงเป็นเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงขึ้น ในกรณีที่มีการเสพเป็นระยะเวลานานจะทำให้สมองเสื่อมจึงมีผลทำให้เกิดอาการประสาทหลอนเห็นภาพลวงตา มีอาการหวาดระแวง คลุ้มคลั่ง เสียสติอาจมีอาการทางระบบประสาทจนควบคุมตัวเองไม่ได้อาจเกิดการทำร้ายตัวเองหรือทำร้ายผู้อื่นได้จนเกิดอาชญากรรมต่าง ๆ ได้ หรือในกรณีที่มีการใช้สารในปริมาณมาก (Overdose) MA จะออกฤทธิ์ไปกดประสาทและระบบหายใจมีผลทำให้ระบบหายใจทำงานผิดปกติจนทำให้หมดสติ และถึงแก่ชีวิตได้

การประมาณระยะเวลาหลังการตายของผู้เสียชีวิตนั้นเป็นเรื่องสำคัญประการหนึ่งในการชันสูตรศพ โดยทั่วไปการประมาณระยะเวลาหลังการตายอาศัยการเปลี่ยนแปลงหลังการตายซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ถ้าสิ่งแวดล้อมต่างกันการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจะต่างกันโดยสิ้นเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และยิ่งเวลาภายหลังการตายนานขึ้น ระยะเวลาการตายที่ประเมินได้ยิ่งมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น [3] ดังนั้นการประเมินเวลาตายจึงต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ หลังตายหลายอย่างมาประกอบกัน เพื่อให้ได้เวลาที่ใกล้เคียงที่สุด อีกสิ่งหนึ่งที่อาจจะช่วยประมาณระยะเวลาการตายได้คือ การเติบโตของตัวหนอนที่อยู่บนตัวศพซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยในการประมาณระยะเวลาหลังการตาย นอกจากนี้แมลงวันในบางสายพันธุ์นั้นยังสามารถนำมาตรวจวินิจฉัยทางพิษวิทยาได้ [4-5]

ในการนำข้อมูลการเจริญเติบโตของแมลงวันมาใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะรูปร่างและวงจรชีวิตของแมลงวันเป็นอย่างดี ในการศึกษานี้จะทำการศึกษาในแมลงวันบ้าน ซึ่งแมลงวันบ้านมีลักษณะดังนี้ แมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) มีลักษณะลำตัวสีเทาดำ ไม่สะท้อนแสง ตาเป็นลักษณะตาประกอบ ส่วนปากดัดแปลงสำหรับการดูดอาหารที่เป็นของเหลวหรือกึ่งเหลว ในขณะที่ไม่กินอาหารปากจะเก็บเข้าไปอยู่ในส่วนหัว แต่ขณะกินอาหารปากจะยืดยาวออกมา ส่วนอกด้านหลังมีแถบดำ 4 เส้น ขามี 3 คู่ โดยปกติตัวเมียวางไข่เป็นกลุ่มประมาณ 120 ฟอง ในสภาพธรรมชาติจะสามารถวางไข่ได้ 1 – 2 ครั้ง แมลงวันมีอายุขัยประมาณ 14 - 70 วัน [6]

เนื่องจากยาหรือสารเสพติดส่วนใหญ่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลง [7] ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องศึกษายาและสารเสพติดที่พบบ่อยในประเทศไทยว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของแมลงที่พบบ่อยในประเทศไทยอย่างไร ซึ่งพบว่าเมทแอมเฟตตามีนเป็นสารเสพติดที่แพร่ระบาดมากที่สุดในปัจจุบันและแมลงวันบ้านเป็นชนิดที่พบบ่อยในประเทศไทย ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของของสารเสพติดเมทแอมเฟตตามีนมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของแมลงวันบ้านที่มีความสำคัญทางด้านนิติกีฏวิทยาและการศึกษาตรวจวิเคราะห์หาสารเสพติดในตัวหนอนของแมลงวัน เพื่อลดความผิดพลาดในการประมาณระยะเวลาหลังการตาย

2. วิธีการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง

2.1 การเตรียมส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนและตับหมูบด

กระบวนการเตรียมได้มีการประยุกต์มาจากวิธีการเตรียมอาหารสำหรับการเลี้ยงหนอนแมลงวันของ Rumiza Abd Rashid และคณะ [8] โดยนำตับหมูสดบดละเอียด 100 กรัมมาแบ่งใส่ภาชนะทั้งหมด 5 ชุด โดยแต่ละชุดมีตับหมูสดบด 20 กรัม นำไปทำให้สุกรอให้อาหารที่เตรียมเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

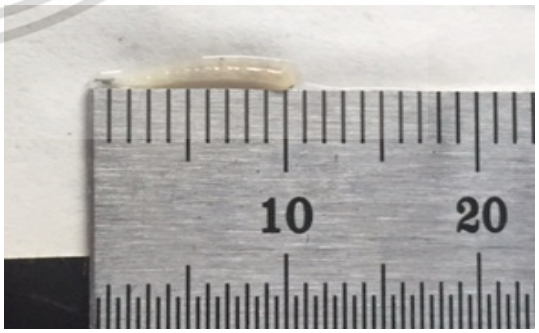
ความเข้มข้นของเมทแอมเฟตตามีนที่ได้ใช้ในงานวิจัยครั้งได้มาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่ได้ทำการศึกษาในการตรวจวิเคราะห์หาเมทแอมเฟตตามีนในเลือดของผู้เสียชีวิตใน และ ข้อมูลที่ได้จาก Cutoff and toxicity levels for drugs of abuse testing ของ Clinical Laboratory Reference. ในระดับ Toxic blood level เช่นกัน ทางผู้วิจัยจึงใช้ความเข้มข้นที่ 0, 50 , 100 , 200 และ 500 ng/ml สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

จากนั้นเติมเมทแอมเฟตตามีน (Methamphetamine) โดยมีความเข้มข้น ที่ 0, 50, 100, 200 และ 500 ng/mL โดยใช้ความเข้มข้นละ 2 mL ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำไปอุ่น ที่ 100 °C เพื่อกำจัด Methanol ซึ่งเป็นตัวทำละลายของสารมาตรฐาน ออกจากอาหารที่ใช้เลี้ยงแมลงวัน (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 อาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนเมลงวัน

2.2 การเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันบ้านที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีน

โดยนำไข่แมลงวันบ้านจำนวน 80 – 120 ฟอง ไปวางลงบนอาหารที่ใช้เลี้ยงหนอนแมลงวันบ้านที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนที่มีความเข้มข้นที่ 0, 50, 100, 200 และ 500 ng/mL โดยแบ่งออกเป็นถ้วย ถ้วยละ 20 ฟอง จากนั้นนำภาชนะไปเก็บที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ แสงสว่าง และความชื้นที่มีอุณหภูมิที่ 29 ± 1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5% แสงสว่าง 12 : 12 โดยสุ่มหยิบตัวหนอนแมลงวันจำนวน 3 ตัว ในแต่ละระยะที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เพื่อมาทำการการวัดความยาวของตัวหนอนเพื่อดูการเจริญเติบโต การวัดทำในขณะที่หนอนตาย โดยนำหนอนจุ่มในน้ำร้อนที่ 80 °C นาน 5 - 10 วินาที จากนั้นนำมาวัดความยาวของตัวหนอนด้วยไม้บรรทัด (รูปที่ 2) นำข้อมูลมาสรุปผลของการศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเมทแอมเฟตตามีนและการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวัน



รูปที่ 2 วิธีการวัดความยาวของตัวหนอนแมลงวันบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเก็บตัวอย่าง (Specimen collection)

เลี้ยงแมลงวันบ้านด้วยอาหารที่เป็นส่วนผสมของน้ำหวานกับนมผงในอัตราส่วน 3 : 1 และอาหารสำหรับให้แมลงวันวางไข่ (ปลาป่นและน้ำสะอาด อัตราส่วน 1:1) และทำการเลี้ยงในกรง ที่มีขนาด 30×30×30 เซนติเมตร โดยปล่อยแมลงวันบ้าน ระยะโตเต็มวัย ประมาณ 30 ตัว เข้ากรงเมื่อสังเกตเห็นว่าแมลงวันบ้านวางไข่บนอาหารจึงนำระยะไข่ไปทำการแยกออกใส่อาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนที่ความเข้มข้นที่ 0, 50, 100, 200 และ 500 ng/ml

จากนั้นทำการศึกษาการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวัน ซึ่งมีการประยุกต์มาจาก Grassberger M.และคณะ[9] จะทำการสุ่มเก็บตัวหนอนจำนวน 3 ตัว ในแต่ละชั่วโมงที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มาทำการวัดความยาวของตัวหนอนเพื่อดูการเจริญเติบโต จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

สูตรการหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum x$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. ผลการศึกษา

3.1 การเจริญเติบโตของแมลงวันบ้านต่ออาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีน ที่มีความเข้มข้นที่ 0, 50, 100, 200 และ 500 ng/mL เป็นดังนี้

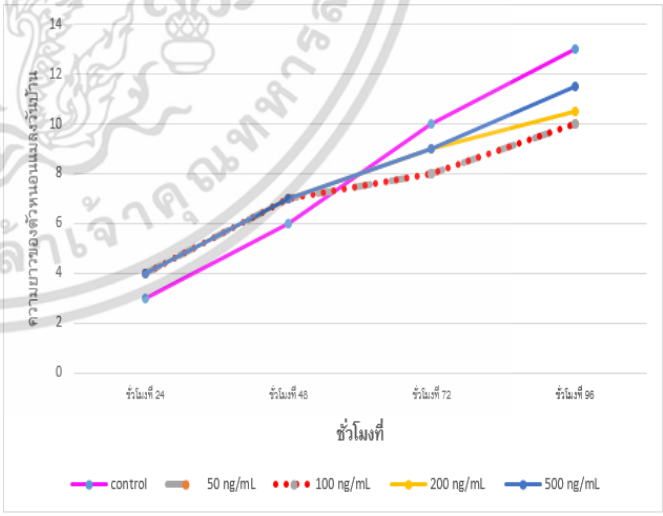
ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลของค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของตัวหนอนแมลงวันบ้าน *Musca domestica* ในแต่ละชั่วโมง

ชั่วโมงที่	ความเข้มข้น				
	Control	50 ng/mL	100 ng/mL	200 ng/mL	500 ng/mL
24	3 mm.	4 mm.	4 mm.	4 mm.	4 mm.
48	6 mm.	7 mm.	7 mm.	7 mm.	7 mm
72	10 mm.	8 mm.	8 mm.	9 mm.	9 mm.
96	13 mm.	10 mm.	10 mm.	10.5 mm.	11.5 mm.

จากผลการศึกษาแสดงว่า เมื่อปริมาณเมทแอมเฟตตามีนมีความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้หนอนแมลงวันบ้าน มีการเจริญเติบโตที่เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่ม ที่มีความเข้มข้น 0 ng/mL หรือกลุ่ม control ในชั่วโมงที่ 24 และชั่วโมงที่ 48 และในทุกความเข้มข้นจะเริ่มเจริญเติบโตช้าลงเมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 72 และ 96 ชั่วโมงเมื่อเทียบซึ่งเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีความเข้มข้น 0 ng/mL **(รูปที่ 3)** กลุ่ม control จะเข้าสู่ระยะดักแด้ในชั่วโมงที่ 114 และหนอนแมลงวันบ้านที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนจะเข้าสู่ระยะดักแด้ที่ 120 ชั่วโมง

จากงานวิจัยของ Goff LM. และ คณะ [10] ในปี1992 ได้ศึกษาผลของเมทแอมเฟตตามีนต่ออัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันหลังลายสายพันธุ์ *Parasarcophaga ruficornis* พบว่า เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 30 ถึงชั่วโมงที่ 60 หนอนแมลงวันได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนที่ความเข้มข้น 71.4 และ 142.9 mg จะมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่ากลุ่ม control group และ กลุ่มที่มีความเข้มข้น 37.5 mg จากนั้นจะเข้าสู่ระยะดักแด้ชั่วโมงที่ 114 ในความเข้มข้นของเมทแอมเฟตตามีนที่ 71.4 และ 142.9 mg ส่วนความเข้มข้นที่ 37.5 mg จะเริ่มเข้าสู่ระยะดักแด้ชั่วโมง 132.

จากการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยดังกล่าวที่ศึกษาผลของเมทแอมเฟตตามีนของการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวัน พบว่า ความเข้มข้นของเมทแอมเฟตตามีนที่ใช้ในการทดสอบแตกต่างกันและสายพันธุ์ของแมลงวันที่ต่างกัน อาจทำให้อัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงวันแตกต่างกันได้ เนื่องจากเภสัชจลนศาสตร์ (Pharmacokinetics) ของยาในแมลงแต่ละชนิดนั้นจะขึ้นอยู่ species, อัตราการเจริญเติบโต และ พฤติกรรมการกินของแมลง [11] ซึ่งอาจจะทำให้แมลงวันที่ได้รับสารเคมี หรือ ยาต่างๆ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเมทแอมเฟตตามีนและการเจริญเติบโตของแมลงวันบ้าน

แกน X คือ ชั่วโมงที่ทำการวัดความยาวของตัวหนอนแมลงวัน

แกน Y คือ ความยาวของตัวหนอนแมลงวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สรุป

จากการศึกษาผลของเมทแอมเฟตตามีนต่ออัตราการเจริญเติบโตของแมลงวันบ้าน (Diptera: Muscidae) พบว่าที่ 24 – 48 ชั่วโมง ตัวหนอนแมลงวันบ้านสายพันธุ์ *Musca domestica* ที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอทเฟตตามีน มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีน และ เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 72- 96 ชั่วโมง จะมีการชะลอการเจริญเติบโตช้าลง และเข้าสู่ระยะดักแด้ที่ 120 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีน จะมีการเจริญเติบโตแล้วเข้าสู่ระยะดักแด้ที่ 114 ชั่วโมง

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปคำนวณหาระยะเวลาหลังการเสียชีวิตได้ในกรณีที่พบผู้เสียชีวิตที่มีสารเมทแอมเฟตตามีนและที่เสียชีวิตมามากกว่า 24ชั่วโมง

นอกจากนี้หนอนแมลงวันที่พบบนตัวศพอาจนำมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการตรวจวิเคราะห์ทางพิษวิทยา

การศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะผลของเมทแอมเฟตตามีนต่อการเจริญเติบโตโดยควบคุมปัจจัยและตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนแมลง เช่น อุณหภูมิและความชื้น ดังนั้น การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ต้องคำนึงถึงปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งอาจมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของหนอนแมลงได้

5.ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Result)

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำข้อมูลข้างต้นไปศึกษาต่อได้ โดยสามารถนำเอาหนอนแมลงวันที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมทแอมเฟตตามีนนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารที่มีอยู่ในตัวหนอนแมลงวันได้และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณระยะเวลาหลังการเสียชีวิตได้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.อัจฉรา ภูมี ภาควิชาปรสิตวิทยาที่ให้คำแนะนำตลอดการทำงานวิจัยในครั้งนี้ และ ขอบคุณพระคุณ ภญ.รุจิรา บุญส่อง และ นางสาว ดอกรัก ก้อนทอง นักวิทยาศาสตร์ หน่วยงานนิติพิษวิทยาที่ให้คำปรึกษาตลอดการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านในหน่วยงานนิติพิษวิทยา ภาควิชานิติเวชศาสตร์ และ ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดทำงานวิจัย และ ช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้บรรลุไปตามเป้าหมายได้ดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ส่วนพัฒนาสื่อและเทคโนโลยี สำนักพัฒนาการป้องกันและแก้ไขปัญหายาเสพติด สำนักงานป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. 2545. เรียนรู้เรื่องยาเสพติด ชีวิตปลอดภัย.พิมพ์ครั้งที่3.กรุงเทพมหานคร

[2] Oliveira HG., et al. 2009. The effect of BUSCOPAN® on the development of the blow fly *Chrysomya megacephala(F.)* Diptera: calliphoride. Forensic Science International 54(1): 202-6.

[3] Sritavanich N., Jamjanya T., Hanboonsong Y. and Jamsuwan A. 2007. An Application of Forensic Entomology to Evaluate Post-Mortem Interval. KKU Research Journal 7(2): 1-5.

[4] Galliano-Candela R. and Aventaggiato L. 2001. The detection of toxic substances in entomological specimens. International Journal of Legal Medicine 114(4-5): 197-203.

[5] Leccese A. 2004. Insects as forensic indicators: methodological aspects. Journal of Forensic Medicine and Toxicology 5(1): 26-32.

[6] Greenberg B. 1971. Flies and disease: Ecology, classification and biotic associations. vol.1. New Jersey, USA: Press New.

[7] Kharbouche H., et al. 2008. Codeine accumulation and elimination in larvae, pupae, and imago of the blowfly *Lucilia sericata* and effects on its development. International Journal of Legal Medicine 122(3): 205-11.

[8] Rashid AR., et al. Effects of Ketum extract on blowfly *Chrysomya megacephala* development and detection of mitragynine in larvae sample. In: Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), 2012 IEEE Symposium on; 2012 Sep 23-26; Bandung, Indonesia. IEEE; 2012. p. 337-41

[9] Grassberger M., Reiter C..2002. Effect of temperature on development of Liopygia (Sarcophaga) argyrostoma (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Sarcophagidae) and its forensic implications. Forensic Science International: 1332-6.

[10] Goff ML, Brown WA, and Omori AI.1992. Preliminary observations of the effect of methamphetamine in decomposing tissues on the development rate of Parasarcophaga ruficornis (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect on the estimations of postmortem intervals. Journal of Forensic Science 37(3): 867-72

[11] Dayananda R. and Kiran J. 2013. **Entomotoxicology.** International Journal of Medical Toxicology and Forensic Medicine. 2013;3(2): 71-74.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโมเดลเพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงทางอารมณ์ผู้โพสต์ข้อความบน Facebook

Design of Model Emotional Risks Analysis on Facebook

สาเรศ วันโสภา[1], นีรชา โสพล[2], ธัญชนก แย้มกลีบบัว[3], ยุรนันท์ มูซอ[4], ธงชัย แก้วกิริยา[5]
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250
[1] sared@tni.ac.th
[2] so.neerachar_st@tni.ac.th
[3] ya.tunchanok_st@tni.ac.th
[4] yuranan@tni.ac.th
[5] thongchai@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวคิดการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางอารมณ์ของผู้โพสต์ข้อความบน Facebook โดยใช้หลักการ การจัดประเภทกลุ่มคำจากการตัดคำและการวิเคราะห์คำเหมือนของประโยคในการวิเคราะห์ข้อความการโพสต์ของผู้ใช้งาน Social network ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอโมเดลโดยแบ่งออกเป็น 9 โมดูล คือ 1) Original Post Module คือ โพสต์, บทความ หรือข้อความต่างๆ ที่อยู่บน Facebook, 2) Matching Related Posts Module คือการเช็คความสัมพันธ์ของผู้โพสต์ ว่ามีความสัมพันธ์กับบุคคลใดในเฟสบุ๊ค, 3) Other Posts Module คือการโพสต์ข้อความของบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกันกับผู้โพสต์, 4) Cut Words Module คือส่วนของการตัดคำจากบทความที่มีการโพสต์ เพื่อดูแนวโน้มของคำ, 5) Words Risk Analysis Module คือส่วนของการวิเคราะห์คำที่ได้จะการตัดคำ, 6) Words Classification Module: Scaling Hazardous Words เป็นส่วนของการแบ่งกลุ่มคำหรือกลุ่มประโยค, 7) Checking for relate groups Module เป็นการเช็คความสัมพันธ์ของแต่ละโพสต์ กับโพสต์ตัวอย่าง, 8) Word Matching to Relative Post Module เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละโพสต์ และส่วนสุดท้าย คือ Present the Result Module คือส่วนของการแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์โพสต์ตัวอย่างกับโพสต์ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ได้พัฒนาตัวต้นแบบ และทำการประเมินผลการใช้งานระบบจากผู้ใช้งานทั้งหมด 9 ท่าน พบว่า มีความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับสูง เฉลี่ยที่ 3.56/5 (S.D.=0.53)

คำสำคัญ: อารมณ์, การวิเคราะห์, Facebook

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์เช่น Facebook, Twitter, ฯลฯ ได้เป็นส่วนสำคัญของชีวิตมนุษย์ ภาวุธ พงษ์วิทยภานุ [1] ได้เปิดเผยข้อมูลเกี่ยวข้องกับสถิติและพฤติกรรมการใช้งาน Social Network ของไทยว่า ประเทศไทย ใช้ Facebook มากเป็นอันดับ 9 ของโลก โดยมีจำนวนผู้ใช้มากถึง 28 ล้านราย คิดเป็น 42% ของประชากรทั้งประเทศ ในการโพสท์ Facebook นั้น คนไทยส่วนใหญ่นิยมโพสท์ด้วย รูปภาพ 57%, เช็คอิน 33% โพสท์พร้อมลิงค์ 21% วีดีโอ 3% และ โพสท์สถานะอยู่ที่ 2% และการวิจัยของ ดร. บุญอยู่ ขอพรประเสริฐ [2] โดยการศึกษาพฤติกรรมการใช้เฟสบุ๊ค (Facebook) ของนักศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า 3 ลำดับแรกที่มีการใช้งานมากที่สุดจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ใช้ในการสนทนา (Chat), โพสต์แสดงความยินดีกับเพื่อนในโอกาสต่าง ๆ และใช้ในการกด Like ต่างๆ ส่วนผลกระทบจากการเล่นเฟสบุ๊คมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ การทะเลาะหรือโต้เถียงหรือขัดแย้งกับแฟน/คนรัก, การทะเลาะหรือโต้เถียงหรือขัดแย้งกับเพื่อน และผลการเรียนลดลงหรือแย่ลง จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมการใช้เฟสบุ๊คมีผลอย่างมากกับการแสดงออก การติดต่อ สื่อสาร และใช้งานในยุคปัจจุบัน ที่สำคัญคือ สิ่งเหล่านี้ต่างก็แฝงไปด้วยอารมณ์ ความรู้สึกในการใช้งานนั้นๆอยู่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจนำไปสู่อารมณ์ ความรุนแรง ที่จะตามมาในภายหลังได้ จะสอดคล้องกับงานวิจัยของนายอนุพงศ์ คำมา [3] ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตายในสังคมไทย คือการเจริญเติบโตทางโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยี ล้วนส่งผลต่อความเป็นอยู่ของสังคมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ประชากรบางส่วนไม่สามารถปรับตัวและไม่สามารถแก้ไขปัญหาวิกฤตที่เข้ามาได้ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชากรทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้นำมาซึ่งปัญหาความเครียด ภาวะซึมเศร้าเกิดปัญหาการฆ่าตัวตายซึ่งปัญหาสำคัญในอันดับต่อมาสอดคล้องกับผลการทดลองของ Adam .d [4] ซึ่งดำเนินการทดลองผ่านทาง News Feeds ของผู้ใช้ Facebook จำนวน 689,003 คน โดยดูว่าการได้รับการถ่ายทอดทางอารมณ์จากผู้อื่น จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการโพสต์ของตัวเอง พบว่าอารมณ์ความรู้สึกในการโพสต์นั้น เป็นเหมือนโรคติดต่อ บรรดาผู้ที่เห็นเนื้อหาโพสต์เชิงบวกจะมี Activity บน Facebook ของตนเองไปในทิศทางบวกมากกว่าทางลบ ณ วันนั้น ในขณะเดียวกัน ผู้ที่ได้รับการทดสอบด้วยการเห็นเนื้อหาโพสต์เชิงลบ ก็จะมีแนวโน้มไปทางลบบน Facebook ของพวกเขาด้วย

ในการโพสต์สถานะ ข้อความ การแสดงออกเหล่านี้ หลายครั้งอาจแฝงไปด้วยอารมณ์ที่รุนแรง ความเครียด หรือเป็นการส่งสัญญาณเตือนถึงอันตราย กิริยาการคิดฆ่าตัวตาย ที่ญาติพี่น้อง เพื่อน หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องไม่อาจรับรู้ได้ถึงอารมณ์แฝงที่แท้จริง อาจนำไปสู่เหตุร้ายแรง (การฆ่าตัวตาย)ที่อาจเกิดขึ้นตามมาได้ นพ.วรตม์ โชตพิทยสุนนท์ [5] กล่าวว่าคนที่กำลังคิดฆ่าตัวตายมักจะมีการส่งสัญญาณเตือนออกมา ประกอบกับทุกวันนี้คนเราอยู่ในสังคมเครือข่ายสังคมออนไลน์มากขึ้น ทำให้ส่วนหนึ่งมักมีการส่งสัญญาณการฆ่าตัวตายออกมาทางเครือข่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังคมออนไลน์ เช่น การโพสท์ข้อความต่างๆ ที่แสดงออกว่ากำลังอยู่ในภาวะซึมเศร้า หรือคิดฆ่าตัวตาย ซึ่งจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ปัญหาเหล่านี้เป็นอีกหนึ่งปัญหาที่มีความสำคัญ ต่อการดำเนินชีวิตในยุคของโซเชียลเน็ตเวิร์คในปัจจุบัน งานวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอโมเดลการวิเคราะห์อารมณ์ของผู้ใช้งานจากการโพสท์ข้อความใน Facebook และความสัมพันธ์จากการโพสต์ของบุคคลที่เกี่ยวข้อง โดยจะวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ในการโพสเฟซบุ๊คของกลุ่มเพื่อน ญาติพี่น้อง ว่ามีความสอดคล้อง หรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เพื่อให้ทราบถึงความรู้สึกของผู้โพสต์และบุคคลที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การให้ความช่วยเหลือ หรือการแสดงความคิดเห็น โต้ตอบ พูดคุยกันที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. งานวิจัยที่ผ่านมา

ระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ในปัจจุบัน เป็นศูนย์รวมการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งาน ข้อมูลดังกล่าวมีความหลากหลายและมีความซับซ้อน แฝงไปด้วยการแสดงออกทางด้านอารมณ์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ จึงมีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน

Hsin-Ying Wu และคณะ [6] ได้ทำการวิจัยร่วมกับเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ในประเทศจีน โดยมีการออกแบบโปรแกรมตรวจจับ Texts message หรือ คำสำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับชื่อของสินค้าที่มีในเว็บไซต์ และลูกค้าผู้ให้บริการเว็บไซต์ได้มีกล่าวถึงซ้ำบนหน้า Feedback มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลสกัดคำสำคัญ เพื่อให้ได้ข้อมูลสินค้าที่มีความนิยมจากการกล่าวซ้ำของผู้ใช้บริการ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชื่อมโยงกับหลักการทางการตลาด เพื่อนำผลลัพธ์มาทำการส่งเสริม Promotions หรือ พัฒนา Products ต่อไป, Shankar Setty และคณะ [7] ได้นำเสนอ การจัดหมวดหมู่ของข้อความหรือฟีดข่าวต่างๆบนเฟสบุ๊คโดยอัตโนมัติ และการตรวจจับวิเคราะห์ความรู้สึกจากการโพสต์ในหมวดหมู่ต่างๆ โดยใช้วิธีการ SVM เพื่อแบ่งหมวดหมู่การโพสและฟีดข่าวให้เป็นไปโดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้งานใช้งานง่ายและสะดวกขึ้นในการอัพเดทข้อมูล อีกทั้งยังวิเคราะห์ความรู้สึกจากการโพสต์ว่าผู้ใช้งานมีความรู้สึกที่ดีหรือไม่ดีจากการโพสต์ข้อความนั้นๆ, Jalel Akaichi และคณะ [8] ได้นำเสนอการจำแนกความเชื่อมั่นข้อความบนสื่อเครือข่ายสังคมออนไลน์ ความรู้สึกของผู้ใช้และพฤติกรรมในช่วงเวลานั้น เปรียบเทียบ 2 วิธีการ SVM และ Bayes เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นต่อไป, Mohamed Yassine และคณะ [9] ได้นำเสนอแนวคิดในการวิเคราะห์ลักษณะข้อความที่แสดงอารมณ์ หรือ Emotions บนอินเตอร์เน็ต เช่น การแสดงอารมณ์ในลักษณะสัญลักษณ์ [Smile Emotion/ทำหน้ายิ้ม :)], [Mad Emotion/ทำหน้าบึ้ง :( ] หรือคำอุทานในลักษณะลากยาวตัวอักษร Ooooh, Nooooo way! เป็นต้น โดยนำข้อมูลจากผู้ใช้งานเฟสบุ๊คมาวิเคราะห์ลักษณะการสื่อสารหรือการตอบโต้กันในโลก social network ว่าผู้ใช้งานมีความรู้สึกหรืออารมณ์ร่วมอย่างไรในระหว่างการสื่อสารพูดคุยกันบนเฟสบุ๊ค, Mary Holmes [10] ได้นำเสนอความสัมพันธ์ในการแสดงออกทางอารมณ์ระหว่างผู้ใช้งาน Facebook โดยใช้หลัก Emotionalsation ร่วมกับ Reflexivity และสังเกตผลลัพธ์ทางการแสดงออกผ่านข้อความที่ใช้สื่อสารระหว่างกันบนหน้าฟีตแบค โดยผู้วิจัยได้อธิบายความหมายของการติดต่อระหว่างกัน จากข้อความใน Facebook และวิเคราะห์ออกมาในรูปของกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งาน

อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะเน้นการวิเคราะห์ Text ข้อความของโพสต์ หรือการตรวจจับคำต่างๆ ในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งยังไม่มีการวิเคราะห์ข้อความที่แสดงถึงอารมณ์ความรู้สึกร่วมกับความสัมพันธ์จากบุคคลรอบข้าง หรือครอบครัวของผู้โพสต์เฟสบุ๊ค งานวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอโมเดลการวิเคราะห์อารมณ์ของผู้โพสท์ข้อความใน Facebook และความสัมพันธ์จากการโพสต์ของบุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยในการป้องกันความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้น นำไปสู่การให้ความช่วยเหลือ หรือการแสดงความคิดเห็น โต้ตอบ พูดคุยกันที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Text Mining [11] คือขบวนการทำงานที่เรียกว่า process ที่สกัดข้อมูล (Extract data) จากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Large Textual Information) เพื่อให้ได้สารสนเทศ (Usefull Textual Information) โดยข้อมูลที่ถูกนำมา Mining เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็น Text data sets

Document Summarization [12] การลดรายละเอียดของข้อมูลที่ไม่จำเป็น เพื่อให้คงไว้เฉพาะส่วนที่เป็นสาระสำคัญที่ยังคงทำให้เอกสารนั้นมีความสมบูรณ์ในเชิงเนื้อหา

Document Classification เป็นเทคนิคช่วยในการจำแนกประเภทเอกสารออกเป็นประเภท (Class) การใช้เทคนิคนี้ จำเป็นต้องทำการสอนระบบ (train model) ให้รู้จำรูปแบบของเอกสารในแตละ class เพื่อแยกประเภท ตัวอย่าง เช่น การนำเทคนิค Document Classification ไปใช้ คือใช้ในการจำแนกข้อมูลที่มีการ post อยู่ใน social network เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หรือดูแนวโน้มในเรื่องต่างๆ ได้

Document Clustering เป็นเทคนิคที่ช่วยในการจัดกลุ่มเอกสารทั่วๆ ไป ที่เราไม่ทราบว่าเป็นเอกสารประเภทใด โดยพิจารณาจากเนื้อหาของเอกสารที่คล้ายคลึงกันให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

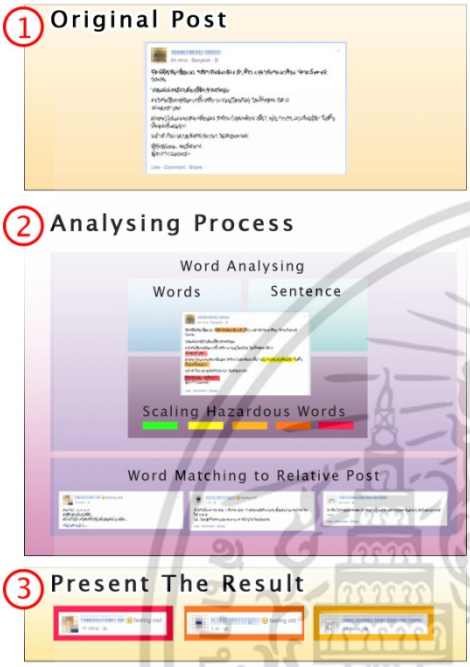
4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการใช้งานเว็บบน Social Network เป็นที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน อย่างเช่น Facebook แต่ละคน แต่ละเพจได้เผยแพร่ข่าวสาร โพสต์แสดงความคิดเห็น หรือแม้กระทั่งโพสต์แสดงความรู้สึกของตนเอง ซึ่งจากความหลากหลายในการแสดงออกผ่านสื่อ Social เหล่านี้ หลายครั้งที่ทำให้ผู้รับข่าวสารไม่ทราบถึง หรือไม่สามารถเข้าใจถึงความรู้สึกความต้องการที่แท้จริงของผู้โพสต์ และอาจทำให้เกิดการแสดงความคิดเห็นที่ผิดๆ หรือเกิดการยั่วยุที่ทำให้เกิดเหตุที่ไม่พึงประสงค์ตามมาได้ ยกตัวอย่างเช่น การยั่วยุให้เกิดการฆ่าตัวตาย เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเสนอแนวคิดในการวิเคราะห์ประโยคหรือบทความการโพสต์ข้อความต่างๆของกลุ่มเพื่อนผู้ใช้งานบน Facebook เพื่อให้ทราบถึงความรู้สึกและอารมณ์ของบุคคลเหล่านั้น ช่วยให้การแสดงความคิดเห็น สนทนาพูดคุยกันมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวคิดของงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

4.1 Overview of Model



รูปที่ 1 Overview of Model

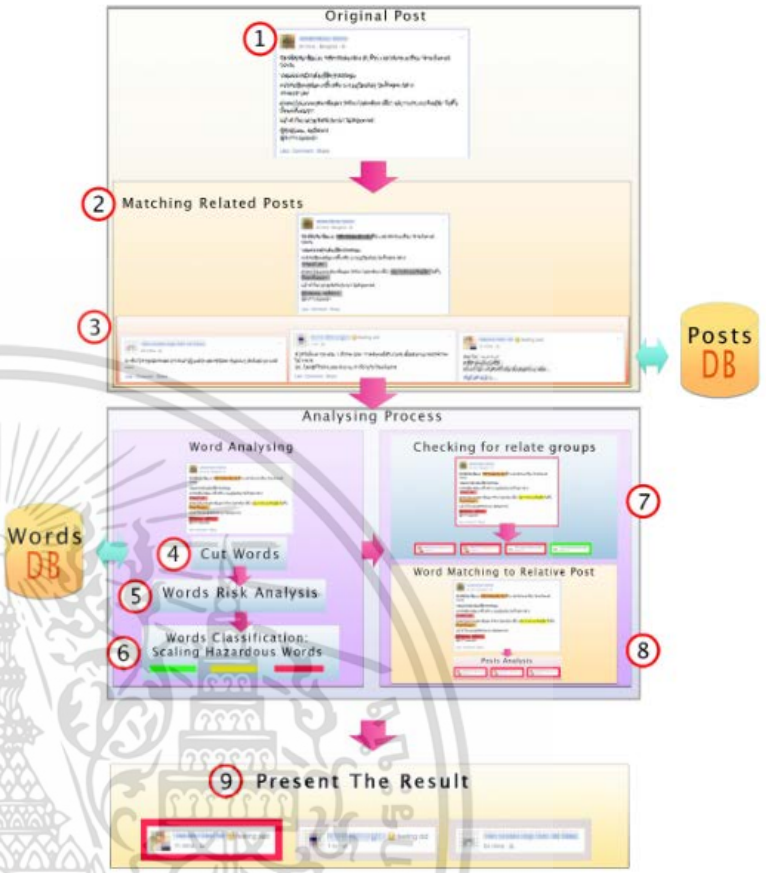
จากรูป 1 แสดงภาพโดยรวมของการทำงานในกระบวนการวิเคราะห์อารมณ์ อธิบายดังต่อไปนี้

โมดูลที่หนึ่ง Original Post คือ รูปแบบของการโพสต์ข่าวสาร การโพสต์ความคิดเห็น โพสต์ความรู้สึกของบุคคลที่สนใจ และกลุ่มเพื่อนหรือบุคคลที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แฟน ครอบครัว

โมดูลที่สอง Analysing Process คือ กระบวนการของการวิเคราะห์ข้อความ บทความ หรือโพสต์ต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงความรู้สึกของผู้โพสต์ รวมทั้งทราบถึงความสัมพันธ์ของการโพสต์นั้นกับบุคคลรอบข้าง ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนย่อย คือ Word Analysis : การวิเคราะห์คำหรือประโยคที่ได้จากการโพสต์ต่างๆ และ Word Matching to Relative Post : การเช็คและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโพสต์ของบุคคลที่สนใจกับบุคคลรอบข้าง ว่ามีความสัมพันธ์ เกี่ยวข้อง สอดคล้องกันหรือไม่

โมดูลที่สาม Present The Result เป็นการแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความรู้สึกจากบทความ ข้อความหรือโพสต์ ร่วมกับโพสต์จากผู้ใกล้ชิดที่มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งอาจแสดงให้เห็นในรูปของ เปอร์เซ็นต์ความรู้สึก สี หรือความสัมพันธ์กัน เช่น ความรู้สึกเศร้า 55% มีความสัมพันธ์กับแฟน เป็นต้น

4.2 Conceptual Model



รูปที่ 2 Conceptual Model

จากรูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของแนวคิดในงานวิจัย มีดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง Original Post คือ โพสต์ บทความ หรือข้อความต่างๆ ที่ได้จากบุคคลตัวอย่างต้องการนำข้อมูลการโพสต์มาวิเคราะห์

ขั้นตอนที่สอง Matching Related Posts เป็นส่วนของการเช็คความสัมพันธ์ของผู้โพสต์ว่ามีความสัมพันธ์กับบุคคลใดบ้างในเฟสบุ๊ค รวมทั้งมีความสนิทสนมในการแลกเปลี่ยนข่าวสารหรือติดต่อสื่อสารกันมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้นำข้อมูลมาตัดสินใจในการเลือกโพสต์ของบุคคลที่เกี่ยวข้องมาร่วมทำการวิเคราะห์ต่อไป

ขั้นตอนที่สาม Other Posts เป็นส่วนของโพสต์ของบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกันกับผู้โพสต์ ที่ได้จากการเช็คความสัมพันธ์จากขั้นตอนที่สอง ซึ่งอาจจะเป็น โพสต์ของแฟน โพสต์ของญาติพี่น้อง หรือโพสต์ของเพื่อนสนิท เป็นต้น

ขั้นตอนที่สี่ Cut Words เป็นส่วนของการตัดคำ จากบทความที่มีการโพสต์ เพื่อดูแนวโน้มของคำและบริบทโดยรวมว่าสามารถจัดความรู้สึกโดยรวมโอนเอียงไปทางด้านใด เพื่อการนำไปวิเคราะห์ต่อไปนั่นเอง

ขั้นตอนที่ห้า Words Risk Analysis เป็นส่วนของการวิเคราะห์คำที่ได้จะการตัดคำ ซึ่งในการตัดคำหลายครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดหรือตัดโดยละเอียดเกิดไป จึงต้องมีกระบวนการของการวิเคราะห์คำเข้ามาช่วย ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางคำที่ได้ อาจจะยาวหรือสั้นแตกต่างกันไปตามความหมายของคำหรือประโยคเหล่านั้นนั่นเอง ซึ่งจะมีการวิเคราะห์คำและเปรียบเทียบกับคำหรือประโยคที่
มีอยู่ในฐานข้อมูล เพื่อจะได้นำประโยคหรือคำเหล่านั้นที่ได้ไปแบ่งแยกตามหมวดหมู่ในส่วนของ Words Classification ต่อไป

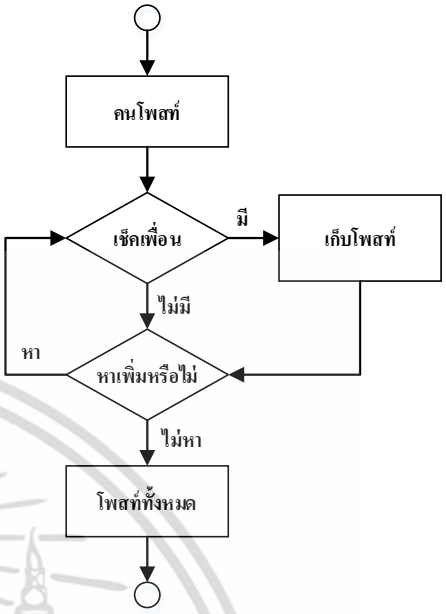
ขั้นตอนที่หก Words Classification : Scaling Hazardous Words เป็นส่วนของการแบ่งกลุ่มคำหรือกลุ่มประโยคที่ได้จากการวิเคราะห์คำในขั้นตอนที่ห้า ซึ่งอาจทำให้บทความเดียวกัน แต่มีการแบ่งหมวดหมู่ของกลุ่มคำ กลุ่มประโยคของความรู้สึกที่แตกต่างกัน โดยหลักของ Words Classification จะมองถึง บริษทโดยรวมของคำด้วย ซึ่งในการแบ่งหมวดหมู่คำจะมีการให้ Rating ของหมวดหมู่ถ้ากลุ่มคำหรือประโยคโดยส่วนใหญ่ตกที่หมวดหมู่ใดมาก ก็แสดงว่าหมวดหมู่นั้นน่าจะมีเปอร์เซ็นต์ของความรู้สึกของบทความนั้นมากเช่นกันมากเช่นกัน

ขั้นตอนที่เจ็ด Checking for relate groups เป็นการเช็คความสัมพันธ์ของแต่ละโพสต์ กับโพสต์ตัวอย่าง ต่อจากขั้นตอนที่ 4-6 ว่ามีความสัมพันธ์ของกลุ่มคำหรือรูปประโยคหรือไม่ ตัวอย่างเช่น โพสต์ที่เกี่ยวกับความรู้สึกเศร้า อารมณ์รุนแรง กับโพสต์ที่เกี่ยวกับอารมณ์ยินดี มีความสุข ประโยคบอกเล่า ซึ่งทั้งสองโพสต์อาจไม่มีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กัน เป็นต้น

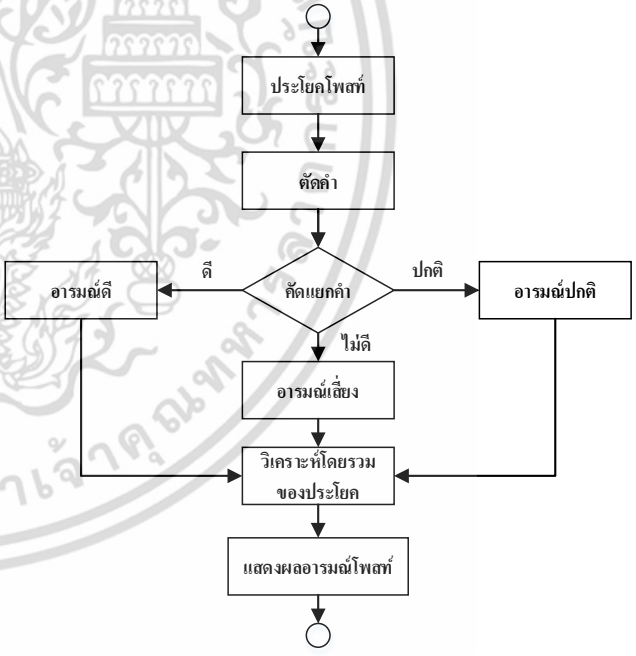
ขั้นตอนที่แปด Word Matching to Relative Post เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละโพสต์ ต่อจากขั้นตอนที่เจ็ด ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงความรู้สึกของแต่ละโพสต์กับโพสต์ตัวอย่างที่มีความสอดคล้องกัน รวมทั้งวิเคราะห์คำหรือประโยคที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนกันของกลุ่มคำหรือประโยคมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะทำให้รู้ว่าโพสต์ใดที่มีเปอร์เซ็นของความสัมพันธ์กับโพสต์ตัวอย่างมากที่สุดนั่นเอง

ขั้นตอนที่เก้า Present the Result เป็นส่วนของการแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์โพสต์ตัวอย่างกับโพสต์ที่เกี่ยวข้อง ว่ามีความเกี่ยวข้องสอดคล้องกัน และมีความสัมพันธ์กันในทิศทางใด เช่น ทางด้านความรุนแรง ความรู้สึกเศร้า 70% มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับแฟน จะแสดงให้เห็นว่าเจ้าของโพสต์นี้ กำลังมีปัญหากับแฟนนั่นเอง ซึ่งจะทำต่อจากกระบวนการของการวิเคราะห์ประโยค(3-5) เพื่อดูแนวโน้มของคำและบริบทโดยรวมว่าสามารถจัดความรู้สึกโดยรวมโอนเอียงไปทางด้านใดนั่นเอง

4.3 Flow charts

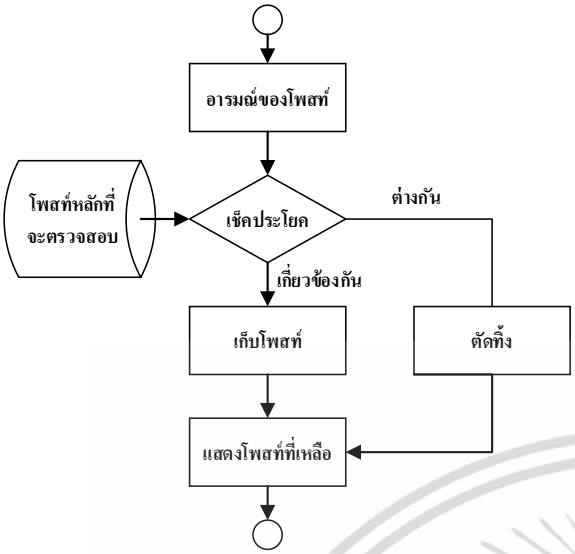


รูปที่ 3 กระบวนการเก็บโพสต์จากกลุ่มเพื่อน

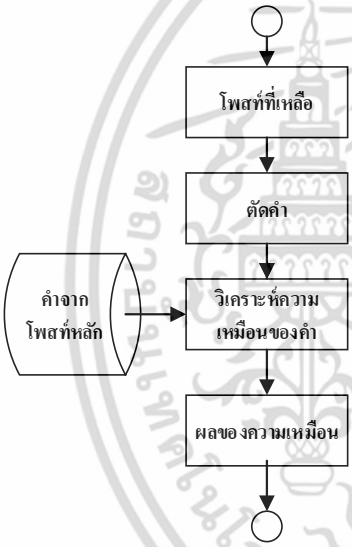


รูปที่ 4 กระบวนการตัดคำและแบ่งกลุ่มคำ

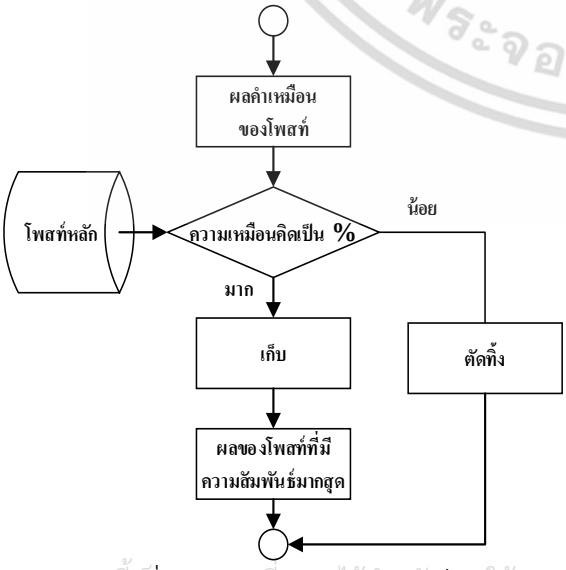
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 กระบวนการเช็คความสัมพันธ์ของประโยค



รูปที่ 6 กระบวนการวิเคราะห์คำเหมือนกับโพสต์หลัก



รูปที่ 7 กระบวนการเช็คความสัมพันธ์

4.4. โปรแกรมตัวอย่าง

ผลการตัดคำที่ 1
โพสต์ตัวอย่าง : เสียใจมากถ้าไม่รักก็บอกตรงๆเศร้าไม่อยากอยู่เบื่อ
ตัดคำ : เสียใจ | มาก | ถ้า | ไม่รัก | ก็ | บอก | ตรงๆ | เศร้า | ไม่อยากอยู่ | เบื่อ

ผลการตัดคำที่ 2
โพสต์เพื่อน 1 : ดีใจจังถูกหวยตรงๆรวยเละ555
ตัดคำ : ดีใจจัง | ถูกหวย | ตรงๆ | รวยเละ | 555

ผลการตัดคำที่ 3
โพสต์เพื่อน 2 : ถ้าจะเสียใจมากขนาดนั้นไม่อยากอยู่ก็ไปตายซะเบื่อ
ตัดคำ : ถ้าจะ | เสียใจ | มาก | ขนาดนั้น | ไม่อยากอยู่ | ก็ | ไปตายซะ | เบื่อ

ผลการตัดคำที่ 4
โพสต์เพื่อน 3 : จะเสียใจมั้ยถ้าเขาไม่รักถ้าบอกไปก็คงอกหัก
ตัดคำ : จะ | เสียใจ | มั้ย | ถ้า | เขา | ไม่รัก | ถ้า | บอกไป | ก็คง | อกหัก

รูปที่ 8 ตัวอย่างโพสต์และการตัดคำของแต่ละโพสต์

อารมณ์เสี่ยง	อารมณ์ปกติ (ทั่วไป)	อารมณ์ดี
- ไม่อยากอยู่แล้ว	- ขนาดนั้น	- ดีใจจัง
- เสียใจ	- ไม่รู้สินะ	- รวยเละ
- เศร้า	- ตรงๆ	- เชิญจ้ะ
- เบื่อ	- ว่างแล้ว	- ถูกหวย
- ไม่รัก	- ก็คง	- น่ารักอะ
- ไปตายซะ	- บอกไป	- มั๊วะ
- เบื่อ	- ไม่น่าเลย	- จุ๊ฟๆ
- อกหัก	- นี่แหละความรัก	- รักที่สุด
- ตาย	- ...	- 555
- ...		- ...

รูปที่ 9 ตัวอย่างฐานข้อมูลหมวดหมู่อารมณ์ของคำ

โพสต์หลัก : เสียใจ | มาก | ถ้า | ไม่รัก | ก็ | บอก | ตรงๆ | เศร้า | ไม่อยากอยู่ | เบื่อ
หมวดอารมณ์ดี มีจำนวน 0 คำ => 0.00 %
หมวดอารมณ์ปกติ | ตรงๆ มีจำนวน 1 คำ => 10.00 %
หมวดอารมณ์เสี่ยง | เสียใจ | ไม่รัก | เศร้า | ไม่อยากอยู่ | เบื่อ มีจำนวน 5 คำ => 50.00 %
สรุปหมวดของคำ: Not Good.

โพสต์เพื่อน 1 : ดีใจจัง | ถูกหวย | ตรงๆ | รวยเละ | 555
หมวดอารมณ์ดี | ถูกหวย | รวยเละ | 555 มีจำนวน 3 คำ => 60.00 %
หมวดอารมณ์ปกติ | ตรงๆ มีจำนวน 1 คำ => 20.00 %
หมวดอารมณ์เสี่ยง มีจำนวน 0 คำ => 0.00 %
สรุปหมวดของคำ: Good.

โพสต์เพื่อน 2 : ถ้าจะ | เสียใจ | มาก | ขนาดนั้น | ไม่อยากอยู่ | ก็ | ไปตายซะ | เบื่อ
หมวดอารมณ์ดี มีจำนวน 0 คำ => 0.00 %
หมวดอารมณ์ปกติ | ขนาดนั้น มีจำนวน 1 คำ => 12.50 %
หมวดอารมณ์เสี่ยง | เสียใจ | ไม่อยากอยู่ | ไปตายซะ | เบื่อ มีจำนวน 4 คำ => 50.00 %
สรุปหมวดของคำ: Not Good.

โพสต์เพื่อน 3 : จะ | เสียใจ | มั้ย | ถ้า | เขา | ไม่รัก | ถ้า | บอกไป | ก็คง | อกหัก
หมวดอารมณ์ดี มีจำนวน 0 คำ => 0.00 %
หมวดอารมณ์ปกติ | บอกไป | ก็คง มีจำนวน 2 คำ => 20.00 %
หมวดอารมณ์เสี่ยง | เสียใจ | ไม่รัก | อกหัก มีจำนวน 3 คำ => 30.00 %
สรุปหมวดของคำ: Not Good.

รูปที่ 10 ตัวอย่างการแบ่งประเภทคำตามหมวดหมู่อารมณ์

โพสต์หลัก : เสียใจ | มาก | ถ้า | ไม่รัก | ก็ | บอก | ตรงๆ | เศร้า | ไม่อยากอยู่ | เบื่อ
โพสต์เพื่อน 2 : ถ้าจะ | เสียใจ | มาก | ขนาดนั้น | ไม่อยากอยู่ | ก็ | ไปตายซะ | เบื่อ
คำเหมือน : เสียใจ | ไม่อยากอยู่ | เบื่อ | มีจำนวน 3 คำ

โพสต์หลัก : เสียใจ | มาก | ถ้า | ไม่รัก | ก็ | บอก | ตรงๆ | เศร้า | ไม่อยากอยู่ | เบื่อ
โพสต์เพื่อน 3 : จะ | เสียใจ | มั้ย | ถ้า | เขา | ไม่รัก | ถ้า | บอกไป | ก็คง | อกหัก
คำเหมือน : เสียใจ | ไม่รัก | มีจำนวน 2 คำ

รูปที่ 11 ตัวอย่างการวิเคราะห์คำเหมือน

โพสต์หลัก : เสียใจมากถ้าไม่รักก็บอกตรงๆเศร้าไม่อยากอยู่เบื่อ
โพสต์เพื่อน 2 : ถ้าจะเสียใจมากขนาดนั้นไม่อยากอยู่ก็ไปตายซะเบื่อ

สรุป

"*โพสต์หลัก มีความน่าจะเป็นที่จะมีความสัมพันธ์กับ โพสต์เพื่อนคนที่ 2 มากที่สุด*"

รูปที่ 12 ตัวอย่างการสรุปผลความสัมพันธ์

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การประเมินผล

ในการนำเสนอแนวคิดของงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาระบบจากแบบจำลองเพื่อใช้ทดสอบความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 ท่าน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยมีเกณฑ์วัดผล ดังนี้

4.01-5.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความพึงพอใจระดับสูงมาก

3.01-4.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความพึงพอใจระดับสูง

2.01-3.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

1.01-2.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความพึงพอใจน้อย

0.00-1.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลที่ได้ จากกลุ่มตัวอย่าง ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t-test) ดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบ

รายละเอียดการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ระบบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.11	0.78	สูงมาก
2. การแสดงผลและเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ	3.44	0.52	สูง
3. ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	3.77	0.67	สูง
4. ความถูกต้อง สมบูรณ์ ของข้อมูล	3.00	0.71	ปานกลาง
5. ข้อมูลมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	3.44	0.88	สูง
6. ความพึงพอใจโดยรวม	3.56	0.53	สูง

จากตารางที่หนึ่ง แสดงให้เห็นว่า ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการใช้งานระบบการวิเคราะห์ความเสี่ยงทางอารมณ์ของผู้โพสต์ข้อความบน Facebook โดยรวมอยู่ในระดับสูง เฉลี่ยที่ 3.56 ซึ่งส่วนที่มีความพึงพอใจมากที่สุดอยู่ในระดับสูงมาก คือส่วนของ ระบบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน เฉลี่ยที่ 4.20 และส่วนที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุดอยู่ในระดับปานกลาง คือ ความถูกต้อง สมบูรณ์ของข้อมูล เฉลี่ยที่ 3.00

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิด การวิเคราะห์ความเสี่ยงทางอารมณ์ของผู้โพสต์ข้อความบน Facebook โดยใช้หลักการ การจัดประเภทกลุ่มคำจากการตัดคำและการวิเคราะห์คำเหมือนของประโยค เพื่อให้คำแนะนำและเฝ้าระวังพฤติกรรมที่มีความสุ่มเสี่ยง ในการเข้าช่วยเหลือได้ทันท่วงที รวมทั้งการสนทนา คุยตอบโต้ แสดงความคิดเห็นผ่าน Social Network ที่มีความระมัดระวังและมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแบบจากแนวคิดดังกล่าว เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานระบบจากผู้ใช้งานทั้งหมด 9 ท่าน พบว่า มีความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับสูง เฉลี่ยที่ 3.56/5 (S.D.=0.53)

การพัฒนาตัวแบบที่ได้จากแนวคิด ให้ประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ในระดับสูง สามารถนำไปปรับใช้หรือเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประโยค บทความการโพสต์ต่างๆ ในรูปแบบอื่นได้ แต่ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของ ศัพท์แสลง หรือคำศัพท์บางคำที่ไม่มีในฐานข้อมูล ทำให้การจัดหมวดหมู่ประเภทของคำอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องได้ ซึ่งจะเป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาและพัฒนาของงานวิจัยในครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] สถิติการเติบโตของผู้ใช้ Facebook ในไทย และช่วงเวลาไหนคนใช้ facebook มากสุด? [Online]. Available: <http://www.it24hrs.com/2014/infographic-thai-facebook-user-2014/> (เข้าถึงเมื่อ 09 ต.ค. 57).

[2] พฤติกรรมการใช้เฟสบุ๊ค (Facebook) ของนักศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร, ผศ.ดร.บุญอยู่ ขอพรประเสริฐ, [Online]. Available:<http://oknation.net/blog/boonyou/2014/08/21/entry-1>, (เข้าถึงเมื่อ 09 ต.ค. 57).

[3] อนุพงศ์ คำมา, "ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าตัวตายสำเร็จ :กรณีศึกษาจังหวัดสุโขทัย" วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย 2556; 58(2): 3-16.

[4] Adam .d, "รายงานวิจัยเผยผลการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายทอดอารมณ์ผ่านการโพสต์ข้อความบน Facebook", [Online]. Available: <http://thumbsup.in.th/2014/06facebook-manipulated-6690000-users-news-feeds-to-run-a-psychology-experiment/>, (เข้าถึงเมื่อ 09 ต.ค. 57).

[5] แอพพลิเคชั่นต้านฆ่าตัวตาย [Online]. Available: <http://www.manager.co.th/Qol/viewNews.aspx?NewsID=9570000107064>, (เข้าถึงเมื่อ 09 ต.ค. 57).

[6] W. Hsin-Ying, L. Kuan-Liang, M. Chandan, T. Charles "Understanding Customers Using Facebook Pages: Data Mining Users Feedback Using Text Analysis" in International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design., 2014.

[7] S. Shankar, J. Rajendra, S. Sabya, M. Uma, "Classification of Facebook News Feeds and Sentiment Analysis", International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)., 2014

[8] A. Jalel, D. Zeineb, J. Maria, "Text Mining Facebook Status Updates for Sentiment Classification", in System Theory, Control and Computing (ICSTCC)., 2013 17th International Conference

[9] Y. Mohamed, H. Hazem, "A Framework for Emotion Mining from Text in Online Social Networks", in IEEE International Conference on Data Mining Workshops., 2010

[10] H. Mary "Emotional Reflexivity in Contemporary Friendships: Understanding It Using Elias and Facebook Etiquette", in Sociological Research Online, 16 (1) 11, [Online]. Available: <https://www.socresonline.org.uk/16/1/11.html/10.5153/sro.2292>

[11] Text mining, [Online]. Available: <http://text2mining.blogspot.com/2010/10/text-mining.html> (เข้าถึงเมื่อ 09 ต.ค. 57).

[12] Text Mining : การทำเหมืองแร่ข้อความ, [Online]. Available: <http://www.datamininginnovation.com/text-mining/> (เข้าถึงเมื่อ 09 ต.ค. 57).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Perceived Values and Their Effects on Intention to Adopt Online Learning

Boonlert Watjatrakul

Department of Information Technology, Assumption University
Bangkok, Thailand
boonlert@scitech.au.edu

Abstract— **The concept of perceived value and its effect on technology adoption has received much attention in information systems literature. The value dimensions of theory of consumption value, however, has less focus among IS researchers. The study applies the theory's value dimensions –functional (quality and monetary values), emotional, social, epistemic, and conditional values– to understand their interrelationships and effects on students' intentions to adopt online learning. The structural equation modelling analysis technique is used to investigate the research model. The results show that conditional value plays an important role to influence students' intentions to adopt online learning through other values. Emotional and social values have direct effects on intention to adopt online learning. The study extends the knowledge on technology adoption and provides guidance for universities to improve their online learning services to be more valuable perceived by students. The paper discusses the study results, implications for theory and practice, limitations of the study, and direction for future studies.**

Keywords— **Perceived value; Online learning; Functional value; Emotional value; Social value; Epistemic value; Conditional value; Intention; Adoption decision.**

I. INTRODUCTION

The concept of perceived value receives much attention in marketing literature as it effectively contributes to explain consumers' choice behavior including to buy or not to buy or to select one brand over another. Perceived value has been used in information systems (IS) literature in the last two decades to explain the usage intention and adoption decision of technology applications and information systems (e.g., [5][18][23][25]). There are several research streams to explain the concept of perceived value such as utilitarian versus hedonic value, extrinsic versus intrinsic value, self-oriented versus other-oriented value, active versus reactive value, and theory of consumption value [2][12][19][20]. Theory of consumption value (TCV) provides multi-dimensional forms of values that effectively contribute to understand actual consumer's choice situation and in various types of consumers' choice decisions [20]. TCV is, therefore, applicable to explain individual's decision on technology adoption. However, five value dimensions of TCV has limited appearance in IS literature and less focus among IS researchers.

TCV has five dimensions of value–functional value, emotional value, social value, epistemic value, and conditional value. Most of subsequent studies of the theory have focus mainly on functional, emotional, and social values and omit epistemic and conditional values (e.g., [7][21]). However, epistemic and conditional values are crucial attributes to understand individual's use of a new online service and use in a specific situation, the main feature of online services where users can use the services in a particular location when needed [23][25]. In addition, subsequent studies further explain functional value of TCV and categorize the value into quality/performance and price/value for money and contend that five values of TCV might not be absolutely independent [21]. However, the interrelationships among value dimensions are questionable and their effects on technology adoption might be different based on a particular study context.

This study aims to understand the relationships among the value dimensions of TCV –functional (quality and monetary values), emotional, social, epistemic, and conditional values– and their effects on individual intention to adopt technology. Online learning is used as the domain of study as it is the contemporary technology trend in education that possesses all values of investigation. This study focuses on measuring perceived values of online learning prior to and shortly after adoption to understand students' choice of online learning.

The paper is organized as follows. The following section theoretical background of the study including the concept of perceived value associated with theory of consumption value and the background of online learning. The study's hypotheses and research methodology are then presented respectively. The paper continues with a discussion of the results and implications divided into theoretical and managerial implications. Finally, the limitations and directions for future study, and conclusions of the study are presented.

II. THEORETICAL BACKGROUND

Prior to the hypotheses development, a review of literature in relation to perceived value associated with theory of consumption value and the concept of online learning are presented.

A. Perceived Value and Theory of Consumption Value

Consumer choice of technology including technology devices, applications, and services has gained much attention among information systems (IS) researchers and service providers for many years. One of the most use factors to understand a consumer choice of a product in marketing literature is consumers' perceived value [18][19][21]. It has been acquired to explain user perception of the technology values and adoption of the technology in IS literature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

One of the various concepts of perceived value that has been widely used and further developed in marketing literature is the theory of consumption value (TCV). TCV provides multi-dimensional values that effectively contribute toward understanding of the actual consumer's choice situation [20]. It has been applied to many types of consumers' choice decisions such as a decision to buy or not to buy or to choose one brand over another and practitioners can develop actionable strategies to support the consumers' choice decisions. With its effective contribution and capability to explain the consumers' choice decisions, TCV has been borrowed to explain users' decisions of technology adoption. TCV's appearance within IS literature, however, is limited and non-focal. TCV has five dimensional forms of value: functional value (FV), emotional value (EV), social value (SV), epistemic value (EPV), and conditional value (CV) [20].

Functional value pertains to the product's ability to perform its functional, utilitarian, or physical purposes [20]. It may be based on any salient physical attribute such as price. Sweeney and Soutar [21] categorized functional value into two value attributes, quality/performance and price/value for money. Consumers will buy a product based on attributes of the consumable product and how well they fulfil their utilitarian needs. Emotional value pertains to the product's ability to arouse feelings or affective states [20]. The potential of a product to arouse emotions is believed to go with the use of the product. Emotional components, such as enjoyment playfulness, fun, and pleasure, could promote technology usage (e.g., [23][24]). Social value pertains to the perceived utility of a product acquired from one or more specific social communities [20]. This value enhances a consumer's self-image among other individuals and is subjected to social approval [21]. The motive of buying products depends on how consumers want to be seen by others [20][21]. Epistemic value pertains to the product's ability to arouse curiosity of a consumer, provides novelty and/or satisfies a desire for knowledge [20]. It could refer to novelty value and the value from learning new ways of doing things. Conditional value pertains to perceived utility acquired by an alternative occurred at the specific situation or circumstance [20]. It depends on the context in which the value judgment occurs and exits only within a specific context [12].

The theory posits that the five values make different contributions in any choice situation and are independent [20]. However, other studies contend that these five values are not absolutely independent [21]. The interrelationships among the values affecting a consumer's choice decision are inconclusive and different across the study context. This study proposes a new model of causal relationships among the values to predict online learning adoption.

B. Online Learning

Online learning has been widely adopted by higher education institutions. The term of online learning is ill-defined and associated with e-learning and distance learning [17]. Some academics broadly describe online learning as an approach to access learning experience using technology media [3][5]. The report by Docebo explains e-learning as self-paced learning in education where learners study at their own pace within a fixed overall completion timeframe, similar to other students enrolled in the same program [8]. Online learning can be used as a complete learning method for facilitating independent learning or as a supplementary learning method for supporting classroom teaching [11]. It can also be used with different learning systems such as a learning management system (LMS) and a course management system (CMS). In addition, many upper-class universities such as Yale, MIT, and UCLA make use of massive open online course (MOOC) to offer worldwide learners to study online for their credits, non-credits, certificates or online degrees.

III. HYPOTHESES DEVELOPMENT

Conditional value applies to products whose value is strongly tied to the usage of products in a specific situation. Online learning possesses ubiquitous ability especially useful in situations where time and space are critical. Accordingly, students perceived conditional value of online learning when they are able to study in specific environment (location and time). With the ubiquitous ability of online learning, students might consider online learning as the quality improvement of their learning, the new way of learning experience, and the interesting and exciting method of learning. The study therefore is expected to positively affect quality value epistemic value, and emotional value. Even though the ubiquitous ability of online learning enables convenient time and space for students to study, students would study in their private setting and escape from social interaction. Conditional value therefore retreat social value of online learning.

H1a-d: Conditional value positively affects quality value, epistemic value, and emotional value, and negatively affects social value

Epistemic value can be perceived when people curious to try something new or learn a new way of doing thing. Students therefore perceive epistemic value of online learning when they perceive new experience of using this new learning method. As a new learning method, online learning is expected to have higher quality of learning and evoke students' curiosity to try this new method. In addition, online learning is new to many students. Students who study online courses/program would enhance their images among their friends. Accordingly, it is expected that epistemic value will have positive effects on quality value, social value, and emotional value.

H2a-c: Epistemic value positively affects quality value, social value, and emotional value

The quality and price relationship are the important factors for a marketing strategy. Most consumers perceive the quality of product in relation to its price. When students perceive online learning offers higher quality of learning than that of classroom learning, they will estimate a higher price of online learning. In addition, consumers' appraisal of product quality will lead to an emotional reaction [6]. The quality of online learning involving various activities (e.g., collaboration, interactivity and information sharing) provides students' enjoyment and satisfaction when studying online courses. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

higher the quality of online learning has, the better the students' favourable feeling toward online learning is. It is therefore expected that the quality of online learning associated with its price and students' emotional value.

H3a-b: Quality value positively affects monetary value and emotional value

Consumers may buy a product to support their social status. The price of a product provides value to buyers of the product in the society. People who can afford to buy an expensive product will have more respect from others in a society. Furthermore, the price of a product will affect consumers' intentions to buy the product. The higher the price of product is, the lower the consumer's intention to buy is. Students will have less intention to study online courses if they perceive the price of online learning is higher than the price of conventional learning.

H4a-b: Monetary value positively affects social value and negatively affects intention to adopt online learning

Social value enables an individual to express his or her self-image socially to others. As online learning is a contemporary trend of future learning, students studying online programs therefore can promote their self-images in a society. Products that create individuals' social self-images among others will arouse feelings and affective motives of individuals to buy or use the products. Similarly, students will enjoy and have positive feelings to study online courses or programs that can project their positive images among their friends or provide social value. In addition, social value has been proven its impact on usage and purchase intentions for mobile service and information systems (e.g. [14][26]). The study, therefore, expects that social value influences emotional value and students' intentions to study online courses.

H5a-b: Social value positively affects emotional value and intention to adopt online learning

Emotional value reflects users' enjoyment, interest, and satisfaction with the service. Previous studies have confirmed the effect of emotional value on the usage intention for mobile services (e.g. [15][16][22]). In this study, it is expected that students who find the online learning enjoyable and emotionally fulfillable are more likely to adopt online learning.

H6: Emotional value positively affects intention to adopt online learning

In summary, the hypothetical relationships between the constructs can be depicted in Fig. 1.

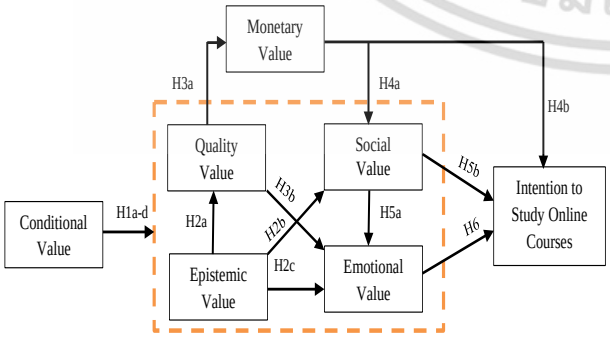


Fig. 1 Hypothesized model

IV. Methodology

The study employs a survey method to collect data from university students studying at a university offering online learning programs. A questionnaire as a research instrument was developed. The question statements addressing the study constructs were adapted from previous study. 335 students from several classes with the assistance of the class lecturers were participated in this study. They were asked to rank their opinions against each question statement using a five-point Likert scale (1= strongly disagree, 5= strongly agree) in the first part of questionnaire. After completing the first part, they were asked to provide some demographic data in the second part of questionnaire. After eliminating incomplete questionnaires, 285 questionnaires accounted for 85% of returned questionnaires were used for further analysis. The usable data, greater than the threshold of 200 for data analysis using the structure equation modelling technique [1], were analyzed by the structural equation modelling (SEM) technique using AMOS software. The sample shown in Table 1 consists of 57.2 % of male and 42.8 % of female. Majority of participants, 74.7 %, ages between 20 and 25 years old. 88.8 % of respondents study at the undergraduate level and about half of respondents (57.2 %) never study any online courses.

TABLE I
Sample Demographic

Demographic	Count	%
Gender		
Male	163	57.2
Female	122	42.8
Age (years)		
< 20	38	13.3
20-25	213	74.7
> 25	34	12.0
Education		
Undergrad	253	88.8
Postgrad	32	11.2
Experience		
No	163	57.2
Yes	122	42.8

A. Analysis Result of the Measurement Model

Prior to the analysis of research model, the confirmatory analysis was used to examine goodness-of-fit, construct reliability, and construct validity in the measurement model. The overall fit indices in Fig. 1 including the ratio of chi-square (χ^2) to degree-of-freedom (df), goodness of fit index (GFI), adjusted goodness of fit index (AGFI), normed fit index (NFI), incremental fit index (IFI), comparative fit index (CFI) and root mean square error of approximation (RMSEA) were greater than the recommended values [10]. This indicates a good fit of the measurement model.

Fit indices	χ^2/df	GFI	AGFI	NFI	IFI	CFI	RMSEA
Recommended value	≤ 3.0	≥ 0.9	≥ 0.8	≥ 0.9	≥ 0.9	≥ 0.9	≤ 0.8
Result value	1.991	0.908	0.871	0.911	0.954	0.953	0.059

Fig. 1 Goodness-of-fit indices of the measurement model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The composite reliability was analyzed to indicate the study's construct reliability. Fig. 2 indicates all composite reliabilities are greater than the threshold of 0.7 confirming the acceptable reliability of all constructs [10]. The validity of constructs was indicated by convergent validity and discriminant validity. The convergent validity was indicated by the average variance exacted (AVE). The AVE greater than 0.5 provides the acceptable convergent validity [9]. All AVEs in Fig.2 are between 0.55 and 0.71 confirming the convergent validity of all constructs. The discriminant validity was indicated by comparing the square root of AVEs to the correlations between the construct and all other constructs. The correlation values should be less than the square root of AVE to fulfill the discriminant validity [9]. All square roots of AVEs shown in Fig. 2 are greater than the correlations between the construct and other constructs indicating the acceptable discriminant validity of all constructs.

	CR	AVE	CV	QV	MV	EV	EPV	SV	INT
CV	0.84	0.63	**0.79**						
QV	0.71	0.55	0.46	**0.74**					
MV	0.82	0.60	0.36	0.73	**0.78**				
EV	0.88	0.71	0.51	0.70	0.56	**0.84**			
EPV	0.77	0.53	0.57	0.55	0.46	0.70	**0.73**		
SV	0.89	0.67	0.14	0.54	0.38	0.50	0.44	**0.82**	
INT	0.82	0.70	0.45	0.63	0.50	0.78	0.64	0.67	**0.83**

CR=composite reliability; AVE=Average variance exacted;
Square roots of AVEs are the diagonal elements;
Correlations are off-diagonal elements

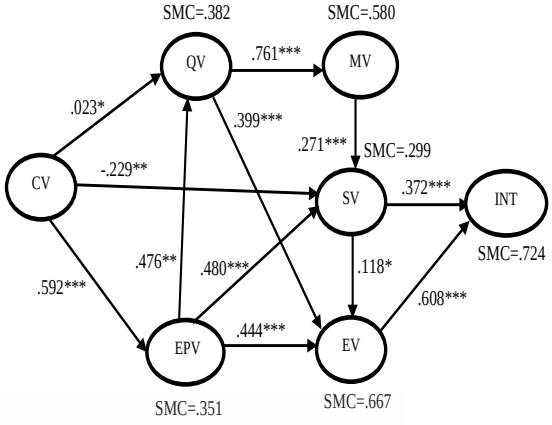
Fig. 2 Composite reliability, Average variance exacted, and Correlations

B. Analysis Result of the Structural Model

The research model was analyzed by the structural equation modelling technique using AMOS software. The overall goodness-of-fit indices shown in Fig. 3 are greater than the recommended values indicating the good model fit ((χ^2/df=2.023, GFI =.900, AGFI=.867, NFI=.904, IFI = .949, CFI=.949, RMSEA=.060). The path analysis model in Fig. 4 shows the parameter estimates derived from the structural equation modeling analysis. It provides the significant coefficients of the relationships and the square multiple correlations of the endogenous constructs.

Fit indices	χ^2/df	GFI	AGFI	NFI	IFI	CFI	RMSEA
Recommended value	≤3.0	≥0.9	≥0.8	≥0.9	≥0.9	≥0.9	≤0.8
Result value	2.023	.900	.867	.904	.949	.949	.060

Fig. 3 Goodness-of-fit-indices of the structural model



*p<.05; **p<.01; ***p<.001; SMC=Square Multiple Correlation

Fig. 4 Path analysis model

V. Discussion and Implications

The analysis results mostly confirm the relationships in the research model which support most hypotheses excepting H1c and H4b as shown in the Table 2. Conditional value of online learning refers to the ubiquity of online learning to provide students with the ability to study at anywhere and in convenient time. Students who perceive the conditional value think that online learning is a new method of learning and provide the improvement of learning quality (H1a,b). The ubiquitous ability, however, may disjoin students from others if they do not participate in the real-time classes (H1d). Students who curious to learn a new method of learning (i.e., online learning) tend to accept that online learning offers a good quality of learning, is an interesting method of learning, and promotes their images socially (H2a-c). Generally, the quality of learning comes with its cost (H3a). Students who perceive quality of online learning have positive feelings toward online learning and perceive that online learning can satisfy their needs (H3b). In addition, the cost of online learning has a positive effect on students' perceptions of social value. The higher the cost of online learning is, the higher the students can promote their statuses among other students (H4a). Students who believe online learning can enhance their social images will have positive feelings toward online learning and tend to study online courses (H5a,b). Finally, students who perceive online learning can respond to their needs tend to study online courses (H6).

TABLE II
Analysis Results of Hypotheses

Hypo.	Relationship	Result
H1a	Conditional value positively affects quality value	Support
H1b	Conditional value positively affects epistemic value	Support
H1c	Conditional value positively affects emotional value	Not support

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H1d	Conditional value negatively affects social value	Support
H2a	Epistemic value is positively affects quality value	Support
H2b	Epistemic value is positively affects social value	Support
H2c	Epistemic value is positively affects emotional value	Support
H3a	Quality value positively affects monetary value	Support
H3b	Quality value positively affects emotional value	Support
H4a	Monetary value positively affects social value	Support
H4b	Monetary value positively affects intention to adopt online learning	Not support
H5a	Social value positively affects emotional value	Support
H5b	Social value positively affects intention to adopt online learning	Support
H6	Emotional value positively affects intention to adopt online learning	Support

A. Theoretical Implications

This study provides three important theoretical implications. First, the study extends the knowledge of technology adoption and the predictions of consumption values in the context of online learning which is the contemporary and future trends of higher education. The value dimensions of theory of consumption values can be applied to understand online learning adoption; however, the effects of some value dimensions on online learning adoption are different from other technologies. It asserts that the perception of technology values varies across the study context. Second, the study argues theory of consumption values in that the five value dimensions are independent [20]. The results successfully test the interrelation effects among values. Third, previous studies argued that monetary value was an important factor for a consumer's purchase decision. Interestingly, the study does not support this argument. The result shows that the cost of online learning affects social value resulting in individual intention to study online courses. In other words, individuals use a high price product to enhance their social images and statuses leading to a purchase decision. It implies that some persons will buy products/services for social enhancement rather than low price consideration.

B. Managerial Implications

This study provides important guidance for universities offering online learning courses and programs. Firstly, conditional value plays an important role to influence other value dimensions leading to online learning adoption. The ubiquity of online learning is the central ability of online learning perceived by students. Universities should therefore ensure that their online learning systems are available and accessible by the students at anywhere and in any time when needed. For instance, universities might improve the system server's capacity and security, and train their staff skills to develop and maintain the system more efficiently. Secondly, emotional value and social value have direct effects on students' intentions to adopt online learning and social value has a direct effect on emotional value. Universities should pay more attention to these two values, particularly social value, when developing their online learning systems. For instance, universities should provide virtual places (e.g., forum, blogs) and use social network services (e.g., Facebook, Line) where students can present their statuses and promote their ideas among others. Thirdly, epistemic value has a significant impact on emotional and social values (Table 2). Universities might enhance epistemic value to generate students' perceived emotional and social values. For instance, they might regularly update content of online courses and add new online courses/programs to encourage students' curiosity to try new things. Finally, the study found that the cost of online learning affects social value of online learning, but insignificantly affect intention to study online courses. In this light, universities should consider the cost of online learning study carefully as students, who afford to pay for online learning program, may use this cost to promote their monetary status among their friends. These students do not have significantly concern on cost of online learning, but rather concern on social value, to make their adoption decisions.

VI. Limitations and Future Studies

The study has some limitations. The study collects data from students in one university providing online learning programs. To enhance generalizability of the result, future studies might examine the study model across universities offering online learning programs. In addition, this study measures the perceived value prior to adoption of online learning to understand students' intentions to study online courses. After studying online learning courses, students' perceived values of online learning might be varied. To extend the study model and broaden the knowledge in technology adoption, it is worth to conduct a longitudinal study to track changes of the students' perceived values and investigate the values' effects on the usage of online learning.

VII. Conclusion

The study investigates the values of online learning perceived by students and proposes a new model to understand how the perceived values affect students' intentions to adopt online learning. The results derived from the structure equation modelling (SEM) analysis technique indicate that emotional value and epistemic value have direct effects on intention to adopt online learning. Emotional value is directly influenced by social value, quality value, and epistemic value and it's indirectly influenced by conditional value and monetary value. Epistemic value, on the other hand, is only influenced by conditional value. Conditional value with its ubiquitous ability plays an important role in students' decision on online learning adoption. The study extends the knowledge on technology adoption decision and provides guidance for universities to improve their online learning to be more valuable for their students and eventually increase a number of students of their online learning courses and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

programs. To enhance validity and generalizability of the results, future studies are recommended to track changes of the students' perceived values of online learning and examine the study model across universities offering online learning programs.

REFERENCES

[1] P. Barrett. "Structural equation modeling: adjudging model fit," *Personal Individual Differences*, Vol. 42, pp. 815–824, 2007.
[2] B.J. Babin W.R. Darden and M. Griffin. "Work and/or fun: measuring hedonic and utilitarian shopping value." *Journal of Consumer Research*. Vol. 20, pp. 644-56, 1994.
[3] S. Carliner. *An Overview of Online Learning*, Armherst, MA: Human Resource Development Press, 2004.
[4] Y.C. Chen R.A. Shang and A.K. Lin. "The intention to download music files in a P2P environment: Consumption value, fashion, and ethical decision perspectives," *Electronic Commerce Research and Applications*, Vol. 7, pp. 411-422, 2009.
[5] Y.M. Cheng, "Effects of quality antecedents on e-learning acceptance." *Internet Research*, Vol. 22, pp. 361-390, 2012.
[6] J.J. Cronin M.K. Brady G.T.M. Hult "Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioral intentions in service environments," *Journal of Retailing*, Vol. 76, pp. 193–218, 2000.
[7] Z. Deng Y. Lu K.K. Wei and J. Zhang, "Understanding customer satisfaction and loyalty: An empirical study of mobile instant messages in China," *International Journal of Information Management*, Vol. 30, pp. 289-300, 2010.
[8] Docebo Report E-Learning Market Trends & Forecast 2014 -2016, Athens, GA: Decebo, 2014
[9] C. Fornell and D.F. Larcker "Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error", Journal of Marketing Research, Vol. 18, pp. 39-50, 1981.
[10] J.F. Hair R.E. Anderson R.L. Tatham and W.C. Black. Multivariate Data Analysis. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
[11] L-A. Ho, T-H. Kuo and B. Lin. "Influence of online learning skills in cyberspace", *Internet Research*, Vol. 20, pp. 55-71, 2010.
[12] M.B. Holbrook. "The nature of customer value: an axiology of services in the consumption experience," in *Service Quality: New Directions in Theory and Practice*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1994, pp. 21–71.
[13] M.B. Holbrook and E.C. Hirschman. "The experiential aspects of consumption: consumer fantasies, feelings and fun", *Journal of Consumer Research*, Vol. 9, pp. 132-140, 1982.
[14] C-L. Hsu and H-P. Lu. "Consumer Behavior in Online Game Communities: a Motivational Factor Perspective", *Computers in Human Behavior*, Vol. 23, pp. 1642-1659, 2007.
[15] H.W. Kim H.C., Chan and S. Gupta. "Value-based adoption of mobile internet: an empirical investigation," *Decision Support Systems*, Vol. 43, pp. 111-126, 2007.
[16] N. Mallat M. Rossi V.K. Tuunainen and A. Oorni. "The impact of use context on mobile services acceptance: The case of mobile ticketing", *Information & Management*, Vol. 46, pp. 190-195, 2009.
[17] J.L. Moore C. Dickson-Deane and K. Galyen. "e-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?", *Internet and Higher Education*, Vol. 14, pp.129-135, 2011.
[18] M. Pura, "Linking perceived value and loyalty in location-based mobile services," *Managing Service Quality*, Vol. 15, pp. 509-538, 2005.
[19] R. Sánchez-Fernández and M. Iniesta-Bonillo "The concept of perceived value: a systematic review of the research", *Marketing Theory*, Vol. 7, pp. 427-451, 2007.
[20] J.N. Sheth B.I. Newman and B.L. Gross. *Consumption Values and Market Choices: Theory and Applications*, Cincinnati, OH: South-Western Publishing, 1991.
[21] J.C. Sweeney and G.N. Soutar "Consumer perceived value: The development of a multiple item scale," *Journal of retailing*, Vol. 77, pp. 203-220, 2001.
[22] O. Turel A. Serenko and N. Bontis. "User acceptance of hedonic digital artifacts: A theory of consumption values perspective", *Information & Management*, Vol. 47, pp. 53-59, 2010.
[23] J.Y. Tzeng. "Perceived values and prospective users' acceptance of prospective technology: The case of a career portfolio system", *Computers & Education*, Vol. 56, pp. 157-165, 2011.
[24] H. Verkasalo C. López-Nicolás F.J. Molina-Castillo and H. Bouwman. "Analysis of users and non-users of smartphone applications", *Telematics and Informatics*, Vol. 27, pp. 242-255, 2010.
[25] H-Y. Wang C. Liao and L-H. Yang. "What Affects Mobile Application Use? The Roles of Consumption Values", *International Journal of Marketing Studies*, Vol. 5, pp. 11-22, 2013.
[26] K. Yang and L.D. Jolly. "The effects of consumer perceived value and subjective norm on mobile data service adoption between American and Korean consumers", *Journal of Retailing and Consumer Service*, Vol. 16, pp. 502-508, 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT ที่วิเคราะห์ด้วยเหมืองข้อมูล

สาเรศ วันโสภา[1], ธงชัย แก้วกิริยา[2]

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250

[1] sared@tni.ac.th
[2] thongchai@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวคิดการออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แบ่งแนวคิดออกเป็น 8 ส่วน คือ 1) Gathering data เป็นขั้นตอนการเก็บรวบข้อมูลนักศึกษา โดยการทำแบบสอบถาม, 2) Cleaning data เป็นขั้นตอนของการเช็คความสมบูรณ์ของข้อมูลและความเหมาะสม ถูกต้องของข้อมูล ก่อนนำไปทำเหมืองข้อมูล, 3) Learning Theory เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้ของ VARK Model และ 4MAT Model, 4) Classification เป็นขั้นตอนในการแบ่งหมวดหมู่ข้อมูล ตามลักษณะและรูปแบบของตัวแปร, 5) Analysis the algorithm เป็นขั้นตอนของกระบวนการทำเหมืองข้อมูล โดยใช้โปรแกรม WEKA, 6) Analysis of rule base เป็นส่วนของการวิเคราะห์ Rule Base ที่ได้ว่ามีความเหมาะสม และมีความถูกต้องหรือไม่ และจัดเก็บลงฐานข้อมูล, 7) Recommendation เป็นส่วนของการประมวลผลและให้คำแนะนำในการเลือกศึกษาต่อตามความถนัดแก่ผู้ใช้งานระบบ, 8) Web page เป็นส่วนของการแสดงผลและการติดต่อใช้งานระบบ ซึ่งเป็นช่องทางในการรับข้อมูลเข้า เพื่อประมวลผล และแนะนำสาขาวิชาที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานระบบในการตัดสินใจเรียนต่อไป นอกจากนี้มีการประเมินความเหมาะสมของแนวคิดที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับสูง เฉลี่ยที่ 3.80/5 (S.D.=0.45)

คำสำคัญ: Data mining, 4MAT, VARK, Recommendation

1. คำนำ

การศึกษาในปัจจุบัน เป็นยุคแห่งการเรียนรู้ที่เปิดกว้างให้มนุษย์ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง โดยการเรียนรู้เป็นพัฒนาการรอบด้านของชีวิตทั้งในด้านการรับรู้ (Reception) ด้านความเข้าใจ (Comprehension) และด้านการปรับเปลี่ยน (Transformation) ซึ่งการเรียนรู้ของคนเราส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากการศึกษา การเรียน หรือการฝึกฝน จะสามารถเรียนรู้ได้จากสัมผัสทั้งห้า คือ หู (ฟัง) ตา (ดู) จมูก (ดม) ปาก (รสชาติหรือพูด) และสัมผัส (เคลื่อนไหว หรือลงมือทำ) แต่ทักษะการเรียนรู้เหล่านี้ ก็มีความแตกต่างกันออกไป ตามประสบการณ์ ความสนใจ และความพึงพอใจของแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับความถนัดในการเรียนรู้ และการรับรู้ของแต่ละคน เช่น บางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากการฟัง, บางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากการอ่าน, บางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากการปฏิบัติ หรือ บางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากประสบการณ์ที่พบเจอ เป็นต้น

ความถนัดหรือทักษะการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการรับรู้ การคิดวิเคราะห์ที่ต่างกันด้วย เช่น บางคนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากรูปภาพ กราฟ แผนภูมิ หรือ ไดอาแกรม, บางคนเรียนรู้ได้ดีจากการฟังบรรยาย หรือการพูดคุยอภิปรายประเด็นสนทนาต่างๆ หรือ บางคนเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น ในส่วนนี้เองจึงมีหลากหลายแนวคิดที่ได้แยกประเภทและอธิบายถึงรูปแบบของการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่ง VARK Model [1] และ 4MAT Model [2] ก็เช่นกัน VARK Model แบ่งสไตล์การเรียนรู้ตามความความชอบหรือความถนัดในการรับข้อมูลไว้ 4 กลุ่ม คือ การเรียนรู้ที่สื่อด้วยภาพและสัญลักษณ์ (Visual), การเรียนรู้ที่สื่อด้วยเสียง(Aural / Auditory), การเรียนรู้ที่สื่อด้วยอักษร (Read / write) และการเรียนรู้ที่สื่อด้วยสัมผัสและการกระทำ (Kinesthetic) ส่วน 4MAT Model แบ่งสไตล์การเรียนรู้ตามความถนัดของผู้เรียน 4 แบบ คือ ความถนัดการใช้จินตนาการ (Imaginative Learners), ความถนัดการวิเคราะห์ (Analytic Learners), ความถนัดการใช้สามัญสำนึก (Commonsense Learners) และความถนัดในการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง (Dynamic Learners)

จะเห็นได้ว่าทั้งสองแนวคิดมีมุมมองที่แตกต่างกัน แนวคิดของ VARK Model จะแบ่งสไตล์ความถนัดตามรูปแบบการรับสาร และแนวคิดของ 4MAT Model จะแบ่งสไตล์ความถนัดตามกระบวนการคิด ซึ่งก็มีข้อดีที่แตกต่างกันไป แต่ข้อจำกัดที่เห็นชัดเจน คือ เป็นการมองมุมมองเพียงด้านเดียว ทำให้ไม่ครอบคลุมถึงความถนัดโดยรวมของผู้เรียนหรือนักศึกษาที่แท้จริง เช่น ในการแสวงหาความรู้ หากมีทักษะเฉพาะด้านการรับสาร แต่ขาดทักษะทางกระบวนการคิด การที่จะได้มาซึ่งความรู้ที่รวดเร็วก็คงเป็นไปได้ยาก ในทางกลับกัน หากมีทักษะทางกระบวนการคิดที่ดี แต่ขาดทักษะที่ดีของการรับสาร องค์ความรู้ที่ควรได้ก็อาจใช้เวลานานกว่าปกติเช่นกัน ซึ่งแต่ละบุคคลสามารถมีทักษะได้หลากหลายแบบ แต่สิ่งสำคัญคือ บุคคลนั้นควรเข้าใจถึงความถนัดหรือทักษะที่ตนเองมี เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ในกการเรียนรู้ที่ดีและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้สังเคราะห์แนวการเรียนรู้ของ VARK Model และ 4MAT Model เพื่อให้ได้ทักษะหรือความถนัดของนักเรียนนักศึกษาที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ซึ่งแบ่งได้ทั้งหมด 6 ด้านคือ ทักษะด้านการปฏิบัติหรือลงมือทำ, ทักษะด้านการมองหรือการสังเกต, ทักษะด้านการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังหรือการได้ยิน, ทักษะด้านการวิเคราะห์, ทักษะด้านการใช้สามัญสำนึกและความจำ และทักษะด้านการใช้จินตนาการ

นอกจากทักษะและความถนัดจะส่งผลต่อกระบวนการการเรียนรู้ที่ดีแล้ว ยังมีผลต่อการให้แนะนำต่าง ๆตามความถนัดของแต่ละบุคคลอีกด้วย เช่นในการเลือกเรียนหรือศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา นับเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการเลือกศึกษาต่อในสาขาการเรียนในปัจจุบัน เพราะจะส่งผลโดยตรงกับนักศึกษาเอง เช่น หากเลือกสาขาที่ไม่ความเหมาะสมกับความสามารถของตน อาจทำให้มีการรับรู้ มีความเข้าใจที่ช้ากว่าคนอื่น ไม่สามารถเรียนจบได้ตามหลักสูตร ซึ่งเป็นการเสียเวลาในการเรียน หรือจบการศึกษาไปอย่างด้อยคุณภาพ เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าวนี้ผนวกกับการจัดเก็บข้อมูลของนักศึกษาที่มีจำนวนมากภายในสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น แต่ยังขาดการนำไปใช้ประมวลผลที่เป็นประโยชน์ในด้านการวิจัยและด้านต่าง ๆ ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบแนะนำการเลือกเรียนสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา ซึ่งจะถูกพัฒนาขึ้นจากตัวแบบแนวคิดที่สังเคราะห์จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล เพื่อทำนายและให้คำแนะนำในการเลือกเรียนในแต่ละสาขาวิชาตามความถนัดที่เหมาะสมแก่นักศึกษาต่อไป

2. งานวิจัยที่ผ่านมา

ในยุคแห่งการเรียนรู้ กระบวนการรับรู้เป็นสิ่งสำคัญ ทำให้คนเรามีความรู้ความเข้าใจได้รวดเร็วและดียิ่งขึ้น แต่เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้ที่มีอยู่อย่างหลากหลายและทักษะของการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกันไป จึงมีระบบช่วยตัดสินใจหรือระบบให้คำแนะนำในเรื่องต่าง ๆเกิดขึ้นมากมาย ช่วยให้เราสามารถวางแผนหรือตัดสินใจในการดำเนินการกับสิ่งเหล่านั้นได้อย่างเหมาะสมและตรงกับความสนใจของเรามากยิ่งขึ้น ในการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ ได้แบ่งหมวดหมู่งานวิจัย ออกเป็น 2 หมวดด้วยกัน คือ การศึกษางานวิจัยทางด้านรูปแบบการเรียนรู้ และด้านการทำเหมืองข้อมูล ดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางด้านรูปแบบการเรียนรู้

Filiz Tuba Dikkartin Ovez [3] นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบของรูปแบบการสอน 4Mat บนบทเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องพีชคณิต เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและระดับของการเข้าถึงความรอบรู้ โดยดูความแตกต่างในระดับของความสำเร็จในการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มทดลองใช้ 4Mat และกลุ่มควบคุมที่ใช้การเรียนการสอนแบบปกติ พบว่าการสอนรูปแบบ 4Mat ให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ รวมทั้งกลุ่มทดลองที่ใช้ 4Mat เข้าถึงความรู้ได้ 46.15% ซึ่งมากกว่าการเรียนการสอนแบบปกติที่มี 30.76% เช่นกัน, Joan Nicoll-Senft [4] ได้นำเสนอการประเมินผลกระทบของ 4Mat สำหรับวิทยาลัย โดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ซึ่งผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนได้รับประโยชน์ทางด้านวิชาการจากหลักสูตรที่มุ่งเน้นไปที่รูปแบบการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์การเรียนรู้ในการตั้งค่าการศึกษาที่สูงขึ้น, Somayeh Moazeni [5] นำเสนอการพัฒนาแนวคิดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ Vark เพื่อแนะนำการเรียนการสอนที่เหมาะสมตามความถนัด ซึ่งได้กล่าวถึง Wehrwein, E.A., Lujan, H.L. and DiCarlo, S.E. [6] ที่สรุปว่านักเรียนชายและหญิงมีรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่ของนักเรียนชายมีรูปแบบที่ต่อเนื่อง และนักเรียนหญิงมีโหมดเดียว ชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างนักเรียนชายและหญิงที่เป็นช่องว่างทางเพศ จึงต้องคำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้และกลยุทธ์วิธีการสอนให้ความเหมาะสมด้วย, Chinmay Shah and et al. [7] นำเสนอการวิเคราะห์หาความถนัดตามรูปแบบของ VARK จาก 92 นักศึกษาแพทย์ของรัฐบาล วิทยาลัยแพทย์ Bhavnagar ดำเนินการในปี 2009 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางด้านการการเรียนการสอน พบว่ารูปแบบความถนัดทางด้านภาพ (V) 1.08%, หู (A) 20.65%, การอ่าน / เขียน (R) 2.17% และการเคลื่อนไหว (K) 17.39% ซึ่ง 41.30% ของทั้งหมดต้องการโหมดเดียวของการนำเสนอ, นักเรียนที่ชอบรูปแบบของโการนำเสนอข้อมูลแบบสองโหมด (bimodal, 31.52%), บางส่วนที่ต้องการสามโหมด (ไตรกิริยา 27.13%) และมีเพียงนักศึกษาคนหนึ่งที่ต้องการสี่โหมด, Alaeddin MH Alawawdeh and et al. [8] นำเสนอการใช้กลศาสตร์เกมร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ Vark ในเครื่องมือนิติเวชชาเลนเจอร์สำหรับการเรียนการสอนการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลประโยชน์ของ TFC และประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้ใช้ ผลการวิจัยพบว่า TFC มีผลกระทบในเชิงบวกต่อการเรียนรู้ อยู่ที่ 79.2% ขณะที่กลุ่มที่ใช้ LMS มีเพียง 33.3% นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบสำหรับกลุ่ม TFC มีความเร็วขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ใช้ LMS ด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางด้านการทำเหมืองข้อมูล

Samrat Singh and Vikesh Kumar [9] นำเสนอการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางวิชาการของนักศึกษา สำหรับการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน ผลการเรียนของนักเรียน ซึ่งเปรียบเทียบเทคนิค 6 วิธีการในการจำแนกข้อมูลนักศึกษา ประกอบด้วย Bayes Net, Naive Bayes , Multilayer Perceptron, IB1,Decision Table and PART Classification method พบว่าการจำแนกแบบ IB1 มีความเหมาะสมมากที่สุด, Thakaa Z. Mohammad and et al. [10] นำเสนอระบบการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา โดยเทคนิคการจัดกลุ่ม ในการออกแบบเรียนการสอนภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนที่เรียนช้า เพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผลการศึกษาพบว่าระบบที่นำเสนอมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงถึง 79.5%, T. Kaewkiriya and et al. [11] นำเสนอการสังเคราะห์ระบบแนะนำการเรียน e-learning ปรับเหมาะตามรูปแบบการเรียนรู้ของ MI และโปรไฟล์ของผู้เรียน โดยใช้การวิเคราะห์จากการทำเหมืองข้อมูล และได้ประเมินแนวคิดจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินมีความเหมาะสมมากโดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 4.34 / 5

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(S.D. = 0.52), ชุติมา อุตมะมุณีย์ และประสงค์ ปราณีตพลกรัง [12] นำเสนอการพัฒนาตัวแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบอัตโนมัติออนไลน์สำหรับการเลือกสาขาวิชาเรียนของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา โดยการทำเหมืองข้อมูล นำเทคนิคข่ายงานเบย์มาสร้างตัวแบบในขั้นสุดท้ายและได้เปรียบเทียบความถูกต้องของตัวแบบกับผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ ให้ค่าความแม่นยำในการทำนายมากกว่า 90%, ณัฐ พลอยอ่อง และนลินภัสร์ ปรวัฒน์ปรียกร [13] นำเสนอระบบคัดกรองนักศึกษาที่มีความสามารถในการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยพัฒนาตัวแบบมาจากการเปรียบเทียบเทคนิคต้นไม้การตัดสินใจและซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ซึ่งโมเดลเทคนิคต้นไม้การตัดสินใจให้ผลความถูกต้อง 74.46% มากกว่าเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน(SVM) ที่ให้ความถูกต้องเพียง 72.48%, ชาลี ดวงแย้ม, ไก้รุ่ง เฮงพระพรหม และสุพจน์ เฮงพระพรหม [14] ได้นำเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกประกอบอาชีพสำหรับผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบเบย์ จากการทดลองวัดประสิทธิภาพโดยใช้เทคนิค Leave-one-out พบว่าระบบดังกล่าวให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 83.47, ชิดชนก ส่งศิริ, ธนาวินท์ รักธรรมานนท์ และกฤษณะ ไวยมัย [15] นำเสนอการทำเหมืองข้อมูล โดยเทคนิค Classification ในการชี้แนะแนวทางการเลือกภาควิชาที่เหมาะสมที่สุดกับลักษณะและความสามารถของนิสิตแต่ละคน ซึ่งโมเดลการจัดภาควิชาที่ได้มีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์, ไพฑูรย์ จันทร์เรือง [16] ได้นำเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกสาขาการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการสร้างตัวแบบ ซึ่งแยกสร้างตัวแบบสำหรับแต่ละสาขาการเรียนเนื่องจากคุณสมบัติของผู้เรียนแต่ละสาขามีความแตกต่างกัน ในส่วนของการทำนายแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การทำนายแนวโน้มของผลการเรียนโดยไม่ระบุสาขาการเรียน และการทำนายแนวโน้มของผลการเรียนโดยการระบุสาขาการเรียน, ภัทร์พงศ์ พงศ์ภัทรกานต์ [17] นำเสนอการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพันสภาพของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี โดยใช้คอมมิตตีแมชชีน ได้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลสูงถึง 75.32 % และในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพันสภาพของนักศึกษา พบว่ามีปัจจัยที่มีความสำคัญ 3 ปัจจัย คือ ขนาดโรงเรียนเดิม, อาชีพของบิดาและอาชีพของมารดา, ธีรพงษ์ สังข์ศรี [18] ได้นำเสนอการวิเคราะห์พฤติกรรมสำหรับการเลือกสมัครสาขาวิชาเรียนและการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์จำนวนนักศึกษาใหม่ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งวิเคราะห์พฤติกรรมจากเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลกับเทคนิคการหากฎความสัมพันธ์ของข้อมูล และได้เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์สำหรับทำนายจำนวนของนักศึกษาใหม่ ด้วยเทคนิคต้นไม้ช่วยตัดสินใจ กับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม พบว่าตัวแบบพยากรณ์จำนวนนักศึกษาใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคนิคต้นไม้ช่วยตัดสินใจ มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 93.76% ซึ่งมากกว่าตัวเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซ็บตรอนหลายชั้น(Multi-layer Perceptron) ที่มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 93.60%, ศลิษา หนูเสมียน และสมชาย ปราการเจริญ [19] นำเสนอระบบแนะนำการเลือกสาขาเพื่อศึกษาต่อระดับอาชีวศึกษา โดยใช้เทคนิค Hybrid Content-Base and Collaborative Filtering กรณีศึกษาวิทยาลัยสารพัดช่างระยอง ซึ่งใช้อัลกอริทึมการคำนวณหาค่าความคล้าย (Nearest Neighbor) และเทคนิคการปรับค่า Weighted ร่วมกับแบบทดสอบวัดแววความถนัดทางวิชาชีพ จากนั้นได้ประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแนวคิดได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 (S.D.=0.24) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 (S.D.=0.09), อาทิตยาพร โรจรัตน์ และวรารัตน์ รุ่งวรวุฒิ [20] ได้นำเสนอการค้นพบรูปแบบการวางแผนการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษา โดยใช้การทำเหมืองความสัมพันธ์ ซึ่งได้วิเคราะห์ถึงรูปแบบความสัมพันธ์การลงทะเบียนเรียนของนักศึกษาที่จบการศึกษาแล้วนำมาเป็นข้อมูลที่ช่วยในการวางแผนในอนาคต ทำให้ได้รูปแบบกฎที่น่าสนใจเพื่อการวางแผนการลงทะเบียนเรียนทั้งหมด 11 กฎ

อย่างไรก็ตามจากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าหมวดที่เกี่ยวข้องกับทางด้าน รูปแบบการเรียนรู้ ส่วนใหญ่จะเป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีรูปแบบการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนในแต่ละสาขาวิชา รวมทั้งการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อการการเรียนการสอนเหล่านั้นด้วย ส่วนหมวดที่เกี่ยวข้องกับทางด้านการทำเหมืองข้อมูล โดยส่วนใหญ่จะนำเสนอการพัฒนาระบบช่วยในการตัดสินใจหรือระบบแนะนำเกี่ยวกับการเลือกการศึกษา ซึ่งมีความถูกต้องที่แต่กต่างกันไปขึ้นอยู่กับเทคนิคที่เลือกใช้ในการทำเหมืองข้อมูล เช่น ต้นไม้การตัดสินใจ, เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น แต่ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นเพียงการนำข้อมูลทางการศึกษาหรือข้อมูลพื้นฐานของนักศึกษามาทำเหมืองข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์หรือรูปแบบกฎที่มีร่วมกันในการทำนายและแนะนำผลที่ได้ให้กับผู้ใช้ระบบเท่านั้น ซึ่งไม่ได้มองถึงทักษะความสามารถ หรือความถนัดในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลที่มีความแตกต่างกันออกไป และเป็นอีกปัจจัยสำคัญในการประมวลผลเพื่อให้คำแนะนำตามความถนัดของผู้ใช้งานระบบด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบแนะนำการเลือกเรียนสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา ซึ่งจะถูกพัฒนาขึ้นจากตัวแบบแนวคิดที่สังเคราะห์จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล เพื่อทำนายและให้คำแนะนำในการเลือกเรียนในแต่ละสาขาวิชาตามความถนัดที่เหมาะสมแก่นักศึกษา

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รูปแบบการเรียนรู้ (Learning Style) [21] หมายถึง ลักษณะทางกายภาพ ความคิด ความรู้สึก ที่ชอบใช้ในการเรียนรู้ การตอบสนอง และการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมโดยรอบทางการเรียนอย่างคงที่ มนุษย์สามารถรับข้อมูลโดยผ่านเส้นทางการรับรู้ 3 ทาง คือ การรับรู้ทางสายตาโดยการมองเห็น (Visual percepters), การรับรู้ทางโสตประสาทโดยการได้ยิน (Auditory percepters) และการรับรู้ทางร่างกายโดยการเคลื่อนไหวและการรู้สึก (Kinesthetic percepters) ซึ่งแต่ละบุคคลจะมี

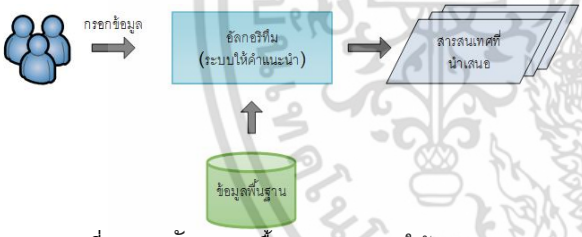
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทักษะการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชำนาญและประสบการณ์ของบุคคลนั้น

VARK Model เป็นแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งรูปแบบการเรียนรู้ตามลักษณะของผู้เรียนได้ 4 กลุ่ม คือ การเรียนรู้ที่สื่อด้วยภาพและสัญลักษณ์ (Visual), การเรียนรู้ที่สื่อด้วยเสียง (Aural / Auditory), การเรียนรู้ที่สื่อด้วยอักษร (Read / write) และการเรียนรู้ที่สื่อด้วยสัมผัสและการกระทำ (Kinesthetic)

4MAT Model เป็นแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งสไตล์การเรียนรู้ตามความถนัดของผู้เรียน 4 แบบ คือ ความถนัดการใช้จินตนาการ (Imaginative Learners), ความถนัดการวิเคราะห์ (Analytic Learners), ความถนัดการใช้สามัญสำนึก (Commonsense Learners) และความถนัดในการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง (Dynamic Learners)

ระบบแนะนำ (Recommender System) [23] เป็นการนำเสนอประสบการณ์เฉพาะบุคคลหรือข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ประมวลผลให้กับผู้ใช้งานระบบตามลักษณะความสนใจของผู้ใช้งานระบบนั้น เช่น ภาพยนตร์ เพลง ข่าวสาร เว็บเพจ ด้วยการนำเสนอข้อมูลที่ถูกกลั่นกรองเฉพาะสำหรับผู้ใช้แต่ละคน ทำให้ได้ข้อมูลที่ค่อนข้างตรงต่อความต้องการในการรับสารของผู้ใช้งาน โดยทั่วไประบบให้การแนะนำประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการประมวลผล, ส่วนการป้อนข้อมูล และส่วนอัลกอริธึมเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ใช้ประมวลข้อมูล ดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมพื้นฐานของระบบให้การแนะนำ

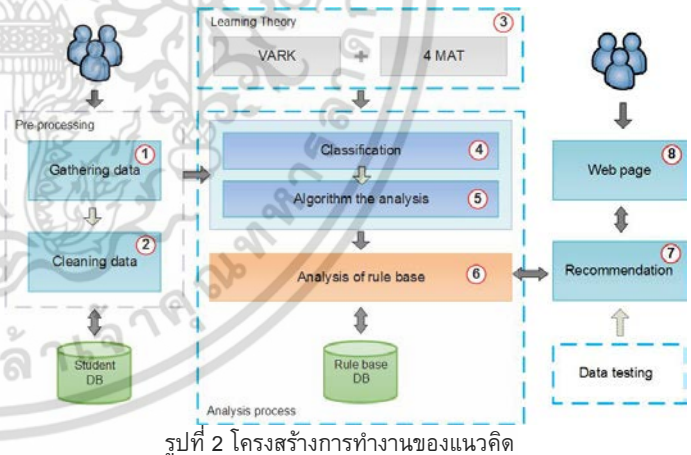
การทำเหมืองข้อมูล (data mining) [22] เป็นกระบวนการสกัดข้อมูลหรือค้นความรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อทำนายแนวโน้มและพฤติกรรมโดยอาศัยข้อมูลในอดีต และเพื่อใช้สารสนเทศเหล่านี้ในการสนับสนุนการตัดสินใจทางธุรกิจ ซึ่งการทำเหมืองข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการในด้านการค้นหาความรู้ของ Knowledge Discovery in Database (KDD) ชื่อการทำเหมืองข้อมูลได้มาจากลักษณะการทำงานที่คล้ายกับการทำเหมืองแร่ที่ทำการขุดหินเพื่อค้นหาเส้นทางหลักของสายแร่ที่มีค่า ดังนั้นการทำเหมืองข้อมูล จึงเป็นการเลือกเฟ้นสิ่งที่ต้องการจากวัตถุหรือข้อมูลจำนวนมาก เป็นการค้นหาวัตถุอย่างฉลาดเพื่อหาตำแหน่งที่แน่นอนของสิ่งที่ต้องการ

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการศึกษา ซึ่งหากมีความชำนาญหรือทักษะในการเรียนรู้ที่ดี ก็จะส่งผลให้การศึกษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่ในขณะเดียวกันการรับรู้หรือการเรียนรู้ของคนเรามีความแตกต่างกัน บางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากการฟัง บางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากการมองการสังเกต หรือบางคนถนัดที่จะเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ จากความแตกต่างเหล่านี้หลายครั้งที่ทำให้เราไม่ทราบถึงทักษะ ความชำนาญหรือความถนัดของตนเองที่แท้จริง ตัวอย่างเช่น ในการเลือกศึกษาต่อ ในแต่ละสาขาวิชาของนักศึกษา หลายคนต้องเปลี่ยนสาขาเรียนกลางคัน บางคนเลือกเรียนสาขาที่ไม่ถนัดทำให้เรียนรู้ได้ช้ากว่าบุคคลอื่น ส่งผลต่อการออกเรียนกลางคัน หรือไม่จบการศึกษา เห็นได้ว่าทักษะหรือความถนัดก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญในการเลือกศึกษาต่อในแต่ละสาขาวิชาเช่นกัน ดังนั้นการพัฒนาระบบแนะนำการเลือกเรียนสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา จึงเป็นอีกสิ่งที่จะช่วยในการลดปัญหาและช่วยให้คำแนะนำในการตัดสินใจเลือกศึกษาต่อให้แก่นักศึกษา อีกทั้งการจัดเก็บข้อมูลของนักศึกษาที่มีจำนวนมากภายในสถาบัน แต่ยังขาดการนำไปใช้ประมวลผลที่เป็นประโยชน์ในด้านการวิจัยและด้านต่างๆ จึงเอื้อต่อการนำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาภายในสถาบันด้วย

แนวคิดในการออกแบบระบบ มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลนักศึกษาที่มีอยู่ภายในสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, ปัญหาที่เกิดจากการเลือกศึกษาต่อในสาขาที่ไม่เหมาะสม และการสังเคราะห์ข้อมูลจากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ทำให้ได้รูปแบบของโมเดลที่มีกระบวนการการทำงาน 8 ขั้นตอน ตามภาพด้านล่างนี้

4.1 Conceptual Model



รูปที่ 2 โครงสร้างการทำงานของแนวคิด

จากรูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของแนวคิดในงานวิจัย มีดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง Gathering data เป็นขั้นตอนการเก็บรวบข้อมูลนักศึกษาในช่วงชั้นปีที่ 1, 2 ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยการทำแบบสอบถาม ซึ่งจะเก็บข้อมูลรายละเอียดต่างๆของนักศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในกระบวนการทำเหมืองข้อมูล และหา Rule Base เพื่อใช้ในการให้คำแนะนำการเลือกศึกษาต่อตามความถนัดของนักศึกษา

ขั้นตอนที่สอง Cleaning data เป็นขั้นตอนของการเช็คความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ได้ว่ามีความเหมาะสม ถูกต้องหรือไม่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนเป็นจริงในการทำเหมืองข้อมูล และหารูปแบบของกฎในการให้คำแนะนำการเลือกศึกษาต่อตามทักษะหรือความถนัดของนักศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่สาม Learning Theory เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้ของ VARK Model และ 4MAT Model เพื่อให้ได้ทักษะการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งการรับสารและกระบวนการคิดของนักศึกษา ในการนำข้อมูลไปทำเหมืองข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ความสามารถและนำไปใช้ในการให้คำแนะนำการเลือกศึกษาต่อตามทักษะความถนัดของนักศึกษา

ขั้นตอนที่สี่ Classification เป็นขั้นตอนในการแบ่งหมวดหมู่ข้อมูล ตามลักษณะและรูปแบบของตัวแปร เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของการทำเหมืองข้อมูล เพื่อหารูปแบบของกฎที่มีร่วมกันในการให้คำแนะนำการเลือกศึกษาต่อตามความถนัดของนักศึกษาต่อไป

ขั้นตอนที่ห้า Analysis the algorithm เป็นขั้นตอนของกระบวนการทำเหมืองข้อมูล โดยใช้โปรแกรม WEKA เพื่อหา Rule Base ที่มีความสัมพันธ์กัน จากตัวแปรต้น (ข้อมูล นศ.) และตัวแปรตาม (ทักษะการเรียนรู้) ของข้อมูลที่ได้รวบรวมมา ซึ่งจะได้เป็นรูปแบบของกฎที่จะใช้ในการให้คำแนะนำนั่นเอง

ขั้นตอนที่หก Analysis of rule base เป็นส่วนของการวิเคราะห์ Rule Base ที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูลว่ามีความเหมาะสม และมีความถูกต้องหรือไม่ ก่อนจะจัดเก็บกฎ Rule Base ที่ได้ลงฐานข้อมูล เพื่อการนำไปใช้งานในการให้คำแนะนำสาขาวิชาเรียนตามความสามารถของผู้ใช้ระบบต่อไป

ขั้นตอนที่เจ็ด Recommendation เป็นส่วนของการประมวลผล เพื่อคำแนะนำในการเลือกศึกษาต่อตามความถนัดแก่ผู้ใช้งานระบบ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการกรอกข้อมูลของผู้ใช้งาน และ Rule base ที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล มาประมวลผลและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด และนำผลที่ได้ไปใช้ในการให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้ระบบต่อไป

ขั้นตอนที่แปด Web page เป็นส่วนของการแสดงผลและการติดต่อใช้งานระบบ มีลักษณะเป็น Web application ซึ่งจะเป็นช่องทางในการรับข้อมูลเข้า เพื่อประมวลผล และแนะนำสาขาวิชาที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้ใช้งานระบบ ในการตัดสินใจเรียนในแต่ละสาขาวิชาต่อไป

5. การประเมินผล

จากการนำเสนอแนวคิดการออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล เพื่อทำนายและให้คำแนะนำในการเลือกเรียนในแต่ละสาขาวิชาตามความถนัดที่เหมาะสมแก่นักศึกษา งานวิจัยนี้ได้มีการประเมินผลแบบจำลองโดยการวัดผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีเกณฑ์ในการวัดผล คือ

4.01-5.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมระดับสูงมาก
3.01-4.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมระดับสูง
2.01-3.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.01-2.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมน้อย
0.00-1.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่าง ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t-test) เพื่อวัดระดับความเหมาะสมของแบบจำลองตามตารางการวัดผลความเหมาะสมแบบจำลองการออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญ ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง

รายละเอียดการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ความเหมาะสมของ Gathering data	3.80	0.45	สูง
2. ความเหมาะสมของ Cleaning data	3.60	0.55	สูง
3. ความเหมาะสมของ Learning Theory	3.60	1.14	สูง
4. ความเหมาะสมของ Classification	3.80	0.45	สูง
5. ความเหมาะสมของ Analysis the algorithm	3.20	0.84	สูง
6. ความเหมาะสมของ Analysis of rule base	3.40	0.55	สูง
7. ความเหมาะสมของ Recommendation	4.00	0.71	สูง
8. ความเหมาะสมของ Web View	4.20	0.45	สูงมาก
9. ความเหมาะสมโดยรวมของแบบจำลอง	3.80	0.45	สูง

จากตารางที่หนึ่ง แสดงให้เห็นว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองแนวคิดในการออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา โดยรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญโดยรวมมีความเหมาะสมของแบบจำลองอยู่ในระดับสูง เฉลี่ยที่ 3.80 ซึ่งส่วนที่มีค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมมากที่สุดอยู่ในระดับสูงมาก คือ Web View เฉลี่ยที่ 4.20 และส่วนที่มีค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมที่ต่ำสุดอยู่ในระดับสูง คือ Analysis the algorithm เฉลี่ยที่ 3.20

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล ช่วยในการวิเคราะห์ความรู้สึกและเฝ้าระวังพฤติกรรมที่มีความสุ่มเสี่ยง เพื่อให้คำแนะนำและเข้าช่วยเหลือได้ทันท่วงที รวมทั้งการสนทนา คุยตอบโต้แสดงความคิดเห็นผ่าน Social Network ที่มีความระมัดระวังและมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวคิดที่ได้สามารถนำไปปรับใช้หรือนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประโยคหรือบทความการโพสต์ข้อความต่างๆ ในรูปแบบอื่นๆ เพื่อการพัฒนาระบบให้เกิดประสิทธิภาพต่อไปในอนาคตได้ นอกจากนี้ได้มีการประเมินความเหมาะสมของแนวคิดจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่า มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับสูง เฉลี่ยที่ 3.80/5 (S.D.=0.45)

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวคิดในการออกแบบระบบแนะนำการเลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาตามความถนัดของนักศึกษา จากรูปแบบการเรียนรู้ VARK และ 4MAT Model ด้วยการทำเหมืองข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงเบื้องต้น ในอนาคตจะมีการพัฒนาแม่แบบจากแนวคิดที่ได้ เพื่อการทดสอบและใช้งานระบบต่อไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Introduction to VARK, VARK Learn website. [Online]. Available: http://vark-learn.com/, (เข้าถึงเมื่อ 11 ก.พ. 58).

[2] การเรียนรู้แบบ 4 MAT, Gotoknow website. [Online]. Available: https://www.gotoknow.org/posts/219734, (เข้าถึงเมื่อ 11 ก.พ. 58).

[3] Filiz Tuba Dikkartin Ovez, "The Effect of the 4MAT Model on Student's Algebra Achievements and Level of Reaching Attainments",Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vol. 7, 2012, no. 45, pp. 2197-2205.

[4] Joan Nicoll-Senft, "Assessing the Impact of 4MAT for College", Institute for Learning Styles Journal, Vol. 1, 2012, pp. 9.

[5] Moazeni, s., "Smart Teaching Quantitative Topics through the VARK Learning Styles Model", 3rd IEEE Integrated STEM Education Conference, March 9, 2013.

[6] Wehrwein, E..A., Lujan, H.L. and DiCarlo, S.E., "Gender Differences in Learning Style Preferences among Undergraduate Physiology Students." Advances in Physiology Education 31, February 25, 2015, pp. 153–157.

[7] Chinmay Shah and et al., "Learning Stypes Adopted by Medical Students", International Research Journal of Pharmacy, February 12, 2011, pp. 227-229.

[8] Alaeddin MH Alawawdeh and et al., "Norwegian Information Security Lectures As a Case Study For Hyper Interactive Presenter", 2014 World Congress on Computer Applications and Information Systems (WCCAIS), January 17-19, 2014, pp. 1-5.

[9] Singh, S. and Kumar, V., "Performance Analysis of Engineering Students for Recruitment Using Classification Data Mining Techniques", IJCSET, February, 2013, Vol. 3, pp. 31-37.

[10] Thakaa Z. Mohammad and et al., "An Intelligent Educational Data Mining Classification Model for Teaching English for Slow Learner Students", International Journal of Computer Science (IIJCS), Vol. 2, Issue. 8, August, 2014.

[11] Kaewkiriya, T., Utakrit, N., Tangwannawit, S. and Tiantong, M., "An Evaluation of Framework of Synthesize on an Adaptive E-Learning Guidance System Base on Multiple Intelligence", International Journal of Electronics and Electrical Engineering, Vol. 2, No. 2, June, 2014.

[12] Uttamamunee, C. and Praneetpolgrang, P., "The Development of Model for Online Autonomous Decision Support Systems for Managing the Study Plan of Students in Higher Education", Journal of Information Science and Technology, Vol. 1, Issue. 2, Jul-Dec, 2010.

[13] Nat Ployong, N. and Porrawatpreyakorn, N., "A Comparison of Decision Tree and Support Vector Machine Techniques for Classifying Students for e-Learning in Information Technology Course", The 9th National Conference on Computing and Information Technology, 2013.

[14] ชาลี ดวงแย้ม, ไก้รุ่ง เฮงพระพรหม และ สุพจน์ เฮงพระพรหม, "ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกประกอบอาชีพสำหรับผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบเบย์", คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 2547.

[15] ชิดชนก ส่งศิริ, ธนาวินท์ รักธรรมานนท์ และ กฤษณะ ไวยมัย, "การใช้เทคนิค Data Mining เพื่อค้นหาภาควิชาที่เหมาะสมที่สุดให้กับนิสิต", การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39, 2544.

[16] นายไพฑูรย์ จันทร์เรือง, "ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกสาขาการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ", มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[17] ภัทร์พงศ์ พงศ์ภัทรกานต์, "การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพ้นสภาพของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี โดยใช้คอมมิตตีแมชชีน", The 6TH National Conference on Computing and Information Technology, NCCIT2010-46, 2010.

[18] ธีรพงษ์ สังข์ศรี, "การวิเคราะห์พฤตกิรรมสำหรับการเลือกสมัครสาขาวชิาเรียนและการเปรียบเทียบตวัแบบ พยากรณ์จาำนวนนักศึกษาใหม่โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล", The Tenth National Conference on Computing and Information Technology, May 8-9, 2014.

[19] ศลิษา หนูเสมียน และ สมชาย ปราการเจริญ, "ระบบแนะนำการเลือกสาขาเพื่อศึกษาต่อระดับอาชีวศึกษา โดยใช้เทคนิค Hybrid Content-Base and Collaborative Filtering กรณีศึกษา วิทยาลัยสารพัดช่างระยอง", The Eighth National Conference on Computing and Information Technology, May 9, 2012.

[20] อาทิตยาพร โรจรัตน์ และ วรารัตน์ รุ่งวรวุฒิ, "การค้นพบรูปแบบการวางแผนการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษาโดยใช้ การทำเหมือง ความสัมพันธ์ กรณีศึกษาหลักสตูรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร", The 9th National Conference on Computing and Information Technology, May 9-10, 2013.

[21] Learning Style หรือ รูปแบบการเรียนรู้, Portal Education Chula website. [Online]. Available: http://portal.edu.chula.ac.th/ormoranit/blog/view.php?Bid=1245035692672388&msite=ormoranit&bp=1&np=2, (เข้าถึงเมื่อ 11 ก.พ. 58).

[22] การทำเหมืองข้อมูล(Data mining), no-poor website. [Online]. Available: http://www.no-poor.com/dssandos/Chapter5-dss.htm, (เข้าถึงเมื่อ 11 ก.พ. 58).

[23] ระบบแนะนำ, NCCIT 2009 website. [Online]. Available: http://2 0 2 . 4 4 . 3 4 . 1 4 4 / nccitedoc/admin/nccit_files/NCCIT-2011020359.pdf, (เข้าถึงเมื่อ 11 ก.พ. 58).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา

วิภาณี เพ็งเนตร
สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง แขวงสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
wipanee@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความต้องการกลวิธีในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังจบการศึกษา 2) เพื่อเปรียบเทียบความความต้องการกลวิธีในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังจบการศึกษา ตามเพศและคณะที่ศึกษา และ 3) เพื่อศึกษาข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 250 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษามีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก 2) นักศึกษาเพศชายและนักศึกษาเพศหญิงมีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยรวมไม่แตกต่างกัน 3) นักศึกษาที่ศึกษาคณะแตกต่างกัน มีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยรวมไม่แตกต่างกัน 4) นักศึกษาต้องการให้มีการสอนโดยใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น มีการจัดบรรยายจากรุ่นพี่ที่เรียนจบไปแล้ว และต้องการให้อาจารย์เน้นทำกิจกรรมนอกห้องเรียนให้มากกว่านี้

คำสำคัญ: การเรียนการสอนภาษาอังกฤษ, ภาษาอังกฤษเพื่อการประกอบอาชีพ

Abstract

The purposes of this research were as follows: 1) to study need assessment of strategies in English learning for career achievement of 4th year TNI students 2) to compare need assessment according to genders and faculties and 3) to study supplemental opinions and suggestions towards English teaching-learning techniques. Research samples were 250 students at Thai-Nichi Institute of Technology, derived through Simple Random Sampling Technique. The instrument used for gathering the data were the questionnaire with rating-scale and open-ended questions. Statistic used for analyzing the data were frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, F-test and content analysis. Research findings were as follows: 1) In overall, students had a high level of need assessment of strategies in English learning for career achievement of 4th year TNI students. 2) Students with different genders had no statistically significant differences in overall and in each aspect. 3) Students with different faculties had no statistically significant differences in all and in each aspect. 4) The students gave various suggestions as follows: Teachers should use only English language in classroom; Seminar from TNI seniors is required; and Self-study or outside classroom activities should be supported more than before.

Keywords: English Teaching-Learning Process, English for Work

บทนำ

เจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ระบุไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และ คุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิตสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่าง มีความสุข และได้กำหนดแนวการจัดการศึกษาไว้ในหมวด 4 มาตรา 22 ระบุว่า การ จัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ดังนั้น กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติ และเต็มตามศักยภาพ โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้และกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง [1]

การจัดการเรียนการสอนปัจจุบันที่เน้นความสาคัญที่ผู้เรียนและให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบการเรียนการสอนหลายอย่างที่สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แก่ การเรียนการสอนโดยใช้การสาธิต เกมส์ สถานการณ์จำลอง ศูนย์การเรียนรู้ บทเรียนแบบโปรแกรม การทดลอง การไปทัศนศึกษา การอภิปรายกลุ่ม การแสดงละครหรือการแสดงบทบาทสมมติ เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจุบันพบว่ามีวิธีการสอนที่สามารถตอบสนองต่อกระบวนการเรียนรู้ที่เน้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียนเป็นสาคัญได้เป็นอย่างดีเพราะเป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ผู้ค้นพบความรู้ ผู้เรียนมีอิสรภาพ ผู้เรียนได้รับการพัฒนาแบบองค์รวมด้วยวิธีการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นขั้นตอน มีระบบระเบียบในกระบวนการการทำงานที่ชัดเจน [2]

ซึ่งสำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้กำหนดนโยบายในการจัดการเรียนการสอนใน รายวิชาต่างๆ โดยเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แหล่งเรียนรู้ สื่อ เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองจากแหล่งความรู้ ที่หลากหลาย เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบูรณาการทักษะภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ คือทักษะการฟัง การพูด การอ่านและการเขียน รวมไว้ด้วยกัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งในและนอกห้องเรียน ดังนั้นการที่อาจารย์ผู้สอนจะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะนำไปสู่ความสำเร็จตามนโยบายการจัดการเรียนการสอนของสถาบันฯ จึงจำเป็นต้องปรับวิธีการและเทคนิคการสอนให้เหมาะสมและหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาเต็มตามศักยภาพ จากเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึง สนใจที่จะศึกษาความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา เพื่อเป็นการพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพ และนำผลการวิจัยที่ได้ไป ใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการกลวิธีในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังจบการศึกษา

2. เพื่อเปรียบเทียบความความต้องการกลวิธีในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังจบการศึกษา ตามเพศและคณะที่ศึกษา

3. เพื่อศึกษาข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักศึกษาเพศชายและนักศึกษาเพศหญิงมีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา ในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน

2. นักศึกษาที่ศึกษาคณะต่างกันมีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2556 กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Krejcie & Morgan [3] โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling Technique) ตามสัดส่วนของนักศึกษาในแต่ละสาขาวิชาเอก ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 250 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เพื่อสอบถามความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา เป็นแบบสอบถามจำนวน 1 ชุด แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น แบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check Lists)

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา เป็นคำถามที่ครอบคลุมเนื้อหา 4 ด้าน ได้แก่ ความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการฟัง ความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการพูด ความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการอ่านและความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการเขียน โดยแบบสอบถามเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) มี 5 ระดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ตาราง 1 แสดงจำนวนและ ะร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศและคณะที่ศึกษา

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
- ชาย	137	54.80
- หญิง	113	45.20
รวม	**250**	**100**
2. คณะที่ศึกษา		
- วิศวกรรมศาสตร์	118	47.20
- บริหารธุรกิจ	79	31.60
- เทคโนโลยีสารสนเทศ	53	21.20
รวม	**296**	**100**

จากตาราง 1 พบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เป็นเพศชาย จำนวน 137 คน คิดเป็นร้อยละ 54.80 ที่เหลือเป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นเพศหญิง จำนวน 113 คน คิดเป็นร้อยละ 45.20

ส่วนใหญ่ เป็นนักศึกษาที่ศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 47.20 คน เป็นนักศึกษาที่ศึกษาคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริหารธุรกิจ จำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 31.60 และน้อยที่สุด เป็นนักศึกษาที่ศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 21.20

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลการศึกษาความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน

ด้าน	รายการ	n = 296 $\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1.	ด้านทักษะการฟัง	4.23	0.76	มาก
2.	ด้านทักษะการพูด	4.40	0.69	มาก
3.	ด้านทักษะการอ่าน	4.26	0.74	มาก
4.	ด้านทักษะการเขียน	4.02	0.72	มาก
	รวม	**4.22**	**0.66**	**มาก**

จากตาราง 2 พบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาโดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.22) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกด้าน ด้านสูงสุดได้แก่ ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการพูด ($\bar{X}$ = 4.40) รองลงมาได้แก่ ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการอ่าน ($\bar{X}$ = 4.26) ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการฟัง ($\bar{X}$ = 4.23) และ ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการเขียน ($\bar{X}$ = 4.02) ตามลำดับ

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามเพศ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน

ด้าน	รายการ	ชาย (n = 137)		หญิง (n = 113)		t	Sig.
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1.	ทักษะการฟัง	4.20	0.54	4.27	0.51	-0.91	0.36
2.	ทักษะการพูด	4.38	0.66	4.45	0.68	-1.56	0.14
3.	ทักษะการอ่าน	4.23	0.55	4.30	0.50	-0.88	0.36
4.	ทักษะการเขียน	4.06	0.56	4.00	0.50	0.76	0.45
	รวม	4.21	0.46	4.26	0.40	-0.66	0.51

จากตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามเพศ พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักศึกษาเพศหญิงมีความคิดเห็นต่อความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในระดับสูงกว่านักศึกษาเพศชาย ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิง มีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา ในด้านต่างๆ แตกต่างกัน

ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามคณะ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน

รายการ	ENG (n = 93)		BA (n = 104)		IT (n = 99)		F	Sig.
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
การฟัง	4.21	0.52	4.15	0.58	4.33	0.51	1.98	1.14
การพูด	4.40	0.44	4.28	0.63	4.50	0.40	3.24	0.04*
การอ่าน	4.29	0.51	4.19	0.57	4.31	0.50	1.04	0.35
การเขียน	4.03	0.53	4.00	0.57	4.08	0.50	0.30	0.74
รวม	4.24	0.41	4.16	0.51	4.31	0.37	2.07	0.13

จากตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามคณะที่ศึกษา โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาที่คณะต่างกันมีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา ในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน

นอกจากนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายด้าน พบว่า ความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการฟัง ความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการอ่าน และความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการเขียน นักศึกษามีความต้องการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษามีความต้องการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า มีความแตกต่างกันจำนวน 1 คู่ ได้แก่

นักศึกษาสาขาคณะบริหารธุรกิจ มีความต้องการแตกต่างกับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มีความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการพูด ในระดับสูงกว่านักศึกษาคณะเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

รายด้านที่เหลือ นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหา และการจัดลำดับความถี่ ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา

ลำดับ	ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	ความถี่
1	ต้องการให้มีการสอนโดยใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น	45
2	ต้องการให้มีการจัดบรรยายจากรุ่นพี่ที่เรียนจบไปแล้ว	32
3	อยากให้มีการใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย โดยเฉพาะสื่อที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์	27
4.	ต้องการให้อาจารย์เน้นการทำกิจกรรมนอกห้องเรียนให้มากกว่านี้	18
	รวม	122

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา พบว่านักศึกษามีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษโดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.22) โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการพูด ($\bar{X}$ = 4.40)ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการอ่าน ($\bar{X}$ = 4.26) ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการฟัง ($\bar{X}$ = 4.23) และ ความต้องการกลวิธีด้านทักษะการเขียน ($\bar{X}$ = 4.02) ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามเพศ พบว่า นักศึกษามีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักศึกษาเพศหญิงมีความคิดเห็นต่อความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาในระดับสูงกว่านักศึกษาเพศชาย ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ ในด้านต่างๆ แตกต่างกัน

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามคณะที่ศึกษา พบว่านักศึกษาที่ศึกษาคณะต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษาโดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาที่คณะต่างกันมีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา ในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน และเมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายด้าน พบว่า ความต้องการกลวิธีในการสอนด้านทักษะการพูด นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า มีความแตกต่างกันจำนวน 1 คู่ ได้แก่ นักศึกษาสาขาคณะบริหารธุรกิจ มีความคิดเห็นแตกต่างกับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มีความคิดเห็นต่อความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการพูด ในระดับสูงกว่านักศึกษาคณะเทคโนโลยีมัลติมีเดีย รายด้านที่เหลือ นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นต่อความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ได้เสนอแนะว่า ต้องการให้มีการสอนโดยใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น รองลงมา ได้แก่ ต้องการให้มีการจัดบรรยายจากรุ่นพี่ที่เรียนจบไปแล้ว และ น้อยที่สุดคือ ต้องการให้อาจารย์เน้นทำกิจกรรมนอกห้องเรียนให้มากกว่านี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิปรายผล

จากสรุปผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายจากสรุปผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1.จากผลการวิจัยความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประนอม ตังปรีชาพาณิชย์ (2555) ที่กล่าวว่าภาษาอังกฤษมีการใช้กันทั่วโลกมากกว่าภาษาอื่นๆ มีการเรียนการสอนกันทั่วโลกมากกว่าภาษาอื่นและเป็นภาษาสากลที่ติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก การเรียนการสอนภาษาอังกฤษประการแรกนั้นถูกใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันอย่างเหมาะสมตามสถานการณ์ ควรเป็นการเรียนรู้แบบธรรมชาติ ไม่จำเป็นต้องท่องศัพท์ แปล หรือรู้หลักไวยากรณ์ ดังนั้นการเรียนการสอนในระดับเริ่มเรียนรู้ภาษานั้นต้องเน้นการมีส่วนร่วมทางภาษาให้มากที่สุด คือผู้เรียนต้องเรียนรู้จากการฟังและพูดอย่างเป็นธรรมชาติจนเกิดทักษะ เริ่มจากการพูดในชีวิตประจำวันในครอบครัวแล้วค่อยขยายออกไปสู่โลกภายนอกมากขึ้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในการศึกษาขั้นสูงขึ้น การสอนภาษาเพื่อการสื่อสารนั้นเป็นการให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในการสื่อสารจริง ดังนั้นผู้สอนควรจัดให้มีสถานการณ์ต่างๆ ในห้องเรียนที่เอื้อต่อการสื่อสารได้อย่างสมจริง [4] ทั้งนี้เนื่องจากเพราะนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เป็นนักศึกษาที่กำลังจะจบการศึกษาและต้องเตรียมพร้อมในการทำงาน ทำให้นักศึกษาเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษทั้ง 4 ด้านคือ ด้านการฟัง ด้านการพูด ด้านการอ่านและด้านการเขียน เพื่อสามารถนำไปใช้ในที่ทำงานได้

2. จากผลการเปรียบเทียบความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามเพศ พบว่านักศึกษาที่เพศต่างกัน มีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา โดยภาพรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ได้ตั้งไว้ว่านักศึกษาชายและนักศึกษาหญิง มีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา ในด้านต่างๆ แตกต่างกัน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของคาแรล และ โจน (Carrell and Joan, 1988) ที่กล่าวว่าในการเรียนภาษาต่างประเทศนั้น นักศึกษาทั้งเพศชายและเพศหญิงต่างต้องการความเชื่อมั่นในการสื่อสารภาษาต่างประเทศ ผ่านการเรียนการสอนที่หลากหลาย เช่น การทำกิจกรรมกลุ่ม การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน โดยเฉพาะกับอาจารย์เจ้าของภาษา [5]

3. จากผลการเปรียบเทียบความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา จำแนกตามคณะที่ศึกษา โดยภาพรวมพบว่านักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาที่ศึกษาคณะต่างกันมีความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา ในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ชั้นปีที่ 4 ทั้งสามคณะมีความต้องการกลวิธีในการสอนภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ คือทักษะการฟัง ทักษะการพูด ทักษะการอ่านและทักษะการเขียน ด้วยกันทั้งหมด เนื่องจากนักศึกษาเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการใช้ทักษะเพื่อการสื่อสารทั้ง 4 ทักษะนี้ในสถานที่ทำงานหลังจากจบการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ หัสชัย สิทธิรักษ์ (2552) ที่ได้กล่าวว่าภาษาอังกฤษมีการใช้กันทั่วโลกมากกว่าภาษาอื่นๆ มีการเรียนการสอนกันทั่วโลกมากกว่าภาษาอื่นและเป็นภาษาสากลที่ติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก ดังนั้นการเรียนการสอนภาษาอังกฤษจึงถือว่ามีความสำคัญต่อนักเรียนนักศึกษาทุกคนในการติดต่อสื่อสารกับโลกภายนอก ในฐานะเป็นภาษาพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูงขึ้นและการทำงานต่อไป [6]

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณาและมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1.1 เนื่องจากผลวิจัยพบว่า ความต้องการกลวิธีในการสอนภาษาอังกฤษด้านทักษะการฟัง ในรายข้อที่ต่ำสุดคือ มีการตั้งเกณฑ์ระดับความสามารถในการฟังที่เกี่ยวกับสาขาวิชาเอกของนักศึกษา และผลักดันให้นักศึกษามีระดับความสามารถตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ถึงแม้จะอยู่ในระดับมาก แต่ถือว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับรายข้ออื่นๆ เนื่องจากนักศึกษาไม่คุ้นเคยกับการฟังภาษาอังกฤษจึงทำให้รู้สึกกดดันถ้าจะต้องทำให้ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นอาจารย์ผู้สอนควรใช้วิธีการประเมินผลเป็นระยะจากการฟังที่ง่ายไปยาก โดยที่ให้นักศึกษาได้มีการฟังหลายครั้งเพื่อเกิดความคุ้นเคย

1.2 ความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการพูด ที่มีระดับค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ มีการจัดกิจกรรมการและการแข่งขันพูดทั้งภายในสถาบันฯ และภายนอกสถาบันฯ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อสร้างทัศนคติและแรงใจจูงใจเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสนใจในการพูดภาษาอังกฤษมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักศึกษาไม่มีความคุ้ยเคยกับการพูดภาษาอังกฤษในที่สาธารณะ จึงทำให้รู้สึกไม่มั่นใจว่าเวลาต้องออกไปพูด ดังนั้นอาจารย์ผู้สอนควรมีการฝึกให้นักศึกษาได้พูดในชั้นเรียนเป็นระยะ เริ่มจากการพูดเนื้อหาสั้นๆ โดยมีการเตรียมตัวมาก่อน จนถึงพูดเนื้อหาที่ยาว โดยไม่มีการเตรียมตัวมาก่อนด้วย เพื่อให้นักศึกษาเกิดความคุ้ยเคยกับการพูดภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการอ่าน ที่มีรายข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ มีการจัดกิจกรรมการและการแข่งขันการอ่านในสถาบันฯ และนอกสถาบันฯ เพื่อสร้างทัศนคติและแรงจูงใจให้นักศึกษาสนใจในการอ่านภาษาอังกฤษมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักศึกษาไม่คุ้ยเคยกับการแข่งขันการอ่าน ดังนั้นอาจารย์ผู้สอนควรมีการเก็บคะแนนการอ่านในชั้นเรียนเป็นระยะจากเนื้อหาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาที่ยาก เพื่อให้นักศึกษาเกิดความมั่นใจในทักษะการอ่านของตนมากขึ้น

1.4 ความต้องการกลวิธีในการสอน ด้านทักษะการเขียน ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ มีการสนับสนุนให้นักศึกษาเดินทางไปตามสถานประกอบการต่างๆ และเขียนรายงานเป็นภาษาอังกฤษเมื่อเดินทางกลับมาแล้ว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักศึกษาไม่คุ้ยเคยกับการเก็บข้อมูลนอกสถานที่ และมีความกังวลว่าข้อมูลที่ได้มาจะไม่ครบหรือไม่เป็นที่พอใจของอาจารย์ผู้สอน ดังนั้นอาจารย์ผู้สอนควรมีการฝึกฝนให้นักเรียนได้มีการออกสัมภาษณ์จากสถานที่ใกล้ๆ ก่อน เช่นมีการสัมภาษณ์นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นก่อน แล้วฝึกการเขียนสรุปหรือเขียนรายงาน เพื่อฝึกให้นักศึกษามีความมั่นใจในการถามและเขียนสรุปรายงานจากเนื้อหาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาที่ยากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยเปรียบเทียบความต้องการกลวิธีในการสอนเพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 เพื่อการประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา กับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยอื่นๆ

2.2 ควรมีการวิจัยคุณลักษณะของอาจารย์ในแต่ละด้านในรูปแบบเชิงลึก เช่น คุณลักษณะด้านการเรียนการสอนก็ควรมีการศึกษาถึงรูปแบบ วิธีการเรียนและเทคนิคการสอนที่มีความเหมาะสมกับคุณลักษณะของเนื้อหาวิชา ของนักศึกษาแต่ละคณะ

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2544.

[2] ศิริพร มาวรรณา. ผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงที่มีต่อการเสนอข้อมูล. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร, 2546.

[3] บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2553.

[4] ประนอม ตังปรีชาพาณิชย์. คุณลักษณะและคุณสมบัติของพนักงาน บัญชีที่พึงประสงค์ตามทัศนะของสถานประกอบการ ศึกษา กรณีสถานประกอบการในนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรสาคร. RMUTT Global Business and Economics Review. Vol. 7, No.2. November 2012, 2555

[5] Carrell, Patricical L. and Joan Eisterhold. Schema Theory and ESL Reading Pedagogy.Interactive Approaches to Second Language Readings. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

[6] หัสชัย สิทธิรักษ์. ความสำคัญของการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ. สถาบันภาษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบรายงานการประเมินตนเองแบบ Taxonomy เพื่องานประกันคุณภาพการศึกษา

Taxonomy based Self-Assessment Report System for Educational Quality Assurance

เกษม ทิพย์ธาราจันทร์[1], ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
[1] kasem@tni.ac.th
[2] thitiporn@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรายงานการประเมินตนเองอิเล็กทรอนิกส์ (E-SAR) โดยมุ่งเน้นการพัฒนารูปแบบการจัดเก็บเอกสารและการนำไปใช้งาน ที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบด้วย Taxonomy และการออกแบบ Taxonomy terms ตามโครงสร้างข้อมูลเชิงลำดับชั้นที่สอดคล้องกับโครงสร้างการดำเนินงานของหน่วยงานและเกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษา โดยผู้เป็นเจ้าของเอกสารสามารถจัดเก็บเอกสารอย่างเป็นหมวดหมู่ได้ด้วยตนเองโดยการใช้ Multiple Tags และผู้ที่ต้องการใช้เอกสารในการอ้างอิง สามารถค้นหาด้วยวิธี Tag filtering เพื่อกรองเอกสารที่ต้องการและนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องสำเนาเพิ่มเติม สร้างความสะดวกรวดเร็วในการค้นหาและเชื่อมโยงเอกสารอ้างอิงเพื่อเป็นหลักฐานในการจัดทำรายงานการประเมินตนเอง ระบบรายงานการประเมินตนเองด้วยรูปแบบการจัดเก็บเอกสารที่พัฒนาขึ้นนี้ ถูกใช้เป็นระบบ Intranet ของคณะ หลักสูตร และคณะกรรมการดำเนินงาน เพื่อใช้ในการนำเสนอผลการดำเนินงานต่างๆ ตลอดปีการศึกษา และการส่งเอกสารรายงานตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ เช่น มคอ.3-6 โดยใช้ Timestamp ของระบบเป็นหลักฐานเพื่อตรวจสอบวันที่ส่งเอกสารให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพ ซึ่งผลการดำเนินงานและเอกสาร มคอ. เหล่านี้ถือเป็นข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญในการจัดทำรายงานการประเมินตนเองของคณะ/หลักสูตร โดยผลสำรวจความพึงพอใจจากผู้ประเมินคุณภาพการศึกษาและผู้ที่ทำงานด้านประกันคุณภาพพบว่า มีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจเท่ากับ 4.20 จาก 5 ซึ่งหัวข้อที่มีความพึงพอใจสูงสุด คือ “สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานของตนเองได้” รองลงมาคือ “ในการทำ E-SAR สามารถเชื่อมโยงข้อมูล เอกสารอ้างอิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ”

คำสำคัญ: การจัดหมวดหมู่, รายงานการประเมินตนเอง, การประเมินคุณภาพการศึกษา

Abstract

This research aims to develop taxonomy based document management for electronic self-assessment report (E-SAR) system that arranges information according to the hierarchical relationship of organizational structure and quality assessment standard. The owners of information are able to classify and manage document files into related categories by using multiple tags. The users who want to use the documents for reference can navigate, search and find the required information easily by using tag filtering and use the information without any duplicate. This taxonomy based self-assessment report system is used as the Intranet system of faculty, program and committee to report the achievement throughout the academic year and submit the reports of Thai Qualifications Framework for Higher Education (TQF) such as TQF3-6 with the system timestamp as the evidence to ensure the timely submission. These reports of accomplishment and TQF are very important references for making the self-assessment report of faculty/program. The survey result from assessors and quality assurance related persons shows that the average satisfaction score is 4.20 from 5 with the highest satisfaction of “Ability to apply in your organization” and “Ability to link information/reference efficiently in preparing E-SAR”, respectively.

Keywords: taxonomy, self-assessment report, educational quality assessment

1. บทนำ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เล็งเห็นถึงความสำคัญของงานประกันคุณภาพการศึกษาอันเป็นเครื่องมือขับเคลื่อนการพัฒนาบัณฑิตที่มีคุณภาพออกสู่สังคม ซึ่งการจัดทำรายงานผลการดำเนินงานในแต่ละปีการศึกษานั้น จำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูลหลักฐานต่างๆตลอดปีการศึกษา หรือตลอดช่วงระยะเวลาในการตรวจประเมินผล เพื่อใช้เป็นเอกสารอ้างอิงการรายงานผลการดำเนินงานสำหรับการประเมินคุณภาพที่สอดคล้องกับมาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) นับเป็นภาระงานที่ใช้เวลามากในการค้นหา รวบรวมข้อมูล แยกประเภทและเชื่อมโยงเอกสารระหว่างกัน และบางครั้งเกิดความซ้ำซ้อนเนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมาก และมาจากหลายส่วนงานที่รับผิดชอบ ซึ่งบางส่วนงานยังขาดการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับการดำเนินงานในหน่วยงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบรายงานการประเมินตนเองอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการจัดเก็บและแบ่งประเภทเอกสารสอดคล้องกับการดำเนินงานภายในองค์กรและเกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษา เพื่อให้สามารถบันทึกและจัดเก็บข้อมูลผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินงานอย่างเป็นระบบ และสามารถค้นหาเพื่อจัดทำรายงานผลการดำเนินงานสำหรับงานประกันคุณภาพการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดเวลาในการค้นหาเอกสารที่เกี่ยวข้อง และมีการเชื่อมโยงของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์อย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการจัดทำรายงาน การตรวจประเมินผล และลดการใช้ทรัพยากรอย่างอย่างสิ้นเปลืองเพื่อผลิตเอกสารรายงานต่างๆอีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันสถาบันการศึกษาต่างๆได้พัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการประเมินคุณภาพตนเองเพื่อใช้ในองค์กร ซึ่งมีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ หมวดหมู่ โดยระบบสารสนเทศเพื่อการประเมินคุณภาพการศึกษาที่สำคัญมีดังนี้

- ระบบรายงานการประเมินตนเองอิเล็กทรอนิกส์ โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ [1] ซึ่งแบ่งการรายงานผลการดำเนินงานตามปีการศึกษา องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพการศึกษา โดยมีการเชื่อมโยงของข้อมูลเอกสาร/หลักฐานอ้างอิง ที่จัดเก็บในรูปแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์หรือลิงค์ของเว็บไซต์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง นับเป็นลักษณะพื้นฐานของการจัดทำระบบรายงานการประเมินตนเอง โดยมีมหาวิทยาลัยต่างๆได้พัฒนาในรูปแบบการทำงานที่คล้ายคลึงกัน เช่น ระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานการประเมินตนเองออนไลน์ สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา [2] E-SAR สำนักงานประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [3] ระบบจัดเก็บข้อมูลงานประกันคุณภาพการศึกษาออนไลน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต [4] ระบบ SAR Online มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา [5]

- ระบบสารสนเทศเพื่อการประกันคุณภาพและการบริหารงาน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [6] ซึ่งมีการจำแนกกลุ่มงานตามพันธกิจ ได้แก่ การเรียนการสอน การวิจัย การบริการวิชาการแก่สังคม และวิเคราะห์โครงสร้างการบริหารงาน เพื่อจัดทำระบบสารสนเทศในการบันทึกข้อมูลผลการดำเนินการและแสดงผลให้สอดคล้องกับประเภทผู้ใช้งาน เช่น การบันทึกข้อมูลของเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูลภาควิชา/หน่วยงาน สามารถบันทึกผลการดำเนินการในด้านต่างๆ อาทิ ข้อมูลงานวิจัย/นำเสนอ/ตีพิมพ์ ข้อมูลคำสั่งแต่งตั้ง/กรรมการ ข้อมูลกิจกรรมในรอบปี ข้อมูลแผนงานโครงการ เป็นต้น ผู้บริหารภาควิชา/หน่วยงาน/ผู้บริหารคณะฯ สามารถแสดงผลที่ได้รวบรวมสารสนเทศทั้งหมดและแสดงสารสนเทศเฉพาะภาควิชา/หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลการเรียนการสอน ข้อมูลฐานข้อมูลประกอบตัวชี้วัด ข้อมูลบุคลากร เป็นต้น เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการบริหารงานด้านต่างๆ โดยฐานข้อมูลมีการเชื่อมโยงกันในงานที่เกี่ยวข้องและมีข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน เป็นประโยชน์เพื่อการประกันคุณภาพและการตัดสินใจ นอกจากนี้ยังมีระบบสารสนเทศคณะเพื่องานประกันคุณภาพของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และมหาวิทยาลัยมหิดล [7], [8] ระบบฐานข้อมูลประกันคุณภาพการศึกษา สำหรับการจัดทำ SAR Online คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา [9] ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกันคือ บันทึกข้อมูลตามประเภทข้อมูล เช่น นวัตกรรมของคณะ การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม กิจกรรมคณะ วิทยานิพนธ์และการตีพิมพ์/นักศึกษารับรางวัล โครงการบริการวิชาการ เป็นต้น

- ระบบสารสนเทศเพื่อการประกันคุณภาพการศึกษา สถาบันคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยรามคำแหง [10] ซึ่งพัฒนาและออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลผลการดำเนินงานได้ตามปีการศึกษา องค์ประกอบ ตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษา หรือจะเลือกดูข้อมูลแบ่งตามหน่วยงานย่อยต่างๆ โดยตัวแทนของแต่ละหน่วยงานจะได้รับข้อมูล User และ Password เพื่อบันทึกและอัพโหลดผลการดำเนินงาน นอกจากนั้นยังมีการจัดเก็บเอกสาร มคอ. อย่างเป็นระบบ แบ่งตามประเภท มคอ. ชื่อหน่วยงาน ภาควิชา หลักสูตร ภาคการศึกษา ปีการศึกษา วิชา และสืบค้นได้ง่ายตามประเภทการจัดเก็บ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต่อยอดระบบสารสนเทศเพื่อการประกันคุณภาพในปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นให้คณาจารย์และบุคลากรของหน่วยงานทุกคนได้มีส่วนร่วมในการบันทึกข้อมูลกิจกรรม ผลการดำเนินงานต่างๆที่รับผิดชอบได้เองในระบบตลอดปีการศึกษา ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน โดยนำหลักการพื้นฐานของการใช้ Metadata tag มาประยุกต์ในการออกแบบระบบ ประกอบด้วย

1. Taxonomy terms design

ซึ่งแบ่งประเภทข้อมูลโดยคำนึงถึงรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อออกแบบหมวดหมู่ข้อมูลจากผลการวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานข้อมูลและบุคคลที่เกี่ยวข้องตามวัตถุประสงค์การใช้งานของข้อมูล โดยอ้างอิงข้อมูลประกอบการพิจารณาส่วนหนึ่งจาก [11].

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ Taxonomy terms

บุคคลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล	ลักษณะการใช้งานข้อมูล
ผู้สร้างข้อมูล	การไหลของข้อมูล
ผู้เก็บรักษาข้อมูล	สถานะของข้อมูล
ผู้ใช้งานข้อมูล	ลำดับชั้น/ลำดับความสำคัญของข้อมูล
	โครงสร้าง/องค์ประกอบของข้อมูล
	ความถี่ของข้อมูล

2. Collaborative tagging

โดยใช้วิธีการทำงานร่วมกันคือ ให้ผู้สร้างและผู้ใช้งานข้อมูล เพิ่ม Tag ได้ตามประเภทข้อมูลที่กำหนดเมื่อพิจารณาเห็นว่าในส่วนความรับผิดชอบมีความเกี่ยวข้องกัน

3. Tag filtering

ในการ Navigate หรือการค้นหาข้อมูลเพื่อประกอบการจัดทำเอกสารรายงาน ทำได้โดยการกรองด้วย Tag ข้อมูล ซึ่งแยกหมวดหมู่ตามประเภทข้อมูลที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบรายงานการประเมินตนเองแบบ Taxonomy เพื่องานประกันคุณภาพการศึกษา มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่สำคัญคือ

- Taxonomy terms design โดยการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ Taxonomy terms ในตารางที่ 1 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งหมวดหมู่ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการจัดทำรายงานการประเมินตนเองเพื่องานประกันคุณภาพการศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หมวดหมู่ประเภทเอกสารสำหรับงานประกันคุณภาพการศึกษา

หมวดหมู่เอกสารตามบุคคลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล	หมวดหมู่เอกสารตามลักษณะการใช้งานข้อมูล
คณะกรรมการดำเนินงาน	โครงสร้างข้อมูล: ● **เกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษา (องค์ประกอบ และตัวบ่งชี้)** ● *มคอ.*
หลักสูตร	ความถี่ของข้อมูล: ● *เอกสารเข้า* ● *เอกสารออก* ● *รายงานการประชุม*

ซึ่งประกอบด้วย 2 โครงสร้างหลักคือ(ตัวอักษรหนา) โครงสร้างการดำเนินงานของหน่วยงาน และโครงสร้างเกณฑ์มาตรฐานการประเมินคุณภาพการศึกษา และ 2 โครงสร้างรองคือ(ตัวอักษรเอียง) มคอ. และชนิดเอกสาร

- ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบัน อาทิ Google Apps, Open-Source Content Management Framework (CMS) เช่น WordPress, Joomla, Drupal ในการพัฒนารูปแบบการจัดเก็บข้อมูลและระบบ E-SAR โดยระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้นำ Drupal มาเป็นเครื่องมือในการจัดการเนื้อหาเว็บไซต์ ได้แก่ การลงทะเบียนผู้ใช้, การจัดการเมนู และ Taxonomy

- ทดสอบระบบโดยการนำไปใช้งานกับบุคลากรในหน่วยงาน และผู้เกี่ยวข้องด้านงานประกันคุณภาพ โดยในการบันทึกเอกสารข้อมูลทุกครั้งจะมีการระบุ Tag ที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพ และ/หรือโครงสร้างการดำเนินงานของหน่วยงาน และ/หรือชนิดเอกสาร โดยเจ้าของเอกสารสามารถระบุได้มากกว่าหนึ่ง Tag และผู้เกี่ยวข้องสามารถเพิ่มเติม Tag ได้ หากพบว่าเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์มีความเชื่อมโยงกัน สามารถใช้อ้างอิงร่วมกันได้ (Collaborative tagging)

- ประเมินผลความพึงพอใจโดยผู้ประเมินคุณภาพการศึกษา และผู้ที่ทำงานด้านประกันคุณภาพที่เกี่ยวข้องด้วย paper-based questionnaire และ web-based questionnaire โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ Likert Scale กำหนดน้ำหนักของตัวเลือกเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 โดยหมายถึง มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ และแปลความค่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเป็นดังนี้

4.51 - 5.00 แปลได้ว่า พึงพอใจมากที่สุด
3.51 - 4.50 แปลได้ว่า พึงพอใจมาก
2.51 - 3.50 แปลได้ว่า พึงพอใจปานกลาง
1.51 - 2.50 แปลได้ว่า พึงพอใจน้อย
0.00 - 1.50 แปลได้ว่า พึงพอใจน้อยที่สุด

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการ Taxonomy ด้วยการจัดการข้อมูลแบบ Multiple tags เพื่อพัฒนาระบบรายงานการประเมินตนเอง ประยุกต์ใช้สำหรับคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ซึ่งผลการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศที่ใช้เป็นตัวอย่างในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งกลุ่มผู้เป็นเจ้าของ/บุคคลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลได้ดังนี้

- เลขานุการ ทำหน้าที่เก็บเอกสารเข้าและออก เช่น คำสั่ง ระเบียบข้อบังคับ จดหมายเข้ามายังหน่วยงาน จดหมายเชิญวิทยากร บันทึกข้อความต่าง ๆที่ส่งไปยังหน่วยงานภายนอก รายงานการประชุม คณาจารย์ เป็นต้น

- คณะกรรมการคณะที่แต่งตั้งขึ้น เพื่อปฏิบัติงานให้เป็นไปตามแผนยุทธศาสตร์ และแผนปฏิบัติการประจำปี รวมทั้งให้สอดคล้องกับระเบียบข้อบังคับ และกฎเกณฑ์ตามที่หน่วยงานกำกับได้กำหนดไว้

- หลักสูตร เก็บรวมรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร เช่น เอกสาร มคอ.2-7 รายงานการประชุมและการประเมินคุณภาพระดับหลักสูตร เป็นต้น

โดยมีการออกแบบประเภทของ Tag ต่าง ๆตามหมวดหมู่ในตารางที่ 2 ที่สอดคล้องกับโครงสร้างการดำเนินงานของหน่วยงานและการประกันคุณภาพการศึกษา ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 หมวดดังนี้

1. ชนิดเอกสาร (เอกสารเข้า เอกสารออก รายงานการประชุม)
2. คณะกรรมการคณะ เช่น คณะกรรมการวิชาการและการเรียนการสอน คณะกรรมการบริหารความเสี่ยง เป็นต้น
3. มคอ. (3, 4, 5, 6)
4. หลักสูตร (IT, MT, BI, MIT)
5. องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษา

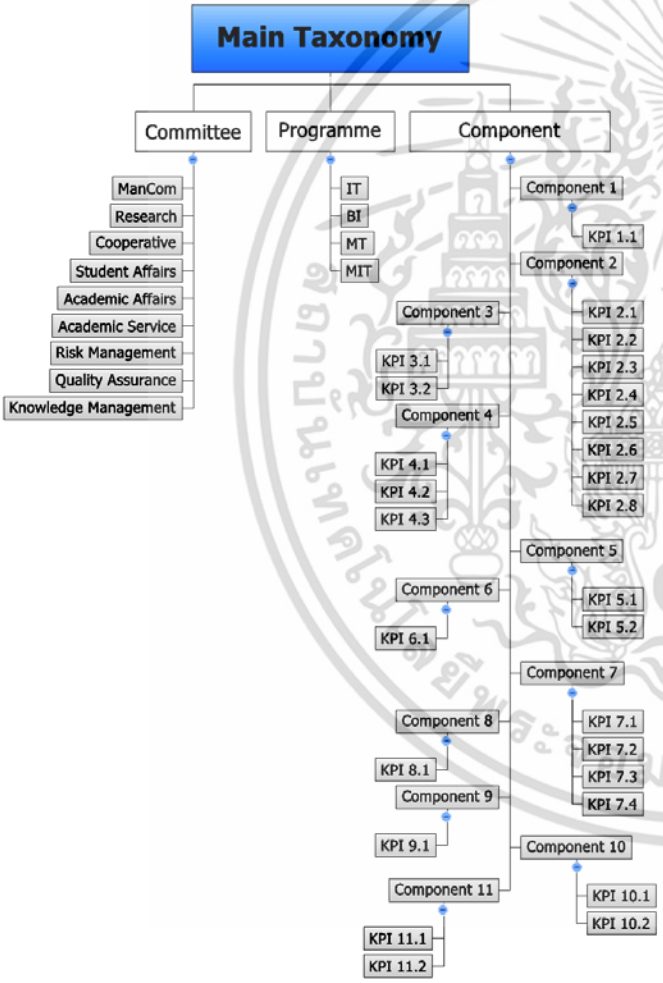
โดยมี Main taxonomy (หมวดที่ 2, 4 และ 5) สรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งถูกเลือกให้เป็นเมนูหลักของระบบเพื่อการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

4. ผลการวิจัย

ระบบรายงานการประเมินตนเองที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้ มีการเชื่อมโยงของข้อมูลเอกสารอ้างอิงต่าง ๆอย่างเป็นระบบ เช่น ข้อมูลสรุปผลรายวิชาที่เปิดสอนของหลักสูตรในปีการศึกษา ซึ่งมีการเชื่อมโยงกับเอกสาร มคอ.3 และ 5 ในทุกรายวิชา ดังแสดงในรูปที่ 2 รายงานการประเมินตนเองของคณะจัดทำตามรูปแบบเกณฑ์การประกันคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเนื้อหารายงานสามารถคลิ๊กที่ข้อความ/เลขเอกสารอ้างอิง และเชื่อมโยงไปยังเอกสารที่เกี่ยวข้องได้ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยผู้ประเมินสามารถทำการประเมิน ตรวจสอบเอกสารอ้างอิงได้อย่างสะดวกรวดเร็วผ่านระบบแบบ Online เป็นการจัดเก็บข้อมูลด้วยหลักการ Taxonomy โดยผู้เป็นเจ้าของข้อมูล/ผู้เกี่ยวข้องเลือก Tag ตามประเภทข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ ดังตัวอย่าง Tag ประเภทข้อมูลของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศในรูปที่ 4 และผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลที่แยกเป็นหมวดหมู่ได้จากเมนูด้านบนของเว็บไซต์ประกอบด้วย คณะกรรมการ (รูปที่ 5) องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์การประกันคุณภาพ (รูปที่ 6) หลักสูตร (รูปที่ 7) และมีระบบ Login เพื่อแยกประเภทและสิทธิ์ในการเข้าถึงและอัพเดทข้อมูล



รูปที่ 1 ตัวอย่าง Main taxonomy ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

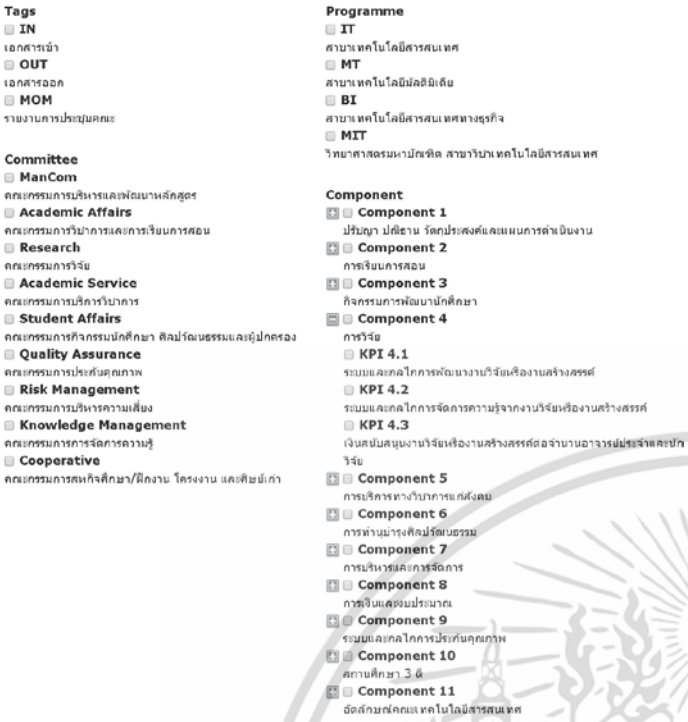
1. สรุปผลรายวิชาที่เปิดสอนในภาคการศึกษา/ปีการศึกษา
(ข้อมูลจากงานการเรียนการสอนเมื่อสิ้นปีการศึกษา)

รายวิชา	การกระจายระดับคะแนน										
	A	B+	B	C+	C	D+	D	F	S	U	W
ภาคการศึกษาที่ 1/2555											
CPE-201 (TQF3, TQF5) : โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริธึม	8	2	14	15	25	12	21	-	-	-	4
ENL-101 (TQF3, TQF5) : ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1	16	12	17	20	18	3	6	6	-	-	4
ENL-201 (TQF3, TQF5) : ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 3	24	17	27	23	10	-	1	-	-	-	1
HUM-104 (TQF3, TQF5) : อารยธรรมญี่ปุ่นและเอเชียตะวันออก	5	13	13	12	-	-	-	-	-	-	-
HUM-108 (TQF3, TQF5) : พุทธศาสน์	-	1	5	6	-	-	-	-	-	-	-

รูปที่ 2 ตัวอย่างการเชื่อมโยงเอกสาร มคอ.3 และ 5 ใน E-SAR ระดับหลักสูตร

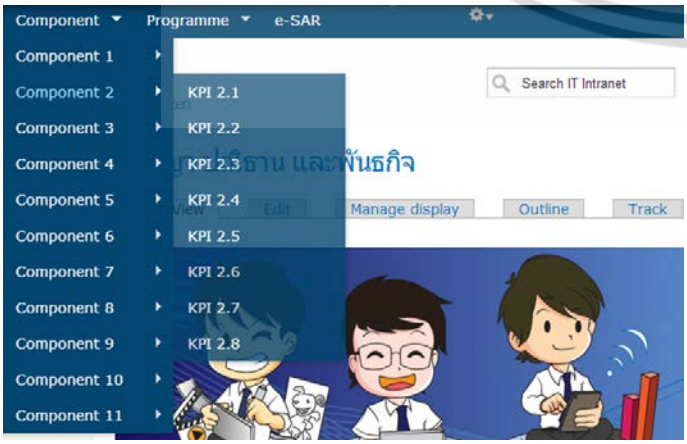
รูปที่ 3 ตัวอย่างการเชื่อมโยงเอกสารอ้างอิง องค์ประกอบที่ 5 ตัวบ่งชี้ที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

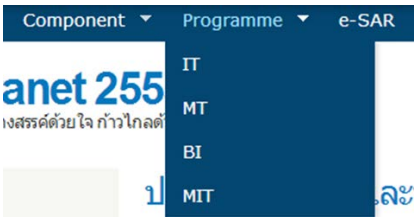


รูปที่ 4 ตัวอย่าง Tag ประเภทข้อมูลของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

รูปที่ 5 เมนูการแบ่งหมวดหมู่เอกสารตามคณะกรรมการดำเนินงาน



รูปที่ 6 เมนูการแบ่งหมวดหมู่เอกสารตามองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษา



รูปที่ 7 เมนูการแบ่งหมวดหมู่เอกสารแยกตามหลักสูตร

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ถูกใช้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตรและคณะของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีผลประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับระบบ E-SAR ของผู้ประเมินคุณภาพการศึกษาและผู้ที่ทำงานด้านประกันคุณภาพ จำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมของระดับความพึงพอใจในแต่ละหัวข้ออยู่ในระดับ พึงพอใจมาก มีค่าเท่ากับ 4.20 จากคะแนนเต็ม 5.00 โดยหัวข้อที่มีผลประเมินความพึงพอใจสูงสุดคือ “สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานของท่านได้” มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 (SD = 0.71) รองลงมาคือ “ในการทำ E-SAR สามารถเชื่อมโยงข้อมูล เอกสารอ้างอิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ” มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 (SD = 0.64) ซึ่งในทุกหัวข้อมีผลประเมินอยู่ในระดับ พึงพอใจมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับระบบ E-SAR

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ระดับความพึงพอใจ	SD
ความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลตามโครงสร้างการดำเนินงานของหน่วยงาน	4.10	0.61
สามารถจัดเก็บข้อมูลตามหมวดหมู่เกณฑ์มาตรฐานการประเมินคุณภาพการศึกษาได้อย่างเป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูลและเอกสารอ้างอิง	4.20	0.61
ในการทำ E-SAR สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเอกสารอ้างอิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.27	0.64
เพิ่มความสะดวกในการจัดทำ E-SAR	4.23	0.68
มีความสะดวกในการติดตามและตรวจสอบผลการดำเนินงานของหน่วยงานได้ตลอดปีการศึกษา	4.07	0.69
สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานของท่านได้	*4.33*	0.71
ความสะดวกในการตรวจประเมิน E-SAR	4.23	0.57
ความพึงพอใจโดยภาพรวม	4.13	0.57
ค่าเฉลี่ย	**4.20**	

5. สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบรายงานการประเมินตนเองเพื่องานประกันคุณภาพการศึกษาในงานวิจัยนี้ มีพื้นฐานที่สำคัญคือรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลผลการดำเนินงานตามโครงสร้างการทำงานของหน่วยงานและเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษา โดยใช้หลัก Taxonomy ด้วยการจัดการข้อมูลแบบ Multiple tags และมุ่งเน้นให้บุคลากรผู้รับผิดชอบโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือกิจกรรมที่เป็นเจ้าของข้อมูลนั้นๆเป็นผู้มีส่วนร่วมในการรายงานผลและจัดเก็บข้อมูลด้วยตนเองตลอดปีการศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนได้มีส่วนร่วมในการตรวจสอบข้อมูลให้มีความเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ การจัดประเภทของข้อมูลเอกสารที่สอดคล้องกับการดำเนินงานของหน่วยงานอย่างต่อเนื่อง จะทำให้สะดวกและง่ายต่อการจัดทำรายงานการประเมินตนเองอิเล็กทรอนิกส์ สามารถค้นหาข้อมูล เอกสารอ้างอิงของการดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว รายงานมีการเชื่อมโยงของข้อมูลอย่างเป็นระบบ ครบถ้วนสมบูรณ์ ลดเวลาในการจัดทำและตรวจประเมินคุณภาพ โดยผลประเมินความพึงพอใจของระบบรายงานการประเมินตนเองที่พัฒนาขึ้นนี้ อยู่ในระดับพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 จาก 5.00 และหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจสูงสุดคือ การสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานของตนเองได้ ทั้งนี้ระบบได้ออกแบบให้มีความยืดหยุ่น สามารถปรับเมนูและ Taxonomy terms ให้สอดคล้องกับการดำเนินงานของแต่ละหน่วยงาน/คณะ/มหาวิทยาลัยได้ รองรับการแก้ไข อัพเดทข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูลอย่างอัตโนมัติ ซึ่งข้อเสนอแนะจากผู้ใช้ระบบรายงานการประเมินตนเองในแต่ละปีการศึกษาได้ถูกนำไปพัฒนาปรับปรุงระบบให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน การปรับเปลี่ยนโครงสร้างการดำเนินงานของหน่วยงานและเกณฑ์การประเมินคุณภาพการศึกษา เพื่อให้การจัดทำรายงานการประเมินตนเองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย และนักศึกษา/บุคลากรฝ่ายสนับสนุนผู้ช่วยงานวิจัยทุกคน ได้แก่ นายธนศีล คิชิโมโตะ ผู้ช่วยงานด้าน CMS Website, นายวิศิษฐ์ ทองบุญเรือง ผู้ช่วยงานด้าน Banner Website, ศูนย์สารสนเทศและการสื่อสาร (ICC) โดยเฉพาะคุณดลวิชิต จันทร์นาม ในการสนับสนุนเรื่อง Server และการบำรุงรักษาระบบ และนักศึกษาผู้ช่วยงานด้านเอกสารอิเล็กทรอนิกส์และอื่นๆ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันภาษา ศิลปะและวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, “ระบบรายงานการประเมินตนเองอิเล็กทรอนิกส์,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://www.ilac.cmru.ac.th/e-sar

[2] สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, “ระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานการประเมินตนเองออนไลน์ (e-SAR),” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก Available: http://e-sar.buu.ac.th/e-sar

[3] สำนักงานประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, “E-SAR,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://www.qa.psu.ac.th/e-sar.html

[4] มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, “คู่มือการใช้งานระบบจัดเก็บข้อมูลงานประกันคุณภาพการศึกษาออนไลน์,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://qa.pkru.ac.th/file_upload_temp/5B8ACF32M.pdf

[5] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, “ระบบ SAR Online,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://qa.src.ku.ac.th/QAsar/doc_sar.pdf

[6] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, “ระบบสารสนเทศเพื่อการประกันคุณภาพและการบริหารงาน,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://www.qa.ku.ac.th/Download/bestpractices2554/2554w/2554w_Veterinary%20Medicine.PDF

[7] เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร, ไพศาล กาญจนวงศ์ และอาบทิพย์ มงคลเทพ, “ระบบสารสนเทศคณะเพื่องานประกันคุณภาพ,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://www.ns.mahidol.ac.th/english/KM/FIS/fis_qa.pdf

[8] เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร, ไพศาล กาญจนวงศ์ และอาบทิพย์ มงคลเทพ, “เอกสารประกอบการอบรมการบันทึกข้อมูลระบบสารสนเทศคณะเพื่อการบริหารจัดการและการประกันคุณภาพการศึกษา,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://www.ns.mahidol.ac.th/english/KM/FIS/fis_data.pdf

[9] อิทธิพัทธ์ โยธะพันธ์, “การจัดทำ SAR Online คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา,” วารสารวิจัยรำไพพรรณี, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, เดือนตุลาคม 2555 - มกราคม 2556, หน้าที่ 56-64

[10] สถาบันคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, “ระบบสารสนเทศเพื่อการประกันคุณภาพการศึกษา,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558 จาก http://www.reportqa.ru.ac.th/report_qa2013/app

[11] TechRepublic, “*Understanding information taxonomy helps build better apps*,” June 25, 2003. [Online]. Available: http://www.techrepublic.com/article/understanding-information-taxonomy-helps-build-better-apps. [Accessed: April 10, 2015].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโมเดล QoS เพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

QoS Model Development for Software Quality Installation Improvement via P2P methods with supported by Fuzzy Logic

ยุรนันท์ มูซอ[1], ธงชัย แก้วกิริยา[2]
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250
[1] yuranan@tni.ac.th
[2] thongchai@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ครั้งละหลายเครื่องในเวลาเดียวกัน ปัจจุบันใช้วิธีสร้างไฟล์ต้นฉบับ (Image file) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ จากนั้นนำไฟล์ที่ได้ไปเก็บไว้ที่เครื่อง Server เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ Client ได้เข้ามาดาวน์โหลด Image file แล้วไปติดตั้งที่เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Client - Server งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอแบบจำลองการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทีละหลายเครื่องบนเครือข่าย Peer to Peer (P2P) แบบมีการประกันคุณภาพการให้บริการ Quality of service (QoS) แบบจำลองประกอบด้วย 5 โมดูลย่อยดังต่อไปนี้ 1) Broadcast Check Alive Node module ทำหน้าที่ตรวจสอบโนดทั้งหมดในเครือข่าย 2) Check Bandwidth module ตรวจสอบแบนด์วิธที่แต่ละโนดได้รับว่ามีจำนวนแบนด์วิธเท่าใด 3) Routing Peer module ทำหน้าที่รับข้อมูลจากสองโมดูลที่ผ่านมาแล้วนำมาหาจำนวนโนดทั้งหมด 4) Selected QoS module จัดลำดับความสำคัญ และความเหมาะสมว่าโนดที่มีแบนด์วิธน้อย จะต้องจับคู่ดาวน์โหลดกับโนดที่มีแบนด์วิธมากกว่าโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) 5) Download Best Priority module ทำหน้าที่การดาวน์โหลดไฟล์ ของโนดที่ผ่านกระบวนการทำ QoS แล้ว 6) Failure Detector module ใช้ตรวจสอบความผิดพลาดของโนดแบบเรียลไทม์ หากมีโนดใดๆ เกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการดาวน์โหลด ผลการประเมินผลโมเดลจากผู้เชี่ยวชาญได้ค่าเฉลี่ย 4.00 จากคะแนนเต็ม 5.

คำสำคัญ: Peer to Peer, Quality of service, Fuzzy logic

1. บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ถือได้ว่าเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญทางด้านการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นระดับมัธยมศึกษาหรือระดับอุดมศึกษา ล้วนแล้วแต่มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ในแต่ละห้องปฏิบัติการจะมีจำนวนมากกว่า 40 เครื่องขึ้นไป และมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกๆปี เมื่อมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนประกอบกับผู้ใช้งานที่สับเปลี่ยนกันใช้งาน ปัญหาหลายอย่างที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ก็ตามมาเช่น คอมพิวเตอร์บูทเข้าใช้งานไม่ได้, คอมพิวเตอร์ติดไวรัส และเครื่องคอมพิวเตอร์ช้า การแก้ปัญหาที่ดีที่สุดคือการ Format เครื่องและติดตั้งระบบปฏิบัติการใหม่ แต่ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการใหม่จำเป็นจะต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงต่อเครื่อง

การติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทีละหลายเครื่องในเวลาเดียวกัน ปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่นิยมนำมาใช้งานคือ Norton Ghost ซึ่งเป็นการทำไฟล์ต้นฉบับ (Image file) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ จากนั้นนำไฟล์ที่ได้ไปเก็บไว้ที่เครื่อง Server เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ Client ได้เข้ามาดาวน์โหลด Image file ไปเก็บไว้ที่เครื่อง จากนั้นทำการคลาย Image file ที่เครื่องปลายทางทีละเครื่อง ดังกล่าวมานี้เป็นวิธีการติดตั้งระบบปฏิบัติการแบบ Client – Server ซึ่งมีจำกัดคือหากเครื่อง Server เกิดขัดข้องระหว่างที่ Client กำลังดาวน์โหลดไฟล์อยู่จะทำให้การติดตั้งระบบปฏิบัติการที่ดำเนินการอยู่ทั้งหมดไม่สามารถดำเนินการติดตั้งต่อไปได้

จากข้อจำกัดของการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Client - Server ที่กล่าวมา [1] ได้เสนอโมเดลที่จะนำโปรโตคอล Peer-to-Peer (P2P) ที่มีความสามารถในการสนับสนุนการรับ-ส่งไฟล์แบบแยกส่วนและมีช่องทางการสื่อสารมากกว่าหนึ่งช่องทางในการรับ-ส่งไฟล์มาใช้งานร่วมกับการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการนำ Image file เก็บไว้ที่เครื่องแม่ข่าย (Server) เพื่อการกระจาย Image file ให้แก่เครื่องลูกข่าย (Client) ผ่านทางระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อระหว่างกันโดยเป็นการเชื่อมต่อกันแบบ P2P อย่างไรก็ตามเครือข่าย P2P ยังคงมีข้อจำกัดอยู่คือ การเข้าลำดับคิวการให้บริการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำการประกันคุณภาพการให้บริการ Quality of service (QoS) [2] ซึ่งจะช่วยการจัดลำดับความสำคัญในการส่งข้อมูลโดยจะเน้นในส่วนของการจัดลำดับความสำคัญในการส่งข้อมูลด้วยการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเคลือ Fuzzy logic ช่วยตัดสินใจเลือกเทคนิคการจัดการคิว (Queuing) จาก 3 แบบ คือการจัดคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน (First-in-First-out : FIFO) แบบการจัดลำดับคิว (Priority Queue :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PQ) และแบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queuing : WFQ) เพิ่มประสิทธิภาพในการติดตั้งระบบปฏิบัติการให้ดียิ่งขึ้น

2. งานวิจัยที่ผ่านมา

กิติศักดิ์ วัฒนกุล [3] ได้นำเสนอวิธีการนำเทคนิคการกระจายไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ (Peer-to-Peer) โดยใช้โพรโทคอลบิททอเรนท์ มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการดาวน์โหลดไฟล์ วีดีโออีเลิร์นนิ่ง ช่วยลดความคับคั่งในการรับ - ส่งข้อมูลจากเครื่อง Server และช่วยให้การดาวน์โหลดไฟล์วีดีโอสามารถทำได้เร็วยิ่งขึ้น จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพทางด้านเวลาในการกระจายไฟล ด้วยโพรโทคอล HTTP เปรียบเทียบกับการกระจายไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์

ขนิษฐา อุสาใจ [4] นำเสนอวิธีการเปรียบเทียบเทคนิคในการประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) สำหรับข้อมูลภาพ (Video) และเสียง (Voice) ด้วยการจัดการคิวซึ่งเป็นการนำเทคนิคการจัดคิวการให้บริการแพ็คเกจ (Packet) จำนวน 3 เทคนิค คือ การจัดคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน (First-in-First-out : FIFO) แบบการจัดลำดับคิว (Priority Queue : PQ) และแบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queuing : WFQ) ด้วยโปรแกรมจำลองเครือข่ายเสมือนจริงออปเน็ต (OPNET) เพื่อหาค่าหน่วง (Delay) การเปลี่ยนแปลงของดีเลย์ (Jitter) ค่าการสูญหายของแพ็คเกจ(Packet Loss) ปริมาณการจราจร (Traffic) และค่าช่องสัญญาณ ที่ส่งได้ (Throughput) พบว่าการใช้เทคนิคแบบการให้น้ำหนัก (WFQ) ได้ผลการทดลองที่ดี จึงเหมาะสมสำหรับการประกันคุณภาพ (QoS) ของข้อมูลภาพ และสำหรับการประกันคุณภาพ (QoS) ของข้อมูลเสียงนั้น พบว่าการจัดคิวแบบจัดลำดับคิว (PQ) และแบบการให้น้ำหนัก (WFQ) ได้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน จึงมีความเหมาะสมพอๆ กัน

จิตติมา นิตยวรรณ, เฉลิมพล ชาญศรีภิญโญ, โสพส ชคัตตรยาพงษ์, และ ธวัชชัยเอี่ยมไพโรจน์ [5] ได้นำเสนอการจัดการปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรแบนด์วิธให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ โดยการใช้โปรแกรมการจัดการแบนด์วิธของเครือข่ายด้วย QoS Generator โดยเป็นโปรแกรมประเภท WebApplication ที่มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่ายขององค์กรต่างๆ โดยจะทำการติดตั้งบนเครื่อง Server ที่ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ โดยอาศัยหลักการของการติดต่อกับเคอร์เนลของลีนุกซ์โดยผ่านการสร้างชุดคำสั่งต่างๆ (Generated Command) ผ่านทางตัวโปรแกรมโดยตัวโปรแกรมนั้นเน้นการออกแบบอินเตอร์เฟสให้ใช้งานได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งยังเป็นระบบที่สามารถติดตั้งได้โดยง่ายเหมาะสำหรับใช้ในการควบคุมปริมาณข้อมูลและจัดการบริหารปริมาณแบนด์วิธสำหรับรองรับบริการต่างๆที่จำเป็นจะต้องใช้งานในเครือข่ายขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นนทพน รัตนพิทยาภรณ์ [6] ได้นำเสนอวิธีเลือกจัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตข้อมูลตามลำดับความสำคัญก่อนออกจาก SritrangNet ไปยังอินเทอร์เน็ตโดยพัฒนาเครื่องมือชื่อ Traffic Management (TMg) ประกอบด้วยเทคนิคการจัดคิวสามแบบ คือ Fist-In First-Out (FIFO), Priority Queueing (PQ) และ Class-Based Queueing (CBQ) และเครื่องมือ Traffic Tools เป็นชุดเครื่องมือสำหรับบันทึกข้อมูลในเครือข่ายและจำลองส่งแพ็กเก็ตเข้าสู่เครือข่ายผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อเกิดความคับคั่งในเครือข่าย หรือเมื่อได้จำกัดปริมาณข้อมูลที่ส่งออกจาก SritrangNet วิธีการจัดคิวทั้ง 3 ให้ผลการบริการนำส่งแพ็กเก็ตต่างระดับความสำคัญสอดคล้องกับวิธีการนั่นๆโดย PQ และ CBQ ให้ผลการบริการดีกว่า FIFO ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายการจัดระดับความสำคัญให้กับแพ็กเก็ต

Shubhangi Rastogi and Samir Srivastava [7] ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการจัดคิวการให้บริการของแพคเก็ตภายในเร้าเตอร์จึงได้ทำการเปรียบเทียบระหว่าง 3 วิธีการจัดคิวคือ วิธีที่ 1 First in First out (FIFO), วิธีที่ 2 Priority Queue (PQ), วิธีที่ 3 Fair Queue (WFQ) ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองคือ วิธีการจัดคิวแบบ Weighted Fair Queuing (WFQ) ไม่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้งานในโปรแกรมประยุกต์ เช่น VOIP, การประชุม Conference เนื่องจากมีกระบวนการทำงานเยอะจึงอาจทำให้เกิดการ Delay ขึ้นในเครือข่ายได้ ซึ่งแตกต่างกับวิธีการจัดคิวแบบ First in First out (FIFO) ที่จัดการคิวได้อย่างรวดเร็วเพราะวิธีนี้ไม่ต้องการเก็บค่าคอนฟิกของแพคเก็ต

วีระชัย แย้มวจี [8] ได้นำเสนอการศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่าย กับโพรโทคอลค้นหาเส้นทาง ได้แก่ โพรโทคอล DSDV (Destination Sequenced Distance Vector), โพรโทคอล DSR (Dynamic Source Routing) และโพรโทคอล AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector) ด้วยการทดลองบนระบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรมเน็ตเวิร์คซิมมูเลเตอร์ 2 (Network Simulator 2: NS-2) แล้วทำการปรับปรุงด้วยวิธีการทางตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ตั้งชื่อโพรโทคอลใหม่ให้ว่า FzAODV ทดสอบการทำงาน AODV กับ FzAODV เปรียบเทียบประสิทธิภาพ AODV กับ FzAODV ขั้นตอนสุดท้ายคือวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองของการเพิ่มตรรกศาสตร์คลุมเครือบนแบบจำลอง

Ansuman Mahapatra, Nachiketa Tarasia, Anuja Ajay, and Soumya Ray [9] ได้นำเสนอการนำ Fuzzy Inference system เข้ามาช่วยจัดการ ระหว่าง Peer ในเครือข่าย Bittorrent P2P โดยใช้ Fuzzy Logic Toolbox ในโปรแกรม Matlab เพื่อจำลองการนำ Fuzy logic แบบ Mamdani-type มาใช้งาน

Suardinata and Kamalrulnizam Bin Abu Bakar [10] ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

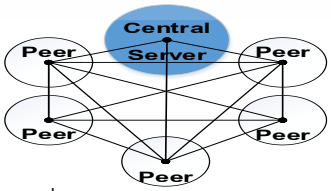
ปรับปรุงโพรโทคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ ซึ่งปัญหาที่พบปัจจุบันคืออุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ได้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นทางการสื่อสารอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการสื่อสารลดลง

Suardinata, Kamalrulnizam bin Abu Bakar, and Nimitr Suanmali [11] ได้นำเสนอวิธีการจัดการคิวของแพ็คเก็ตที่เข้ามาในการส่งข้อมูลแบบ Voice Over IP: VOIP เพื่อลดความแออัดภายในเครือข่ายเน็ตเวิร์ค โดยการนำ Quality of Service (QoS) มาช่วยลดความล่าช้าและการสูญเสียแพ็คเก็ตข้อมูลในเครือข่าย โมเดลที่ผู้วิจัยได้นำเสนอแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ คือ กระบวนการที่ 1 Queuing phase มีการนำจัดลำดับความสำคัญของแพ็คเก็ต โดยนำ Fuzzy logic เข้ามาปรับใช้ร่วมกับ PQ algorithms หลังจากผ่านกระบวนการนี้แพ็คเก็ตจะถูกแบ่งแยกออกเป็น Voice มีความสำคัญเป็น High, Video มีความสำคัญเป็น Medium, และ Text มีความสำคัญเป็น Low กระบวนการที่ 2 Classifying phase และกระบวนการที่ 3 Scheduling phase

Shilpa N. Ingoley and Madhu Nashipudi [12] ได้นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาความแออัด และปัญหาคอขวด Bottleneck ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยการนำ Fuzzy Logic Controller (FLC) และ Fuzzy Inference System (FIS) เข้ามาช่วยจัดการ การจราจรเพื่อป้องกันไม่ให้แพ็คเก็ตเกิดการ ตกค้างและเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความแออัดผลที่จะได้รับการกำหนดระดับของการใช้คิวและให้เพียงพอระดับของการควบคุมความแออัด

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer (P2P) [13] เป็นเทคโนโลยีช่วยแลกเปลี่ยนข้อมูล บริการ และ ทรัพยากรอื่นๆในเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่อยู่บนเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องมีคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Central Server) ซึ่งต่างจากระบบ Client-Server ซึ่งต้องมีคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) คอยให้บริการตามคำขอของเครื่องลูกข่าย (Client) ในการขอข้อมูลบริการ และไฟล์ข้อมูล Peer-to-Peer จะมีการทำงานในลักษณะที่เป็น Decentralization ส่วนระบบ Client-Server มีการทำงานเป็นแบบ Centralization งานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้ Hybrid Peer-to-Peer ซึ่งเป็นโมเดลแบบมีเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ที่ทำหน้าที่ควบคุมรายละเอียดของข้อมูลที่อยู่ภายในเครือข่าย



ภาพที่ 1 Hybrid Peer-to-Peer Model

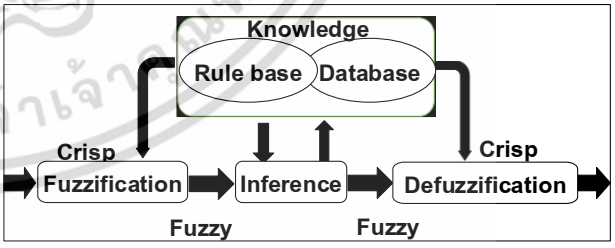
การประกันคุณภาพการให้บริการ (Quality of Service : QoS) คือการสร้างมาตรฐานและความน่าเชื่อถือให้กับเครือข่าย ซึ่งแนวทางในการรับส่งข้อมูลที่ก่อให้เกิดการประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) [14] ที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันมี 3 รูปแบบ

รูปแบบที่หนึ่ง การจัดคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน (First in – First out Queuing) เป็นเทคนิคการจัดคิวที่ไม่ได้มีการระบุประเภทของสิทธิในการเข้าใช้ เทคนิคนี้ ถือว่ามีประสิทธิภาพ และเหมาะสมสำหรับการเชื่อมโยงที่มีความจุสูง ไม่ต้องการความล่าช้ามาก หรือความคับคั่ง เราเตอร์สามารถส่งแพ็คเกจได้อย่างรวดเร็วในขณะที่ลำดับของแพ็คเกจยังเหมือนเดิม

รูปแบบที่สอง การจัดคิวแบบการจัดลำดับคิว (Priority Queuing: PQ) เป็นเทคนิคการจัดคิวแบบการจัดลำดับความสำคัญให้กับแพ็คเกจในการเข้าใช้สิทธิในเครือข่ายด้วยการแบ่งหน่วยความจำ ของเราเตอร์ออกเป็นหลายคิวเพื่อรองรับแพ็คเกจที่มีความสำคัญในระดับบริการที่ต่างกัน โดยจะให้บริการแพ็คเกจที่มีความสำคัญสูงก่อนเสมอ

รูปแบบที่สาม การจัดคิวแบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queuing : WFQ) เป็นเทคนิคการจัดคิวโดยให้ความสำคัญกับการจราจร (Traffic) ด้วยการดู จากปริมาณ /ขนาดของ (Traffic) ซึ่งหากมีขนาดเล็กจะมีลำดับความสำคัญสูงกว่า (Traffic) ที่มีขนาด ใหญ่ แล้วจัดสรรแถบกว้างสัญญาณให้กับแต่ละคิวตามค่าถ่วงน้ำหนักเป็นค่าร้อยละของขนาดแถบ กว้างสัญญาณของช่องทางออก โดยใช้แฮชอัลกอริทึม (Hash algorithm)

ฟัซซีลอจิก (fuzzy logic) [15] ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆมากมาย ระบบฟัซซีเป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยฟัซซีลอจิกที่คิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปีค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่าทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น



ภาพที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่

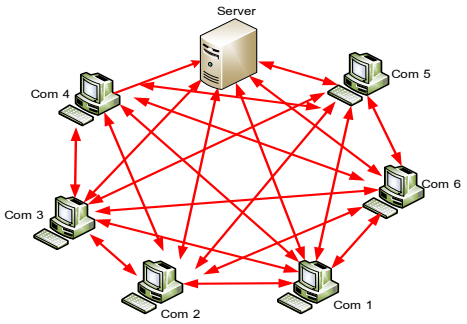
จากภาพที่ 2 ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี่ (Fuzzification) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database) ฐานกฎ (Rule base) ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริง และกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผลเหมือนกลไก (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซี่

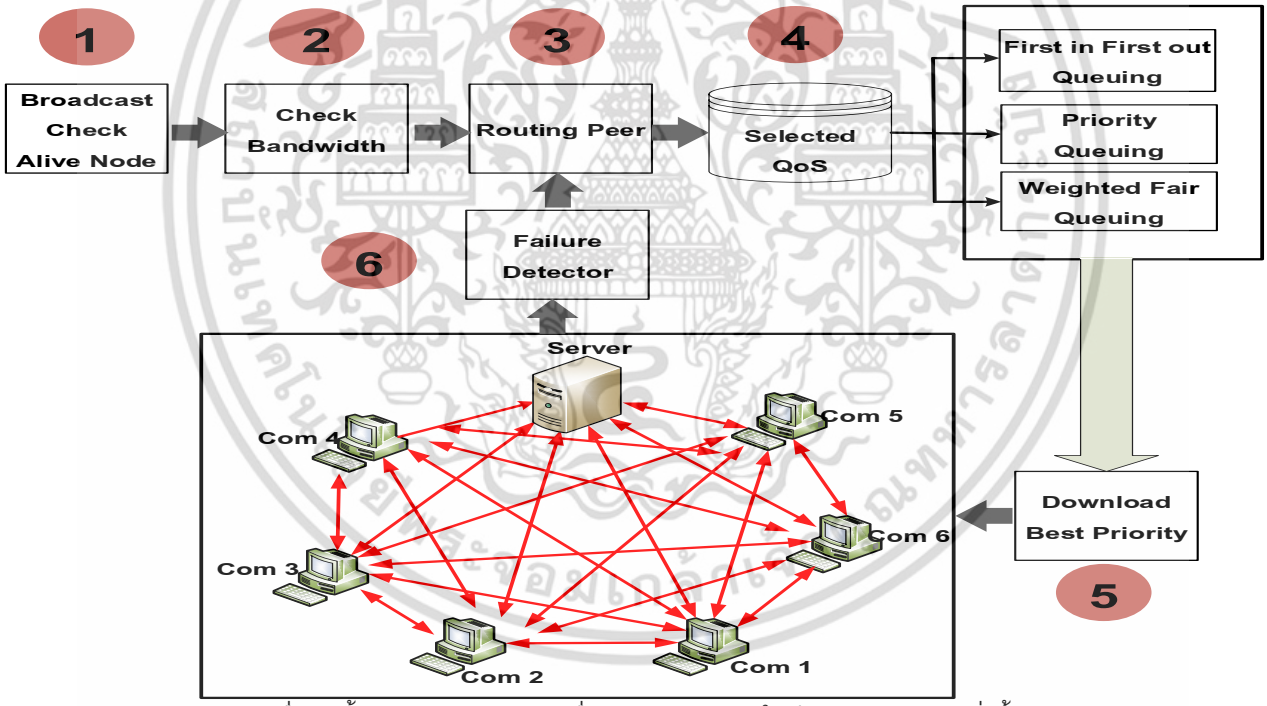
4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

4.1 การติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Peer to Peer ในการทดลองผู้วิจัยเริ่มต้นจากการทำ Image file ต้นฉบับของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการระบบปฏิบัติการ, ติดตั้งไดว์เวอร์, แบ่งพาร์ทิชั่น, และติดตั้งโปรแกรมที่ต้องการใช้งาน โดยใช้โปรแกรม Hiren's BootCD 10.5 [16] เพื่อบีบอัดไฟล์ทั้งหมดที่อยู่ในฮาร์ดดิสก์ผลลัพธ์ที่ได้คือ Image file ที่มีขนาดประมาณ 5 – 10 GB จากนั้นนำไฟล์ต้นฉบับไปเก็บไว้ที่เครื่อง Server จากนั้นสร้างไฟล์ Open Tracker [17] ที่มีขนาดเล็กประมาณ 17 KB ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ตั้งของไฟล์ต้นฉบับ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในเครือข่ายถูกเปิดขึ้นด้วยกระบวนการ Wake on Lan ไฟล์ Tracker ที่อยู่บน Server จะถูกเรียกใช้งานทันทีเพื่อเริ่มกระบวนการดาวน์โหลด Image file แบบ Hybrid Peer to Peer จากนั้นจึงทำการคลาย Image file ด้วยโปรแกรม Hiren's BootCD 10.5 เพื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 3 การติดตั้งระบบปฏิบัติการแบบ Hybrid Peer to Peer

4.2 การประกันคุณภาพการให้บริการ Quality of Service : QoS ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทีละหลายเครื่องนั้น การรับส่ง Image file ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากหากมีการผิดพลาดของข้อมูล ตัวอย่างเช่น การดาวน์โหลดไฟล์ไม่สมบูรณ์, ความล่าช้าในการดาวน์โหลดไฟล์ จะทำให้การติดตั้งระบบปฏิบัติการที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นเสียหาย และไม่สามารถบูทเครื่องเข้าระบบปฏิบัติการได้ จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยมีแนวคิดนำ Quality of Service : QoS เข้ามาช่วยในการดาวน์โหลด Image file ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4 แบบจำลอง QOS ควบคุมการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Peer to Peer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

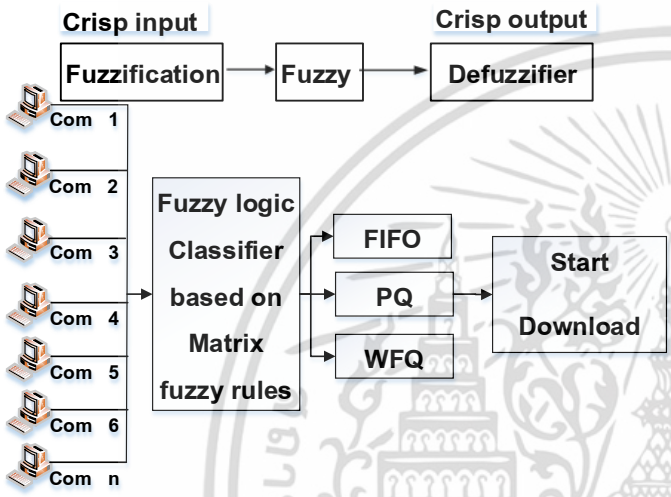
จากภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานของประกันคุณภาพการให้บริการซึ่งอธิบายแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง Broadcast Check Alive Node module ทำหน้าที่ตรวจสอบโนดทั้งหมดในเครือข่าย ว่ามีโนดใดที่ออนไลน์พร้อมใช้งานอยู่ในเครือข่ายบ้าง

ขั้นตอนที่สอง Check Bandwidth module ตรวจสอบแบนด์วิธที่แต่ละโนดได้รับว่ามีจำนวนแบนด์วิธเท่าใด

ขั้นตอนที่สาม Routing Peer module รับข้อมูลจากสองโมดูลที่ผ่านมา แล้วนำมาหาจำนวนโนดทั้งหมด

ขั้นตอนที่สี่ Selected QoS module นำตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) มาประยุกต์ใช้งาน



ภาพที่ 5 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) เพื่อเลือกใช้งาน QoS

ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) เข้ามาช่วยตัดสินใจเลือกเส้นทางการให้บริการที่ดีที่สุดโดยการตั้งกฎให้เหมาะสมกับการดาวน์โหลดไฟล์และติดตั้งระบบปฏิบัติการ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่ง Fuzzifier เป็นการแปลงค่า Crisp Input ให้อยู่ในรูปแบบเซ็ตในที่นี้คือจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็น Fuzzy input โดยการแปลงให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละเซ็ต ส่วนที่สอง Fuzzy ประกอบไปด้วยกฎของ Fuzzy rule ที่กำหนดขึ้นเพื่อเลือกใช้งาน QoS ที่เหมาะสมในการดาวน์โหลดไฟล์และติดตั้งระบบปฏิบัติการ จาก 3 รูปแบบคือ FIFO, PQ, และ WFQ ส่วนที่สาม Defuzzifier เป็นการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้นประมวลผลกับฟัซซี่อินพุตและเริ่มการดาวน์โหลดไฟล์และติดตั้งระบบปฏิบัติการ

ขั้นตอนที่ห้า Download Best Priority module เป็นการเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ ของโนดที่ผ่านกระบวนการทำ QoS แล้ว **ขั้นตอนที่หก** Failure Detector module ตรวจสอบความผิดพลาดของโนดแบบเรียลไทม์ หากมีโนดใดๆ เกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการดาวน์โหลด ก็จะส่งโนดนั้นกลับไปยังขั้นตอน Routing Peer อีกครั้ง

5. การประเมินผล

จากการนำเสนอแนวคิดการออกแบบและพัฒนา QoS เพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ งานวิจัยนี้ได้มีการประเมิณผลแบบจำลองโดยการวัดผลการประเมิณจากผู้เชียวชาญ 3 ท่าน มีเกณฑ์ในการวัดผล คือ

4.01-5.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมระดับสูงมาก
3.01-4.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมระดับสูง
2.01-3.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.01-2.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมน้อย
0.00-1.00 : แสดงให้เห็นถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลจากกลุ่มตัวอย่าง ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (t-test) เพื่อวัดระดับความเหมาะสมแบบจำลองจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ดังนี้

รายละเอียดการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ความเหมาะสมของ Broadcast Check Alive Node module	3.80	0.44	สูง
2. ความเหมาะสมของ Check Bandwidth module	4.40	0.48	สูงมาก
3. ความเหมาะสมของ Routing Peer module	3.20	0.74	สูง
4. ความเหมาะสมของ Selected QoS module	4.60	0.48	สูงมาก
5. ความเหมาะสมของ Download Best Priority module	2.80	0.74	ปานกลาง
6. ความเหมาะสมของ Failure Detector module	3.80	1.16	สูงมาก
7. ความเหมาะสมโดยรวมของแบบจำลอง	4.00	0.89	สูงมาก

ตารางที่ 1 ผลการประเมิณความเหมาะสมของแบบจำลอง

จากตารางที่หนึ่ง แสดงให้เห็นว่า ผลการประเมิณความเหมาะสมของแบบจำลองแนวคิด จากผู้เชี่ยวชาญโดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับสูง ซึ่งเฉลี่ย 4.00 โดยแบบโมดูลนี้มีความเหมาะสมที่สุดอยู่ในระดับสูงมาก คือ Selected QoS เฉลี่ย 4.60 และส่วนที่มีความเหมาะสมต่ำสุดอยู่ในระดับปานกลาง คือ Download Best Priority มีค่าเฉลี่ย 2.80

6. สรุป

งานวิจัยที่ได้นำเสนอแบบจำลองการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทีละหลายเครื่องบนเครือข่าย Peer to Peer (P2P) แบบมีการประกันคุณภาพการให้บริการ Quality of service (QoS) แบบจำลองประกอบด้วย 6 โมดูลดังต่อไปนี้ 1) Broadcast Check Alive Node module ใช้สำหรับตรวจสอบโนดทั้งหมดในเครือข่าย 2) Check Bandwidth module ใช้ตรวจสอบขนาดของแบนด์วิด 3) Routing Peer module ทำหน้าที่รับข้อมูลจากสองโมดูลที่ผ่านมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาหาจำนวนโนดทั้งหมด 4) Selected QoS module ใช้สำหรับจัดลำดับความสำคัญ และความเหมาะสมว่าโนดที่มีแบนด์วิธน้อยจะต้องจับคู่ดาวน์โหลดกับโนดที่มีแบนด์วิธมากกว่าโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) 5) Download Best Priority module ใช้สำหรับดาวน์โหลดไฟล์ ของโนดที่ 6) Failure Detector module ทำหน้าที่ตรวจสอบความผิดพลาดของโนดแบบเรียลไทม์ หากมีโนดใดๆ เกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการดาวน์โหลด ผลการประเมินผลโมเดลจากผู้เชี่ยวชาญได้ค่าเฉลี่ย 4.00 จากคะแนนเต็ม 5. โมดูล Selected QoS มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.60 โมดูล Download Best Priority มีมีค่าค่าเฉลี่ยปานกลางคือ 2.80 สำหรับงานวิจัยในอนาคตผู้วิจัยจะทำการพัฒนาต้นแบบสำหรับทดสอบการใช้งานจริงเพื่อประสิทธิภาพของแบบจำลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Junnam D., Musor Y., and Kaewkiriya T., “Design of Framework for Installation Software System Based on P2P (peer-to-peer)”, ICBIR 2014.

[2] Mahapatra A., Nachiketa T., Anuja A., and Soumya R. “A Fuzzy Approach for Reputation Management in Bittorrent P2P Network”, Department of Computer Science Engineering, KIIT University,Orissa India, IEEE 2011.

[3] กิติศักดิ์ วัฒนกุล, “การกระจายไฟล์ข้อมูลสำหรับการเรียนการสอนด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบเพียร์ทูเพียร์”, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปีการศึกษา 2553.

[4] ขนิษฐา อุสาใจ, “การเปรียบเทียบการประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) สำหรับข้อมูลภาพและเสียงด้วยเทคนิคการจัดการคิว”, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ปีการศึกษา 2556.

[5] จิตติมา นิตยวรรณ, เฉลิมพล ชาญศรีภิญโญ, โสพส ชคัตตรยา พงษ์, และ ธวัชชัยเอี่ยมไพโรจน์, “โปรแกรมบริหารจัดการแบนด์วิธของเครือข่าย QoS Generator”, คณะวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์ มาวิทยาลัยบูรพา.

[6] นนทพน รัตนพิทยาภรณ์, “การจัดการจราจรบนระบบเครือข่าย : กรณีทดลองเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่”, วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2549.

[7] Shubhangi R. and Samir S., “Comparative Analysis Of Different Queuing Mechanisms In Hetrogeneous Network”, International Journal of Advanced in Computer and Communication Engineering Vol. 2, Issue 8, August 2013.

[8] วีรชัย แย้มขจี, “การศึกษาโพรโทคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ”, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวะกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปีการศึกษา 2555.

[9] Ansuman M., Nachiketa T., Anuja A., and Soumya R., “A Fuzzy Approach for Reputation Management in Bittorrent P2P Network”, IEEE 2011, 978-1-4244-8679-3.

[10] Suardinata and Kamalrulnizam B., “A Fuzzy Logic Classification Of Incoming Packet For VOIP”, Terakreditasi DIKTI, SK No: 51/DIKTI/Kep/2010.

[11] Suardinata, Kamalrulnizam bin A., and Nimitr S., “Comparison Process Long Execution Between PQ Algorthm And New Fuzzy Logic Algorthm For VOIP”, International Journal of Network Security & Its Application (IJNSA), Vol. 3, No.1, January 2011.

[12] Shilpa N. and Madhu N., “A Review: Fuzzy Logic in Congestion Control of Computer Network”, International Conference in Recent Trends in Information Technology and Computer Science (ICRTITCS - 2012) Proceedings published in International Journal of Computer Applications.

[13] Peer-to-Peer [P2P]? <http://www.dlth.in.th/Content/pa=showpage/pid=39.html>, (เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2558).

[14] Mohammad M., Golam R., and Mamun K., “A Comparative Study of Different Queuing Techniques in VOIP, Video Conferencing File Transfer”, Daffodil International University Journal of Science and Technology, Vol. 5, Issue 1, January 2010.

[15] Fuzzy logic, <http://suanpalm3.kmitnb.ac.th/ teacher/phayung/powerpoint.asp?pno=1>,. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2558.

[16] Hiren ghost, <http://www.hiren.info/pages/bootcd.> เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2558.

[17] Tracker file, <http://www.kwamru.com/21> เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบห้องลองเสื้อเสมือนจริงโดยใช้กล้องคีเนค

Development of Interactive Virtual Dressing Room Using Kinect

ภูวดล ศิริกองธรรม
สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 1771/1
ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง โทร 0-2763-2600
puwadol@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับบุคคลทั่วไปที่มีความต้องการที่จะจะซื้อเสื้อผ้าแต่ไม่สามารถเดินทางไปทดลองสวมใส่ชุดตามสถานที่ต่างๆที่จัดจำหน่ายเสื้อผ้าได้ โดยการใช้เทคนิคการนำแบบชุดเสื้อผ้าแบบ 3 มิติมาใส่กระดูกและเชื่อมกับระบบการมองเห็นของกล้องคีเนคและทำให้การเคลื่อนที่สัมพันธกันระหว่างตัวแบบชุดและโครงกระดูกที่กล้องคีเนคมองเห็น โปรแกรมที่พัฒนาจะมีเสื้อผ้าชนิดต่างๆให้ผู้ใช้เลือกผ่านโปรแกรมและเชื่อมต่อกับระบบกล้องคีเนคแสดงผลทางจอแสดงผลเพื่อผู้ใช้จะสามารถตัดสินใจซื้อหรือดูว่าชุดที่เลือกเหมาะสมกับตัวเองมากน้อย โดยจะแสดงผลเป็นรูปของลูกค้าพร้อมกับเสื้อผ้าที่เลือกผ่านโปรแกรมและยังสามารถปรับขนาดของเสื้อหาให้เหมาะสมกับขนาดตัวของผู้สวมใส่ได้ และจะวัดผลความเร็วและความถูกต้องในการใช้เวลาเปลี่ยนในแต่ละชุดและขนาดชุดของที่ผู้ใช้สวมใส่

ประโยชน์ของงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ประเภทเสื้อผ้า รองเท้า โดยที่ผู้ซื้อไม่ต้องเดินทางไปทดลองสินค้าด้วยตัวเอง และมั่นใจได้ว่าชุดที่สั่งซื้อได้ขนาดที่เหมาะสมกับตัวผู้สวมใส่และรสนิยมการแต่งตัวของผู้สวมใส่

คำสำคัญ: Virtual Dressing Room, Kinect, Motion Detection

Abstract

The research for the person who want to buy a cloth but can't trying Program has a kind of the cloth for the user choose By using navigation techniques for 3D model wears a bone and connect with the visual system of the camera Keynes and make a move relative to each other between the set and the camera skeleton Keynes's vision on the program and connect with the Kinec system, and then will display on monitor to determine what a suitable cloth. And to measure the speed and accuracy of a change in each set and a set of user-wear On monitor will be showing the picture of user wearing the cloth and can be adjust the size

The title advantage to develop the online shop such as cloth, pants, shoes etc. Customer can wearing the cloth on the program and believe that suitable.

Keywords: Virtual Dressing Room, Kinect, Motion Detection

1. คำนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เสื้อผ้าเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยพื้นฐานหนึ่งในห้าอย่างในการดำรงชีวิตอยู่ของมนุษย์ โดยคนเราจะมีความชอบเสื้อผ้าที่แตกแต่งกัน และมีรูปร่าง สีผิว ที่แตกต่างกัน เสื้อผ้าที่คนอื่นใส่แล้วสวย ก็ไม่ได้หมายความว่าเราจะใส่ได้สวยเหมือนกัน การแต่งตัวควรเลือกจากลักษณะรูปร่างของตัวเองเป็นหลัก ควรเลือกใส่เสื้อผ้า เครื่องแต่งกายที่เหมาะกับตัวเอง นอกจากจะทำให้ผู้ที่สวมใส่ดูดี มีรสนิยมแล้ว ยังทำให้ตัวผู้ที่สวมใส่มีความมั่นใจเพิ่มขึ้นแต่ในบางครั้งเราอาจไม่ได้มีเวลาออกไปเลือกซื้อเสื้อผ้าด้วยตัวเอง จะฝากผู้อื่นซื้อก็อาจไม่ได้ตรงตามที่ต้องการ

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเริ่มมีการนำเทคโนโลยีต่างๆมาช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับการดำรงชีวิตของมนุษย์นั้นสะดวกขึ้นไม่ว่าจะเป็นการสั่งอาหารผ่านอินเทอร์เน็ต การสั่งซื้อเสื้อผ้าผ่านเว็บไซต์แต่ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องที่สินค้าไม่เหมือนกับรูปภาพที่ถ่ายและขนาดเสื้อผ้าที่ในปัจจุบันมีหน่วยวัดที่ไม่เหมือนกันในแต่ละประเทศ โรงงานที่ผลิตอาจใช้หน่วยวัดที่ไม่เท่ากัน และหากผู้ซื้อไม่ได้ลองสวมใส่จริงๆก็อาจจะไม่สามารถบอกได้ว่าเสื้อตัวนี้เหมาะสมกับผู้สวมใส่เพียงใด และไม่มั่นใจว่าจะสวมแล้วพอดีกับร่างกาย

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเสนอแอพพลิเคชั่นการพัฒนาระบบห้องลองเสื้อเสมือนจริงโดยใช้กล้องคีเนค เพื่อให้ผู้ซื้อสามารถมั่นใจได้ว่าเสื้อผ้าที่สั่งซื้อจะเหมาะสมกับบุคลิกของผู้ใส่และขนาดพอดีกับร่างกายผู้สวมใส่ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเสนอเทคนิคในการเพิ่มความสะดวกในการเลือกซื้อชุดโดยไม่ต้องเดินทางไปทดลองสวมใส่ด้วยตัวเองโดยประยุกต์ใช้กับกล้องคีเนค

2. เพื่อศึกษาการสร้างห้องทดลองเสื้อผ้าเสมือนจริง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยสองส่วนหลักๆ คือการออกแบบและการประเมินผล ในส่วนแรกคือการออกแบบโปรแกรมสำหรับห้องทดลองเสื้อผ้าจำลอง แล้วประเมินผลในเรื่องของความเร็วและความถูกต้องในการเปลี่ยนเสื้อผ้าและปรับขนาดในแต่ละชุด ในส่วนที่สองเป็นการทดลองประเมินผลระบบ โดยกลุ่มทดสอบจำนวน 60 คนนักศึกษาชั้นปี 2 ช่วงอายุประมาณ 19-21 ปี

2. ทบทวนวรรณกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ (Human Motion Capture) เป็นกระบวนการการบันทึกการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอล การตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยการทำเครื่องหมายตามตำแหน่งต่างๆ บนร่างกาย (Marker Motion Capture) และการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยปราศจากการทำเครื่องหมายตามตำแหน่งต่างๆ บนร่างกาย (Markerless Motion Capture)

การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยการทำเครื่องหมายตามตำแหน่งต่างๆ บนร่างกาย จะใช้วิธีการติดเครื่องหมายตามข้อต่อต่างๆ บนร่างกาย หรือติดเครื่องหมายลงบนชุดที่สวมใส่ แล้วใช้กล้องตรวจจับเครื่องหมายที่ติดไว้ จากนั้นจะใช้ซอฟต์แวร์ทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของเครื่องหมายเพื่อสร้างตำแหน่งของข้อต่อของร่างกายในรูปแบบสามมิติ การทำเครื่องหมายตามตำแหน่งต่างๆ บนร่างกายอีกวิธีการหนึ่ง จะใช้วิธีการติดอุปกรณ์บอกตำแหน่งไว้ที่ร่างกายโดยตรง วิธีการนี้จึงไม่ต้องใช้กล้องในการตรวจจับ และทำให้ได้ตำแหน่งของข้อต่อในสามมิติโดยตรง

การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยปราศจากการทำเครื่องหมายตามตำแหน่งต่างๆ บนร่างกาย จะใช้กล้องตรวจจับภาพการเคลื่อนไหว แล้วใช้ซอฟต์แวร์ทำการวิเคราะห์ภาพที่กล้องตรวจจับได้ เพื่อแยกภาพร่างกายออกจากภาพพื้นหลัง จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ภาพร่างกายเพื่อสร้างตำแหน่งของข้อต่อของร่างกายในรูปแบบสามมิติ

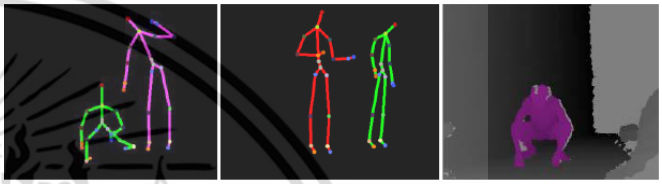
2.1 Evaluating a Dancer's Performance using Kinect-based Skeleton Tracking

งานวิจัยของ D. Alexiadis, P. Kelly, P. Daras, N. E. O'Connor, T. Boubekeur,และM. B. Moussa (2011) [1] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพของนักเต้นโดยใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในการให้ข้อมูลการตรวจจับงานวิจัยนี้ใช้การเปรียบเทียบตำแหน่งของข้อต่อของนักเต้นสองคนที่ได้จากการตรวจจับตามเวลาจริงมาเป็นส่วนหนึ่งในการให้คะแนนการเต้น ผลการศึกษาของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถนำข้อมูลตำแหน่งของข้อต่อและมือ ไปใช้งานในด้านการตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ภาพที่ 1

ภาพที่ 1 การตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนและโมเดล [1]

2.2 Third Chinese Conference on Intelligent Visual Surveillance

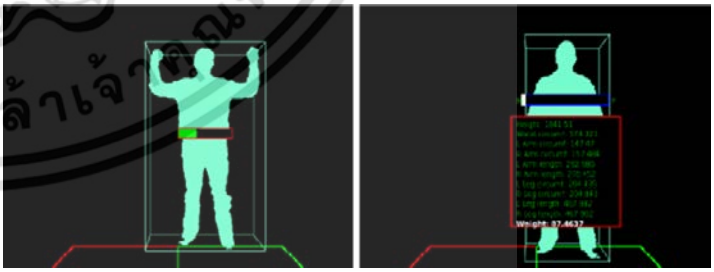
งานวิจัยของ X. Yu, L. Wu, Q. Liu และ H. Zhou (2011) [2] ได้เสนอวิธีการประเมินการแสดงอารมณ์ด้านลบของเด็กด้วยข้อมูลที่ได้รับจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้อง Kinect ตามที่แสดงในภาพที่ 2 งานวิจัยนี้นำข้อมูลการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมในการวิเคราะห์พฤติกรรมแบบ Stochastic Grammar งานวิจัยนี้ทำการทดสอบระบบต้นแบบเปรียบเทียบกับการบันทึกภาพเคลื่อนไหวและการจดบันทึกพฤติกรรมที่เด็กแสดงออก ผลของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงระบบต้นแบบที่ช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมและการแสดงอารมณ์ด้านลบของเด็ก และช่วยในการแก้ไขพฤติกรรมของเด็ก



ภาพที่ 2 ตัวอย่างพฤติกรรมของเด็กที่บันทึกโดยใช้กล้อง Kinect [2]

2.3 Real Time Extraction of Body Soft Biometric from 3D Videos

งานวิจัยของ C. Velardo และ J. Dugelay (2011) [3] ได้เสนอระบบการบ่งบอกคุณลักษณะภายนอกของบุคคล (Body Soft Biometric) โดยใช้กล้อง Kinect ตรวจจับร่างกายของผู้ใช้ จากนั้นจะนำข้อมูลการตรวจจับที่ได้ไปคำนวณหาส่วนสูง น้ำหนัก และเพศของผู้ใช้คนนั้นโดยประมาณ ตามที่แสดงใน ภาพที่ 3 งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการระบุตัวตนของบุคคลโดยใช้กล้อง Kinect



ภาพที่ 3 ระบบการบ่งบอกคุณลักษณะภายนอกของบุคคลโดยใช้กล้องKinect [3]

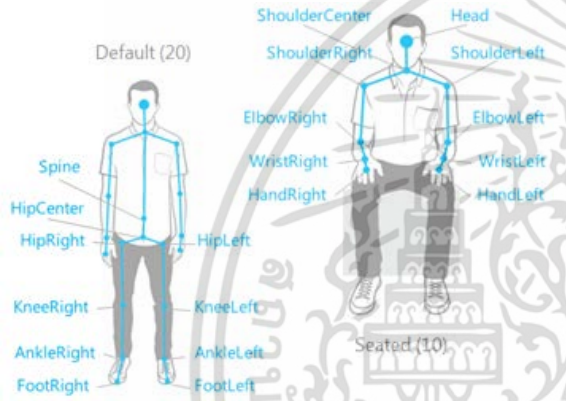
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบห้องทดลองเสื้อผ้าเสมือนจริงโดยใช้กล้องคีเนคได้กำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

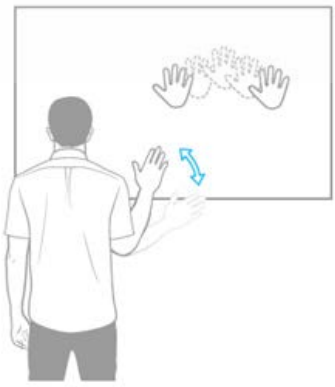
2.1 การออกแบบระบบ Interactive เพื่อการควบคุมโปรแกรมโดยเทคโนโลยีการตรวจจับการเคลื่อนไหว

ในการตรวจสอบการเคลื่อนไหวภาพผ่านหน้ากล้องคีเนคได้นำไลบรารีของ Kinect SDK โดยจะเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม Unity 3D โดยกล้องจะทำการตรวจจับรูปร่างของคนแล้วจะนำ Skeleton ไปซ้อนทับบนภาพ โดยท่ายืนจะกำหนดเป็น 20 Joint และท่านั่งจะกำหนดเป็น 10 Joint [4]



ภาพที่ 4 แสดงการจำลองภาพโดยตัวกล้องจะแสดง Joint ต่างๆ เมื่อจับภาพของคนได้ทั้งแบบท่ายืนและท่านั่ง [4]

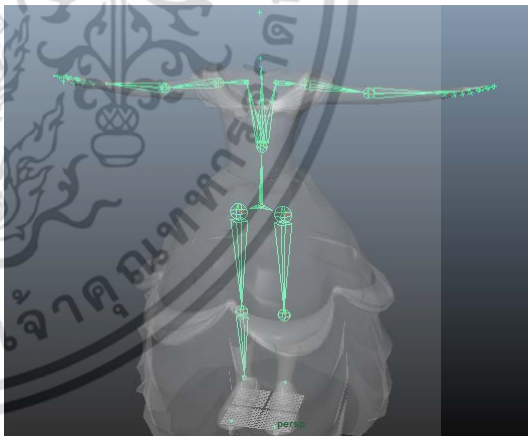
จากนั้นก็ทำการเขียนโปรแกรมเก็บค่า เฉพาะ Joint Hand Right และ Joint Hand Left เพื่อนำค่า Position ของตำแหน่งมือไปเปรียบเทียบกับตำแหน่ง Cursor ลูกศรบนจอภาพ เพื่อให้ได้ตำแหน่งและพิกัด สำหรับการควบคุม Interface ของโปรแกรม โดยตั้งค่าว่าถ้า Cursor หยุดอยู่ที่ Menu ใดๆของโปรแกรมเป็นเวลา 3 วินาที จะถือว่าเป็นการเลือกเข้า Menu นั้นๆ



ภาพที่ 5 แสดงชื่อ Skeleton Joints Cursor ที่ใช้เปรียบเทียบกับ Position [4]

2.2 เทคนิคการนำ Model ชุดเสื้อผ้าแบบ 3 มิติมาทาบกับร่างกาย

ในการนำแบบ Model แบบ 3 มิติมาทาบกับร่างกายของผู้ใช้เนื่องจากตัวกล้องคีเนค ในการให้ข้อมูลตำแหน่งของ Joint ของผู้ถูกตรวจจับได้โดยตำแหน่งของจุดกำเนิด (X=Y=Z = 0) จะเป็น ตำแหน่งของกล้องที่ใช้ในการตรวจจับ ตามที่แสดงในภาพที่ 1 ซึ่งแกน Z จะเป็นทิศทางที่กล้องตรวจจับ ค่า X จะเป็นค่าแสดงระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดตาม แนวนอนสัมพัทธ์กับกล้องที่ตรวจจับ จะมีค่าเป็นบวกเมื่อตำแหน่ง ที่ถูกตรวจจับได้อยู่ทางด้านขวาของกล้อง ค่า Y จะเป็นค่าแสดงระยะทาง ที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดตามแนวตั้งที่กล้องตรวจจับ จะมีค่าเป็นบวก เมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับได้อยู่สูงกว่าตำแหน่งของกล้อง และค่า Z จะเป็น ระยะทางที่ห่างออกไปจากกล้องโดยจะมีค่าเป็นบวกเสมอ ตำแหน่งของ Joint ที่ได้รับจาก API จะสัมพันธกับตำแหน่งของ ร่างกายมนุษย์ 15 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งของ Joint จะมีค่า X, Y และ Z ในหน่วยมิลลิเมตร และมีฟิลด์ fConfidence แสดงสถานการณ์ตรวจจับตำแหน่งข้อต่อนั้นๆ โดยจะมีค่าระหว่าง 0 – 1 ซึ่ง 1 หมายถึง สามารถตรวจจับได้ และหากน้อยกว่า 1 หมายถึง ไม่สามรถตรวจจับได้ โดยทำการตรวจจับรูปร่างของคนแล้วจะนำ Skeleton ไปซ้อนทับบนภาพ โดยท่ายืนจะกำหนดเป็น 20 Joint แบบ ชุดเสื้อผ้า Model 3 มิติ เราจึงทำการใส่ Bone (Skeleton) ให้กับเสื้อผ้า จำนวน 15 Joint ที่ไม่ได้ใส่ได้แก่ Head, Hand Right, Hand Left, Food Right และ Food Left เนื่องจากจุดต่างๆเหล่านี้ ไม่มีในแบบของเสื้อผ้า



ภาพที่ 6 แสดงการใส่ Bone ให้กับเสื้อผ้า

จากนั้นจะเขียนโปรแกรมกำหนดจุด Skeleton ที่เสื้อผ้าจะไปทับร่างผู้ใช้ โดยยึดจุด Joint Spine ซึ่งเป็น Joint หลักของร่างมนุษย์ และตามด้วย Joint ต่างๆตามที่หลัง และกำหนดว่าหาก Position ของ Skeleton ของผู้ใช้เปลี่ยนไปจะทำให้ Skeleton ของเสื้อผ้าเปลี่ยนตามไปด้วย จึงทำให้เสื้อผ้าทาบไปกับร่างผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 ผลการนำ Model ชุดไปทาบกับร่างกาย

2.3 การแปลงระบบพิกัด

เนื่องจากกล้อง Kinect ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว จะใช้ตำแหน่งของกล้องเป็นตำแหน่งจุดกำเนิด ทำให้ตำแหน่งของข้อต่อที่เสื้อผ้ามีค่าแตกต่างกัน เพราะมีตำแหน่งจุดกำเนิดที่เป็นตำแหน่งอ้างอิงต่างกัน ดังนั้น จึงต้องมีการแปลงระบบพิกัดของกล้องกับข้อต่อบน Model เสื้อผ้า ให้เป็นระบบพิกัดเดียวกัน เพื่อปรับตำแหน่งของข้อต่อให้มีตำแหน่งอ้างอิงเดียวกัน

การแปลงระบบพิกัด (Coordinate System Transformation) [5] ในงานวิจัยนี้ จะใช้การหมุน (Rotation) และการย้าย (Translation)ในระบบพิกัดสามมิติ นำมาสร้างเมตริกซ์การแปลง (TransformationMatrix) โดยนำเมตริกซ์การหมุนในแต่ละแกนมาคูณกัน ทำให้ได้เมตริกซ์การหมุนแบบ X-Y-Z Fixed Angles Rotation ตามที่แสดงในสมการที่ 2 จากนั้นนำเมตริกซ์การย้ายมาคูณกับเมตริกซ์การหมุนจะทำ ให้ได้เมตริกซ์การแปลงที่มีทั้งการย้ายและการหมุนพร้อมกัน ตามที่แสดงในสมการที่ 4

$$[transform] = [translate] \cdot ([rotate\ Z\text{-}axis] \cdot [rotate\ Y\text{-}axis] \cdot [rotate\ X\text{-}axis]) \quad (1)$$

$$= [translate] \cdot [X\text{-}Y\text{-}Z\ Fixed\ Angles\ Rotation] \quad (2)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_X \\ 0 & 1 & 0 & t_Y \\ 0 & 0 & 1 & t_Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & 0 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & 0 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_X \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_Y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$P' = [transform] \cdot P \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} P'_X \\ P'_Y \\ P'_Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_X \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_Y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_X \\ P_Y \\ P_Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$P'_X = r_{11}P_X + r_{12}P_Y + r_{13}P_Z + t_X \quad (7)$$

$$P'_Y = r_{21}P_X + r_{22}P_Y + r_{23}P_Z + t_Y \quad (8)$$

$$P'_Z = r_{31}P_X + r_{32}P_Y + r_{33}P_Z + t_Z \quad (9)$$

เมื่อ P คือ จุดพิกัดของข้อต่อใดๆ

P' คือ จุดพิกัดของข้อต่อนั้นหลังทำการปรับระบบพิกัด

จากนั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ตามที่แสดงในสมการที่ 10 ซึ่งจะทำให้ได้ค่าตำแหน่งเฉลี่ยของข้อต่อนั้นนำมาใช้เป็นค่าตำแหน่งของข้อต่อที่ประกอบกันเป็นโครงร่างมนุษย์ขึ้นใหม่

$$Q_{(X,Y,Z)} = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P'_{X_i}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P'_{Y_i}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P'_{Z_i}\right) \quad (10)$$

เมื่อ Q คือ จุดพิกัดเฉลี่ยของข้อต่อใดๆ ที่คำนวณจากจุดพิกัดของข้อต่อนั้นหลังจากทำการปรับระบบพิกัด

2.4 การกำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่มีกลุ่มทดสอบ 1 กลุ่ม โดยประชากรที่ใช้เป็นนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 จำนวน 60 คน โดยให้กลุ่มทดสอบทำกาทดสอบในเรื่องความเร็วและความถูกต้องในการใช้เวลาเปลี่ยนในแต่ละชุดที่ผู้ใช้สวมใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพถึงความเร็วของวิธีการและระบบที่นำเสนอ โดยการพัฒนาโปรแกรมทั้งสอง คือ 1.ระบบการตรวจสอบการเคลื่อนไหวสำหรับการเลือกชุด และ 2. คือระบบการตรวจสอบการเคลื่อนไหวสำหรับปรับขนาดของชุด ขึ้นมาด้วยภาษา C# ใช้ Kinect SDK เวอร์ชัน Beta 1 และติดตั้งกล้องอยู่บนระนาบที่ขนานกับระนาบพื้นที่ทำการตรวจจับสูงจากระนาบพื้น 0.6 เมตร ห่างออกไป 1.5 เมตร โดยกำหนดโจทย์ที่ใช้ทดสอบดังต่อไปนี้ เปลี่ยนชุด A, ปรับขนาดชุด A , เปลี่ยนชุด B, ปรับขนาดชุด B, เปลี่ยนชุด C, ปรับขนาดชุด C โดยจะจับเวลาตั้งแต่ผู้ทดสอบเข้ามายืนหน้ากล้องให้เปลี่ยนและปรับขนาดเสื้อผ้าให้พอดีกับร่างกายของผู้ทดสอบจึงถือว่าจบการทดสอบ 1 ชุดโดยจะมีปุ่มแสดงว่าผู้ใช้พอใจกับชุดที่ใส่แล้วจึงหยุดเวลามาที่จับ โดยผลเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและปรับเปลี่ยนขนาดชุดอยู่ที่ 15 วินาที

ตาราง 1. ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วและความถูกต้องในการเปลี่ยนชุดและปรับขนาดของชุด

ประเภทการทดสอบ	จำนวนคนที่ทดสอบ (ครั้ง)	เวลาที่ใช้ในโปรแกรม (วินาทีเฉลี่ย)	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนชุดจริง (วินาทีเฉลี่ย)
- เปลี่ยน ชุด A - ปรับขนาดชุด A ให้พอดีกับตัวผู้สวมใส่	60	18	40
- เปลี่ยน ชุด B - ปรับขนาดชุด B ให้พอดีกับตัวผู้สวมใส่	60	15	42
เปลี่ยน ชุด C - ปรับขนาดชุด C ให้พอดีกับตัวผู้สวมใส่	60	12	45

4. สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้เสนอเทคนิคในการพัฒนาเครื่องมือการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ประเภทเสื้อผ้า รองเท้า โดยที่ผู้ซื้อไม่ต้องเดินทางไปทดลองสินค้าด้วยตัวเอง และมั่นใจได้ว่าชุดที่สั่งซื้อได้ขนาดที่เหมาะสมกับตัวผู้สวมใส่และรสนิยมการแต่งตัวของผู้สวมใส่ โดยเป็นการประยุกต์ใช้กล้องคีเนค ของ Microsoft เข้ามาตรวจจับร่างกายของผู้ใช้ ซึ่งผลการทดสอบผู้ใช้สามารถทดลองสวมใส่ชุดได้ค่อนข้างเร็วมากกว่าการเข้าไปทดลองเสื้อผ้าในห้องเสื้อจริงมาก ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้ผู้ซื้อสามารถตัดสินใจได้ในการซื้อสินค้าได้อย่างรวดเร็วในการซื้อเสื้อผ้าในแต่ละครั้ง และอาจเพิ่มยอดขายที่มากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ในส่วนของการทำงานทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับนักศึกษาเท่านั้น โดยกลุ่มทดสอบจำนวน 60 คนนักศึกษาชั้นปี 2 แต่ยังไม่ได้มีการทดลองกับผู้ซื้อสินค้าจริง ดังนั้นเพื่อประโยชน์ที่แท้จริงตามวัตถุประสงค์ควรเพิ่มการทดลองในการขายเสื้อผ้าจริงด้วย และมีการวิเคราะห์การทำงานมากขึ้น เพื่อประโยชน์ที่แท้จริงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Alexiadis, P. Kelly, P. Daras, N. E. O'Connor, T. Boubekeur, andM. B. Moussa, “Evaluating a Dancer's Performance using Kinect-basedSkeleton Tracking”Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia. pp. 659-662:Nov. 2011.

[2] X. Yu, L. Wu, Q. Liu and H. Zhou Third Chinese Conference on Intelligent Visual Surveillance 2011 [Online] Available: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6153167

[3] Velardo, C. and Dugelay, J., 2011, “Real Time Extraction of Body Soft Biometric from 3D Videos”, Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia, 28 November-1 December, Arizona, USA, pp. 781-782.

[4] Microsoft.Speechrecognition – Sapi5.1. [Online]. Available:www.microsoft.com/en-us/download/details.asp ?id=10121

[5] นราวุฒิ พัฒโนทัย. พรชัย มงคลนาม. บัณฑิต วรรธนาภา.“การประกอบรวมโครงร่างมนุษย์จากการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้อง Kinect หลายตัว” National Conference on Information Technology 2012. 370-374 : April. 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเว็บแอพพลิเคชันเพื่อวิชวลไลเซชันข้อมูลทัศนคติของผู้บริโภคต่อร้านอาหารโดยใช้กรอบแนวคิด D3

Designing a Data Visualization Application for Customer Perceptions of Restaurants Using D3 Framework

ปุ่น ลิ้มตระกูล[1] กิตติมา เมฆาบัญชากิจ[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ
[1] li.phun_st@tni.ac.th
[2] kittima.me@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้เดต้าวิชวลไลเซชันในวงการที่มีการแข่งขันสูง และต้องการผลลัพธ์ให้ถูกต้องตามเป้าหมายทางธุรกิจ วิชวลไลเซชันจึงเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง ช่วยให้บุคคลและธุรกิจทำงานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม โดยสามารถนำมาใช้ด้วยกรรมวิธีที่ให้เข้าใจข้อมูลได้ดีขึ้น ผู้วิจัยเห็นถึงปัญหาของการนำเสนอของข้อมูลปริมาณมากของผลสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคต่อธุรกิจร้านอาหาร งานวิจัยนี้พัฒนากรอบแนวคิดการจัดทำเดต้าวิชวลไลเซชันสำหรับทัศนคติของผู้บริโภคต่อร้านอาหาร โดยจัดการและกรองชุดข้อมูลตัวแปรทัศนคติของผู้บริโภค ซึ่งจัดกลุ่มตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกร้านอาหารเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม กลุ่มปัจจัยด้านปฏิสัมพันธ์ และกลุ่มปัจจัยด้านผลลัพธ์ และออกแบบเว็บแอพพลิเคชันเพื่อนำเสนอวิชวลไลเซชันข้อมูลทัศนคติซึ่งเป็นตัวแปรของกระบวนการตัดสินใจเลือกร้านอาหาร การนำเสนอวิชวลไลเซชันแสดงตำแหน่งร้านอาหารโดยใช้กูเกิ้ลแมพและแสดงข้อมูลปัจจัยดังกล่าวด้วยกรอบโปรแกรมของเดต้าวิชวลไลเซชัน D3 ในการเปรียบเทียบร้านอาหาร

คำสำคัญ: เดต้าวิชวลไลเซชัน, มิติปัจจัยคุณภาพ, ร้านอาหาร

Abstract

Data visualization is used increasingly in competitive industries where the aims are to utilize large data sets to match the business goals. The importance of data visualization is high in allowing individuals and businesses to work in analyzing with visual representations of big data more quickly and efficiently and with understanding the processes better. Researchers have realized the large amounts of data of the surveyed consumer perceptions of restaurants. This research develops a framework for data visualization for consumer perceptions of restaurants, which manipulates and filters data sets of the consumer perceptions; and grouped, as influences in the decision to choose a restaurant, into 3 categories: Physical Environment factors, Interaction factors, and Outcome factors. A web application prototype has been developed using the research framework to demonstrate the data visualization using Google API and D3 visualization framework. The application presents visualization for restaurants on the map with nine factors of consumer perceptions of restaurants and has the capabilities in interactive visualization in comparing the perception data of restaurants of interest for the user to making a decision in restaurant selection.

Keywords: Data visualization, Quality dimensions, Restaurants

I. บทนำ

โลกสมัยนี้มีข้อมูลจำนวนมาก บางข้อมูลได้นำเสนอออกมาให้เห็นในรูปแบบของภาพ การใช้ภาพในการนำเสนอนั้นเพื่อที่จะทำให้คนอื่นสามารถสังเกตเห็นรูปภาพและเข้าใจสิ่งที่ต้องการจะสื่อ ปัจจุบันวิทยาศาสตร์ได้มีการทำให้รูปภาพเหล่านั้นเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยใช้สื่อใหม่ทำให้เราเข้าใจสินค้าและผลกระทบต่อสินค้ามากขึ้น ที่มาการพัฒนาของสื่อใหม่นั้นมาจากโครงกราฟ แผนภาพ และสัญลักษณ์ ในขณะที่สื่อใหม่บางสื่อทำให้ภาพเกิดการซับซ้อนร้าน แต่สื่อใหม่นั้นก็ทำให้การเข้าใจภาพอีกวัตถุประสงค์นึงด้วย ข้อมูลภาพจำนวนมากที่ถูกทำออกมาในการสร้างภาพเสมือนต้องใช้ความคมชัดและความรู้สึกในการแสดงออกในรูปแบบไดนามิค Rudolf[9] กล่าวว่า "วิสัยทัศน์ไม่ได้ใช้หลักการเครื่องมือในการบันทึกแต่ใช้ความเข้าใจโครงร่างอย่างมีนัยสำคัญ" วิชวลไลเซชันเป็นเทคนิคที่ก้าวหน้าในเรื่องมุมมองการนำเสนอสารสนเทศด้วยปริมาณข้อมูลที่มีเป็นจำนวนมาก ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองติจูด) ในการจัดทำแผนที่ สามารถจัดความสัมพันธ์กับตำแหน่ง ทาง ภูมิศาสตร์ อธิบายสิ่งที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายจากผลการสำรวจ-ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ, ผู้เชี่ยวชาญด้านสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เชี่ยวชาญด้านนักจิตวิทยา พบว่า เทคนิควิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ช่วยอธิบายข้อมูลเชิงภาพหรือเรียกว่า วิชวลไลเซชัน"

การใช้เดต้าวิชวลไลเซชันในปัจจุบันนี้มีใช้ในเชิงธุรกิจต่างๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการที่มีการแข่งขันสูงและยังต้องทำงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการอย่างถูกต้อง การทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับธุรกิจจึงเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง วิชวลไลเซชันช่วยให้บุคคลและธุรกิจสามารถทำงานได้สะดวกและประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม วิชวลไลเซชันต้องทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ จากการศึกษาเบื้องต้นยังไม่พบว่ามีระบบหรือแอพพลิเคชันใดที่สามารถแสดงข้อมูลทั้งสามได้ครบถ้วนจากข้อมูลปริมาณมาก ผู้วิจัยจึงเห็นถึงปัญหาของการนำเสนอข้อมูลปริมาณมาก การศึกษานี้จึงใช้เทคนิควิชวลไลเซชันประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น ตัวแปรของกระบวนการคิดในการตัดสินใจเลือกร้านอาหาร เช่น เมนูอาหาร ป้ายโฆษณาร้านอาหาร ราคา สภาพแวดล้อมต่างๆ คุณภาพการบริการ เป็นต้น ดังนั้น หากมีการใช้หลักการวิชวลไลเซชันเข้ามาช่วยนำเสนอข้อมูลหรือตัวแปรของกระบวนการคิด ก็จะช่วยให้เข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจสามด้านข้างต้นได้มากขึ้น และมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค

ยุคเทคโนโลยีสมัยใหม่นี้มีข้อมูลปริมาณมากขึ้น ข้อมูลจะเป็นประโยชน์ก็ต่อเมื่อถูกนำมาใช้ด้วยกรรมวิธีที่ให้เข้าใจข้อมูล ข้อมูลวิชวลไลเซชันเป็นทางเลือกที่เร็วที่สุดที่จะใช้สื่อสารกับผู้ใช้

2.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 1 การเข้าสู่หน้าจอแสดงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [1]

วิทยานิพนธ์ของลาวัลย์ ศรีศักดิ์วัฒนะ [1] ได้กล่าวถึงหลักการภูมิศาสตร์ทัศนภิวัฒน์ (Geographic Visualization) ซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ จากข้อมูลตัวเลข (ละติจูดและลองติจูด) เป็นรูปภาพ การแสดงผลข้อมูลในเชิงกราฟิกส์ งานวิจัยนี้ได้จัดทำแผนที่กับการจัดการฐานข้อมูลอุตสาหกรรมไอซีทีให้ดูง่ายและไม่ซับซ้อน โดยคำนึงถึง Usability เป็นหลัก เพื่อลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูลอุตสาหกรรมไอทีในประเทศไทย

วิทยานิพนธ์ของ John E Stewat [3] ได้เสนอแนวคิดการประเมินการวิชวลไลเซชันแบบวงแหวน (Ringmaps) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการแสดงข้อมูลปริมาณมหาศาลของการแพร่หลายโรคเบาหวานในรัฐเซาท์แคโรไลนา โดยเป็นข้อมูลของผู้รับการประกันสุขภาพของรัฐ การยังไม่ได้จัดการแสดงผลอัตราการพบโรคเบาหวานของประชากร (diabetes prevalence rates) ใน 46 รัฐ ผลวิจัยพบว่า การใช้วิชวลไลเซชันแบบวงแหวนนี้ช่วยในการประเมินผลผู้ป่วยโรคเบาหวานพบได้มากขึ้น โดยสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลปัจจัยเหตุการณ์ที่อาจเกี่ยวข้องกับการเกิดโรค ได้แก่ อัตราคนตกงาน ความยากจน จำนวนร้านอาหารฟาสต์ฟูดต่อประชากร ความห่างไกลจากเมือง เป็นต้น แอพพลิเคชันนี้ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการแก้ปัญหาการเป็นโรคเบาหวานของประชากร

Amanda Corner [2] ได้สำรวจการใช้อินโฟกราฟิก (Infographic) และอธิบายเหตุและผลที่ทำให้อินโฟกราฟิก มีความสำคัญมากในปัจจุบัน การใช้ข้อมูลภาพ (visual information) กันมากขึ้น เนื่องจากเป็นสื่อนำเสนอในรูปแบบกราฟิกส์พร้อมกับแนวคิดเชิงนามธรรม (abstract concepts) ที่เอื้ออำนวยให้ผู้ศึกษาหรือผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจสารสนเทศหรือความรู้ในหลายมิติได้มากยิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้อ่านทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆ ในศาสตร์ต่าง ๆ ที่ซับซ้อนได้มากขึ้น

วิทยานิพนธ์ของ Ryu Han [4] กล่าวไว้ว่า ปัจจุบันนี้ร้านอาหารต่างๆ มีปัจจัยต่างๆ ในการส่งผลกระทบต่อร้านอาหารเช่น สภาพแวดล้อมร้านอาหาร คุณภาพราคา ซึ่งหลักการต่างๆได้ทำให้ลูกค้าเข้าร้านอาหารมากขึ้น ทำให้สามารถดึงข้อมูลมาใช้พัฒนาร้านค้าตัวเองมากที่สุด

วิทยานิพนธ์ของ Michael K. Bradly [6] กล่าวถึง คุณภาพของการบริการโดยนำเสนอเป็นแผนภาพแบบการจำลองข้อมูลระดับชั้น แสดงถึงความเกี่ยวข้องมีการคำนวน สามอย่างและส่วนย่อย มีผลการคำนวณที่ชัดเจน ได้มีการทดลองกับสี่คุณภาพบริการ ซึ่งเป็นส่วนเล็กๆ ของบริษัทเท่านั้น ท้ายสุด การพัฒนารูปแบบการบริการขึ้นอยู่กับนักพัฒนาว่าจะพัฒนาให้มีขนาดใหญ่หรือเล็ก ถ้าเล็กอาจจะมีการตอบรับน้อย แต่ถ้าระบบใหญ่จะมีการปรึกษาหรือแลกเปลี่ยนมากขึ้น

งานวิจัยนี้ใช้ปัจจัยของคุณภาพบริการ (Determinants of Service Quality, SQ) ซึ่งใช้ในการประเมินความพอใจของลูกค้าร้านอาหาร [4] รูปที่ 4 แสดงองค์ประกอบของ SQ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ (PQ) ปฏิสัมพันธ์ (IQ) และผลลัพธ์ (OP) ตารางที่ 1 แจกแจงองค์ประกอบของกลุ่มปัจจัยทั้งสาม แนวความคิดนี้ อยู่เหนือครอบคลุมการบริการทั้งหมด ในคำอื่นๆ ลูกค้าจาก แนวความคิดบริการจากรากฐานการประเมินคุณภาพในหลายระดับและนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินค่ามารวมกับปัจจัยการประเมินค่า

ตารางที่ 1 ปัจจัยคุณภาพของร้านอาหารและองค์ประกอบ

PQ	**ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environment Quality)**	
	P1	บรรยากาศ – สภาพแวดล้อมของร้านอาหารและบรรยากาศโดยรวม
	P2	การออกแบบร้าน – การออกแบบพื้นที่ภายในร้านสะอาด ได้มาตรฐาน การเดินทางสะดวก
	P3	ปัจจัยทางด้านสังคม – คุณภาพการบริการ ให้ประสบการณ์ที่ดีแก่ลูกค้า
IQ	**ปัจจัยด้านปฏิสัมพันธ์ (Interaction Quality)**	
	I1	ทัศนคติ – พนักงานให้บริการที่ดี น่าประทับใจ บุคลิกภาพของบริกรมีส่วนเกี่ยวข้องด้วยเช่นกัน
	I2	พฤติกรรม – พนักงานมีความนอบน้อมถ่อมตนและซื่อสัตย์

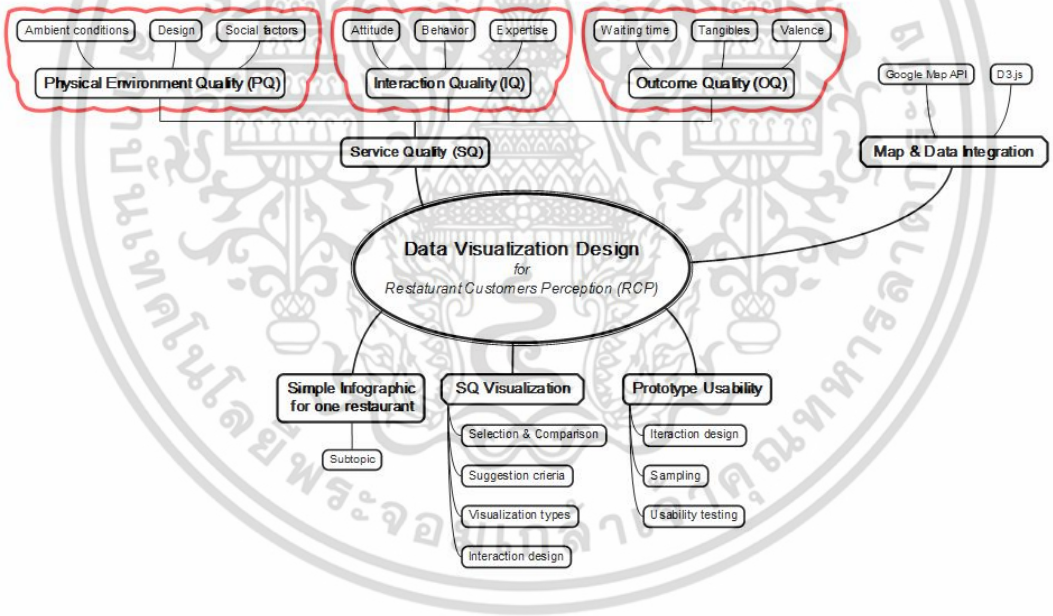
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	I3	ความชำนาญ – พนักงานมีประสบการณ์ทำงานอย่างเข้าใจ
OQ	**ปัจจัยด้านผลลัพธ์ (Outcome Quality)**	
	O1	เวลาที่รอคอย – และการบริหารเวลา
	O2	คุณภาพที่จับต้องไม่ได้ – เช่น การดำเนินงานหรือบริการที่
		ไม่มีข้อผิดพลาดหรือมีข้อผิดพลาดน้อย
	O3	ความประทับใจ – ความประทับใจของลูกค้ากับร้านอาหาร ประสบการณ์ที่ดีที่ได้รับ

รูปที่ 2. สามกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้คุณภาพบริการร้านอาหารของลูกค้า [6]

การพัฒนาวิชวลไลเซชัน

3.0 กรอบแนวความคิดงานวิจัย



รูปที่ 3 กรอบแนวความคิดงานวิจัย

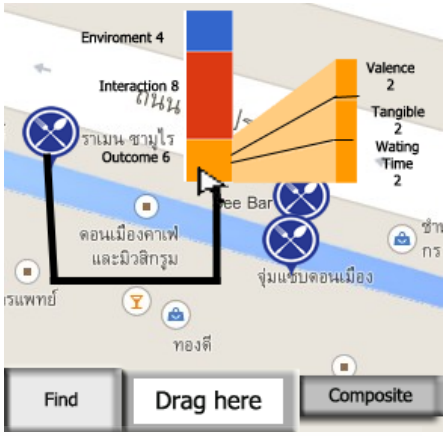
3.1 การออกแบบการวิจัย

กรอบความคิดงานวิจัยของวิชวลไลเซชันดังรูปภาพที่ 3 เป็นแนวความคิดที่นำมาใช้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทางความคิดได้นำปัจจัยหลักๆสามหลักของ Ryu Han[4] และ Michael K. Bradly [6] โดยการนำปัจจัยสามปัจจัยนั้นมาร่วมกับข้อมูลภาพ Amanda Corner [2] และหลักการวิชวลไลเซชัน แสดงโดยใช้ D3 โดยการที่แสดงผลนั้นมีหลักการทดสอบโดยใช้ Usability test เพื่อความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวิชวลไลเซชัน

เนื่องจากสมัยนี้ปัจจุบันการค้นหา พิกัดและร้านค้าเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้ ค้นหามีความสำคัญมากและสิ่งที่นิยมใช้อย่างหนึ่งคือ Web service และแผนที่ เป็นที่นิยม ผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษาใน web service 2.0 และ google map เพื่อสืบหาร้านอาหารที่มีความต้องการตามผู้บริโภค ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกเข้าร้านอาหารแตกต่างกันแต่ละปัจจัย[4] ข้อมูลแต่ปัจจัยมีเป็นจำนวนมาก ในการแสดงผลของข้อมูลมีการเลือกใช้การนำเสนอข้อมูลแบบวิชวลไลซัน[2] โดยใช้กรอบแนวคิดโปรแกรม D3 ในการนำเสนอเดต้าวิชวลไลเซชัน



4(ก) สัญลักษณ์ร้านอาหาร 3 แห่งบนกูเกิ้ลแมพ (เริ่มต้น)

4(ข) การแสดงข้อมูล {PQ, IQ, OQ} เมื่อเลือกร้านอาหารที่สนใจ

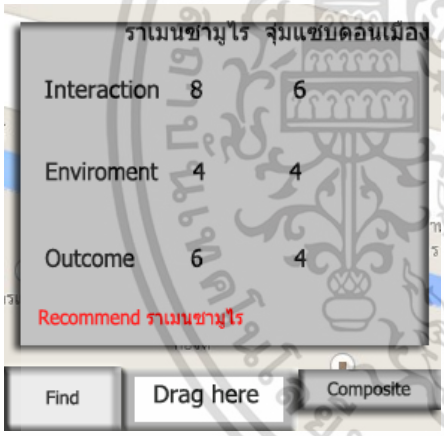
4(ค) การแสดงข้อมูล P1, P2,[P3} เมื่อเลือกข้อมูล [PQ]

รูปที่ 4 แสดงลำดับการนำเสนอวิชวลไลเซชันของร้านอาหารหนึ่งๆ เมื่อผู้ใช้เริ่มใช้งานเว็บเซอร์วิสและกูเกิลแมพ แผนที่จะมีการแสดงภาพร้านอาหารโดยแทนด้วยสัญลักษณ์ดังรูปที่ 4(ก) ในกรณีต้องการดูข้อมูลร้านอาหารที่เลือกสามารถนำเมาส์ไปเลือกดังรูปที่ 4(ข) และจะแสดงวิชวลไลเซชันโดยใช้ D3 ถ้าต้องการดูข้อมูลในเชิงลึก เหตุการณ์ตัวอย่างต้องการดูข้อมูล[P] สามารถนำเมาส์ไปเลือกดังรูป4(ค) มีการแสดงข้อมูลจำนวนมาก

5(ก) เคลื่อนย้ายร้านอาหารที่ต้องการเปรียบเทียบลงกล่องเครื่องมือ

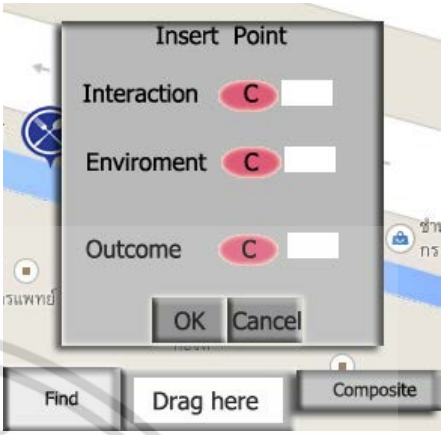
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5(ข) แสดงข้อมูลD3 โดยที่มีการเปรียบเทียบข้อมูล



5(ค) ข้อมูลร้านที่เปรียบเทียบและแนะนำร้านอาหาร

รูปที่ 5 แสดงลำดับการนำเสนอวิชวลไลเซชันของร้านอาหาร เมื่อผู้ใช้เริ่มใช้งานเว็บเซอร์วิสและกูเกิลแมพแผนที่จะแสดงสัญลักษณ์ดังรูปที่ 5(ก) ในกรณีต้องการเปรียบเทียบร้านอาหารสองร้านขึ้นไป สามารถนำเมาส์ไปคลิกเลือกร้านอาหารที่ต้องการเปรียบเทียบทำการเคลื่อนย้าย ลงกล่องเครื่องมือ คลิกปุ่ม Composite ดังรูปที่ 5(ก) D3.js จะทำการแสดงข้อมูลโดยมีการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5(ข) โดยใช้ขนาดในการเปรียบเทียบ ถัดไปมีการแสดงข้อมูลร้านอาหารที่เปรียบเทียบ ดังรูปที่ 5(ค) โดยมีการใช้หลักการคำนวณโดยใช้การให้น้ำหนัก โดยให้ลูกค้าเป็นผู้ให้คะแนนน้ำหนักตามแต่ละปัจจัยต่างๆ โดยมีการลงคะแนนสามารถลงได้ทั้งปัจจัยย่อยและปัจจัยหลัก ตัวอย่างเช่น เมื่อ มีการให้น้ำหนักแต่ละปัจจัยดังนี้IQ(Interaction Quality) =3 EQ(Enviroment Quality)=4 OQ(Outcome Quality)=4 โดยค่าน้ำหนักต่างๆนี้จะนำไปคำณวนกับค่าคะแนนทางทัศนคติ



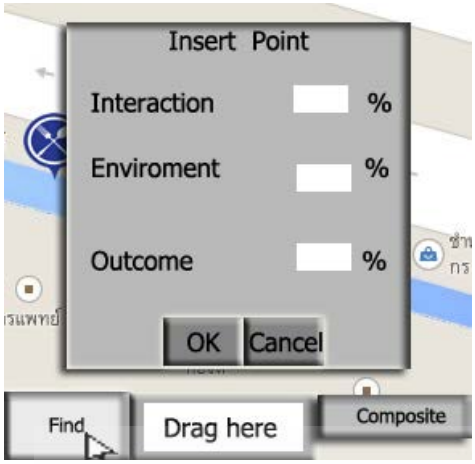
รูปที่ 6 หน้าจอการแสดงให้ลงคะแนนของลูกค้า

ตารางที่ 2 ผลการคำณวนค่าคะแนนทางทัศนคติ

	IQ	EQ	OQ	คะแนนรวม
ร า เ ม็ น ซามูไร	8x0.3	4x0.4	6x0.4	6.4
จุ่มแซบดอนเมือง	6x0.3	4x0.4	4x0.4	5.

รูปที่ 7 แสดงถึงขั้นตอนการค้นหาโดยใช้การให้ค้นหาร้านอาหารบนกูเกิลแมพ โดยการคลิกปุ่ม Find เพื่อค้นหาร้านค้าที่ต้องการโดยใช้ปัจจัยหลักสามอย่างคือ คุณภาพ สภาพแวดล้อม ราคา[4] โดยหลังจากใส่ค่าตามปัจจัยที่ต้องการระบบจะแสดงผลเป็นดังรูปที่4(ข)เพื่อชี้แจงร้านที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 การแสดงผลเมื่อต้องการค้นหาตามปัจจัย

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

ตามแนวคิดของ Ryu Han[4] ซึ่งจัดกลุ่มตัวแปรทั้งหมด 9 ตัวแปร ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเรื่องร้านอาหารเป็นสามกลุ่ม คือกลุ่มปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ด้านปฏิสัมพันธ์ และด้านผลลัพธ์ การนำเสนอวิชวลไลเซชันใช้กูเกิ้ลแมพแสดงตำแหน่งร้านอาหารและแสดงข้อมูลปัจจัยดังกล่าว โดยมีการตอบสนองกับผู้ใช้เพื่อกรองข้อมูลวิชวลไลเซชัน แล้วแนะนำเบื้องต้นเมื่อมีการเปรียบเทียบร้านอาหาร การพัฒนาแอพพลิเคชันของงานวิจัยใช้กรอบเดต้าเบสเป็นหลัก

เอกสารอ้างอิง

[1] ลาวัลย์ ศรีศักดิ์วัฒนะ, "การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับอุตสาหกรรมไอซีทีไทย," วิทยานิพนธ์ วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์สารสนเทศศาสตร์ สถาบันสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2554.

[2] A. Carmer, "Information Visualization, Why Infographics are Everywhere," 2013.

[3] J. E. Stewart, S. E., Battersby, A. Lopez-De Fede, K. C. Remington, J. W. Hardin, and K. Mayfield-Smith, "Diabetes and the socioeconomic and built environment: geovisualization of disease prevalence and potential contextual associations using ring maps," *Int J Health Geogr*, vol. 10, p. 18, Mar. 2011.

[4] K. Ryu, and H Han, "Influence of the Quality of Food, Service, and Physical Environment on Customer Satisfaction and Behavioral Intention in Quick-Casual Restaurant: Moderating Role of Perceived Price," Journal of Hospitality & Tourism Research, vol. 34 no. 3, pp. 310-329, Aug. 2010.

[5] M. K. Brady and J. J. Cronin Jr, "Some new thoughts on conceptualizing perceived service quality: a hierarchical approach," Journal of Marketing, vol. 65, no. 3, pp. 34–49, Jul. 2001.

[6] M. J. Bitner, "Servicescapes : The impact of physical surrounding on customers and employees," Journal of Marketing, vol. 56, no. 2, pp. 57-71, Apr. 1992.

[7] "D3.js - Data-Driven Documents." [Online]. Available: http://d3js.org/. [Accessed: 12-Jan-2015].

[8] S. Murray, Interactive data visualization for the web, 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2013.

[9] R. Arnheim, *Art and visual perception: a psychology of the creative eye*, New version, expanded and rev. ed. Berkeley: University of California Press, 1974.

[10] C. Chen, *Information Visualization Beyond the Horizon. (2nd edition)*, pp. 8, 10, London: Springer, 2004

[11] C. M. Barnum, *Usability testing essentials: ready, set-- test.* Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers, 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรู้จำเสียงพูดภาษาไทยในสภาพแวดล้อมเสียงรบกวนโดยใช้ PocketSphinx : กรณีศึกษาการนับสินค้าคงคลัง

An Experiment of Thai Speech Recognition in a Noisy Environment using PocketSphinx : A Case of Inventory Counting

อุดม ไดพร้อม[1], วีรวุฒิ ทัพหิกรรม[2], ดัชกรณ์ ตันเจริญ[3]
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
85/1 หมู่ 2 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บางตลาด อ.ปากเกร็ด จังหวัด นนทบุรี 11120
[1] u.daiphorm@gmail.com
[2] weerawuttha@pim.ac.th
[3] datchakorntan@pim.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการรู้จำเสียงพูด (Speech Recognition) ได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตเป็นอย่างมาก โดยประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีการรู้จำเสียงพูดก่อให้เกิดความสะดวกสบาย เช่น การใช้คำสั่งเสียง (Voice Command) ในการสั่งเปิดหรือปิดอุปกรณ์ต่างๆ หรือการใช้โทรศัพท์มือสั่งการเพื่อเข้าสู่โปรแกรมต่างๆ นอกจากนั้นเทคโนโลยีนี้ยังมีความสำคัญต่อคนพิการทางสายตาเป็นอย่างมาก เนื่องจากบุคคลเหล่านี้ไม่สามารถมองเห็นได้ จึงจำเป็นต้องใช้คำสั่งเสียง รวมทั้งคนปกติก็ได้รับประโยชน์เช่นเดียวกัน คือ การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์เทคโนโลยีการรู้จำเสียงพูดโดยนำมาใช้ในการนับของเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกรวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้มือในการจดบันทึกสินค้าและจำนวนลงบนกระดาษหรือป้อนข้อมูลด้วยการพิมพ์ ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาจะทำงานบนโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือที่มีจำนวนผู้ใช้มากที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งจากผลการทดลองในสภาพแวดล้อมต่างๆ หลังการปรับโมเดลเสียง มีอัตราความผิดพลาดในการรู้จำเสียงพูดลดลง

คำสำคัญ: การรู้จำเสียงพูด, สภาพแวดล้อมเสียงรบกวน

Abstract

Recently, speech recognition technologies play an increasingly important role in everyday life. Speech recognition applications have become very popular and increased convenience of using Smartphone such as voice commands, turn on/off hardware and access the different apps and features on Smartphone. Speech recognition technology can be very helpful for users who are blind or visually impaired because operating Smartphone with difficulties seeing is complicated task. In addition, general Smartphone users can also benefit from this technology such as the rapidity and ease of operation.

The purpose of developing this project is to apply technology of speech recognition to items counting system. Speech recognition not only makes it easier and quicker to use Smartphone, it also allows hands-free use in situations where our hands are busy such as counting stock items in retail. Speech recognition can improve the working speed by counting items and memorizing quantities without any paper note or typing on devices.

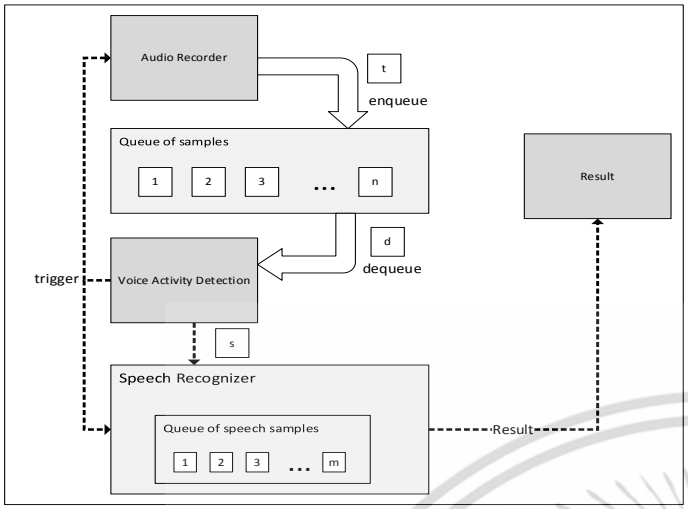
Goal of this project is to develop items counting system by speech that can run on smart phones with the Android operating system, which has increasingly number of users. Furthermore, this system can operate under noisy environment such as office and convenience store. The simulation results show that improvement of speech recognition model can reduce error rate.

Keywords: Speech Recognition, Noisy Environment

1. บทนำ

ปัจจุบันร้านสะดวกซื้อหลายแห่งมีสินค้าสำหรับจำหน่ายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากความต้องการของลูกค้าในการซื้อสินค้าต่างกัน ส่งผลให้ร้านสะดวกซื้อจำเป็นต้องมีสินค้าเป็นจำนวนมากเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้า ในขณะเดียวกันผลกระทบที่เกิดจากการมีจำนวนสินค้ามาก คือ ความยุ่งยากสำหรับการตรวจนับสินค้า ผู้จัดทำขอยกตัวอย่างเป็น ร้านสะดวกซื้อเซเว่น อีเลฟเว่น ซึ่งเป็นร้านสะดวกซื้อขนาดใหญ่ ที่มีสาขามากกว่า 8,000 สาขาทั่วประเทศไทย สำหรับการตรวจนับสินค้าภายในร้านเซเว่น อีเลฟเว่น จะมีการตรวจนับ 1 ครั้ง ต่อ 1 เดือน โดยจะมีพนักงานสำหรับตรวจนับสินค้าโดยเฉพาะ พนักงานตรวจนับสินค้าจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาเป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกการตรวจนับ ในขั้นตอนการบันทึกการตรวจนับสินค้า พนักงานจะทำการสแกนรหัสแท่งของสินค้า แล้วกรอกจำนวนโดยการกดปุ่มบนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาเพื่อบันทึกจำนวนสินค้า ตามกระบวนการทำงานของพนักงานตรวจนับสินค้านี้ จะมีปัญหาในการตรวจนับสินค้าที่มีความล่าช้า เนื่องจากการกดปุ่มตัวเลข หากกดตัวเลขเร็วขึ้น ก็มีโอกาสในการใส่ข้อมูลผิดพลาดมากขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ระบบการทำงานส่วนการรู้จำเสียงพูด

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงพัฒนาระบบนับของด้วยเสียงภายใต้สภาพแวดล้อมเสียงรบกวน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยระบบนับของด้วยเสียงจะกรอกจำนวนของสินค้าโดยการพูดตัวเลข ทำให้เกิดความรวดเร็วในการนับสินค้า เปรียบเสมือนการมีพนักงาน 2 คน ทั้งคนที่นับสินค้า และคนที่จดบันทึกจำนวน ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพกับร้านสะดวกซื้อในการตรวจนับสินค้าได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

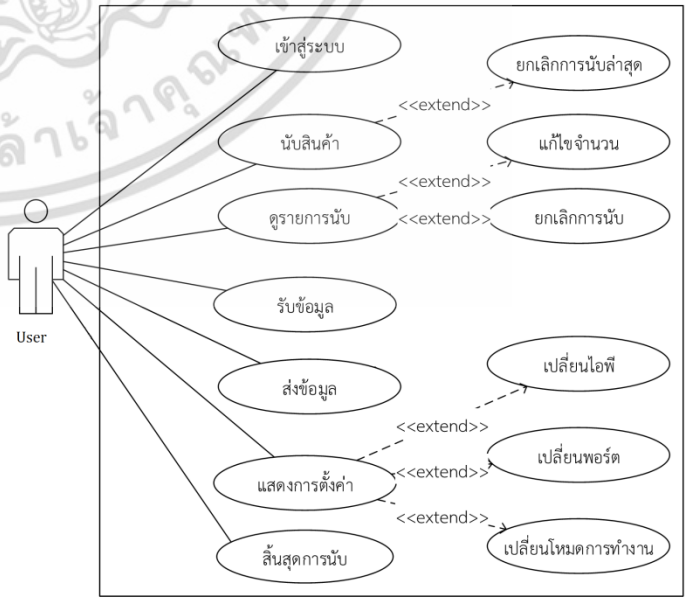
1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับบันทึกการตรวจนับของด้วยเสียงพูดบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการตรวจนับของภายในร้านสะดวกซื้อ
3. เพื่อเพิ่มศักยภาพในการทำงานของพนักงานตรวจนับของ
4. เพื่อการศึกษาการรู้จำเสียงพูด

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาโครงงานระบบนับของด้วยเสียง เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรู้จำเสียงพูดให้เกิดประโยชน์ โดยการพัฒนาส่วนของการรู้จำเสียงพูดได้ใช้ PocketSphinx [1] เป็นเครื่องมือในการพัฒนา ซึ่งเป็นโปรแกรม Open Source และมี Library สำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบสำหรับการรู้จำเสียงพูด [2] สิ่งสำคัญที่สุด คือ โมเดลเสียง ในการฝึกฝนโมเดลเสียงจะต้องใช้ข้อมูลเสียงเป็นจำนวนมากเพื่อประสิทธิภาพที่ดีของโมเดลเสียงและการรู้จำเสียงพูด โดยการฝึกฝนโมเดลเสียงให้มีประสิทธิภาพสูงจะต้องใช้เสียงที่บันทึกจากสภาพแวดล้อมจริง และใช้วิธีการปรับโมเดลเสียงซึ่งรวบรวมข้อมูลเสียงจากการบันทึกเสียงในร้านสะดวกซื้อแล้วนำมาใช้ปรับโมเดลเสียง ส่วนข้อมูลเสียงที่นำมาฝึกฝนโมเดลใช้ฐานข้อมูลเสียง LOTUS (Large vOcabulary Thai contInoUos Speech recognition Corpus) [3] ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเสียงขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นโดยศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเสียงที่บันทึกจากสภาพแวดล้อมที่เงียบ เหมาะที่จะนำมาฝึกฝนและเป็นพื้นฐานในการปรับโมเดลเสียง [4] ซึ่งจะเน้นที่การปรับโมเดลเสียงเพื่อการนับสินค้าเป็นหลัก

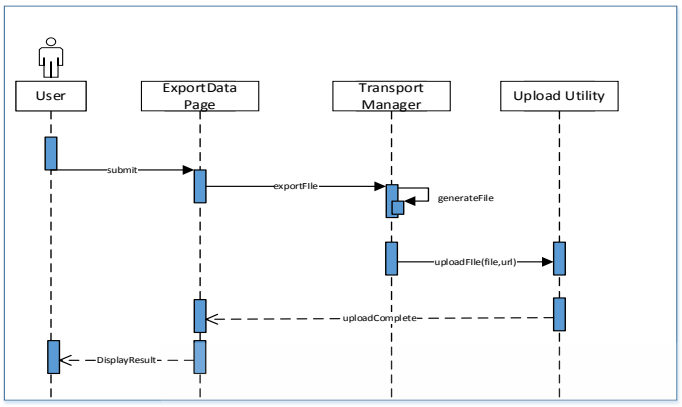
สำหรับการบันทึกเสียงในร้านสะดวกซื้อเพื่อการนับสินค้า จะทำการบันทึกจากผู้พูดจำนวน 15 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 8 คน และเพศหญิง 7 คน ซึ่งแต่ละคนจะพูดคนละ 40 ประโยค โดยใช้สำหรับปรับโมเดลเสียงโดยเฉพาะ ซึ่งจะแตกต่างกับคำที่ใช้ในส่วนผลวิจัยในหัวข้อถัดไป ซึ่งประโยคสำหรับปรับโมเดลเสียงจะทำการบันทึกเสียงผ่านโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เมื่อได้ทำการรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงทำการฝึกฝนโมเดลเสียงและปรับโมเดลเสียง 3 แบบ ประกอบด้วย เสียงแบบไม่แบ่งเพศและผู้พูด เสียงแบบแบ่งตามเพศ และเสียงแบบแบ่งตามผู้พูด

การพัฒนาระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนรู้จำเสียงพูดและส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วย การพัฒนาส่วนรู้จำเสียงพูดด้วยเครื่องมือ PocketSphinx ซึ่งสามารถทำงานแบบ Real Time และมีการรู้จำเสียงพูดที่แม่นยำ โดยมีกระบวนการกรองเสียงพูดก่อนนำไปประมวลผล เรียกว่าการตรวจจับพฤติกรรมเสียงพูดโดยมีการตรวจจับเสียงว่าเป็นเสียงคนพูดหรือเสียงรบกวน [5] ซึ่งกระบวนการนี้สามารถตรวจจับการเริ่มพูดและการหยุดพูดได้ ส่งผลให้สามารถทราบถึงผลลัพธ์ของการรู้จำเสียงพูดโดยอัตโนมัติ [6] การทำงานในส่วนของการรู้จำเสียงพูดแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งระบบโดยภาพรวมจะประกอบด้วยตัวบันทึกเสียง (Audio Recorder) ซึ่งเสียงจะถูกนำไปเรียงและคัดเฉพาะส่วนที่มีเสียงพูดโดยตัดส่วนที่เงียบออกเพื่อตรวจจับการเริ่มพูดและการหยุด (Queue of Samples, Voice Activity Detection) หลังจากได้เสียงพูดแล้วจึงนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำเสียงพูดต่อไป (Speech Recognizer)



รูปที่ 2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User) ของระบบนับของด้วยเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ลำดับการทำงานของการส่งข้อมูล

เมื่อทำการสร้างโมเดลในส่วนการรู้จำเสียงพูดสำเร็จแล้ว [7] ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์และออกแบบระบบอีกส่วนหนึ่ง คือ การพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ผู้จัดทำจะทำการวิเคราะห์ภาพรวมของกระบวนการทำงานโดยวิเคราะห์จากฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ที่ จำเป็นในการใช้งานระบบ ซึ่งจะใช้ Use case Diagram ดังรูปที่ 2 ในการอธิบายเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายมากขึ้น โดยขั้นตอนแรกในการใช้งานต้องทำการเข้าสู่ระบบ เพื่อใช้งานฟังก์ชันอื่นๆเช่น การนับสินค้าและดูรายการนับ ซึ่งสามารถแก้ไขหรือยกเลิกการนับได้ หรือการรับส่งข้อมูลการนับสินค้าไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3 การทำงานของการส่งข้อมูลได้ออกแบบไว้ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่สามารถเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ได้ เมื่อผู้ใช้เชื่อมต่อเซิร์ฟเวอร์ได้ตามปกติ จะมีการแจ้งเตือนผู้ใช้หลังจากทำการอัพโหลดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว (Display Result)

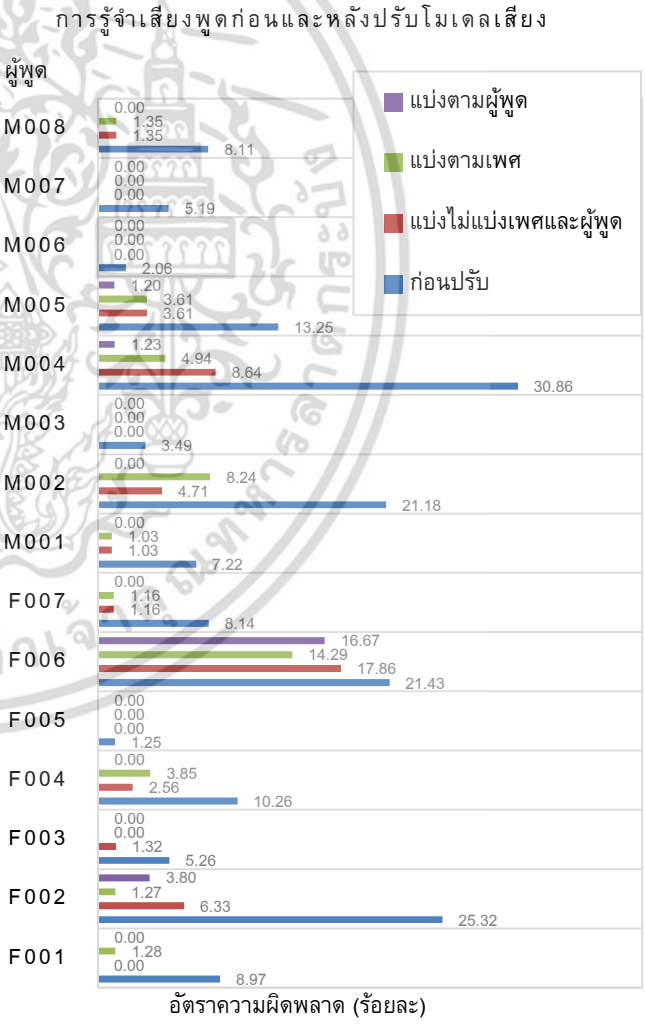
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดสอบการฝึกฝนและปรับโมเดลเสียง ได้ผลการรู้จำเสียงพูดโดยใช้โมเดลที่ผ่านการปรับทั้งสามแบบดังนี้ การปรับโมเดลเสียงที่ส่งผลให้การรู้จำเสียงพูดมีอัตราความแม่นยำมากที่สุด คือ การปรับโมเดลเสียงแบบแบ่งตามผู้พูด โดยมีอัตราความผิดพลาดร้อยละ 11.08 รองลงมา คือ การปรับโมเดลเสียงแบบแบ่งตามเพศ และการปรับโมเดลเสียงแบบไม่แบ่งตามเพศ ซึ่งมีอัตราความผิดพลาดร้อยละ 2.80 และ 3.30 ตามลำดับ ในการปรับโมเดลเสียงทั้งสามแบบมีชุดทดสอบจากผู้พูดจำนวน 4 คนที่มีอัตราความแม่นยำสูงสุด ซึ่งมีอัตราความผิดพลาดร้อยละ 0 ได้แก่ ผู้พูด F005 M003 M006 และ M007 ดังแสดงในรูปที่ 4

โดยการเลือกใช้โมเดลในการรู้จำเสียงพูด สำหรับพัฒนาระบบนับของด้วยเสียง คือ โมเดลที่ผ่านการปรับแบบไม่แบ่งเพศและผู้พูด เนื่องจากในการนับสินค้านั้นพนักงานนับสินค้าจะมีทั้งเพศชายและเพศหญิง จึงเลือกใช้โมเดลเสียงดังกล่าว

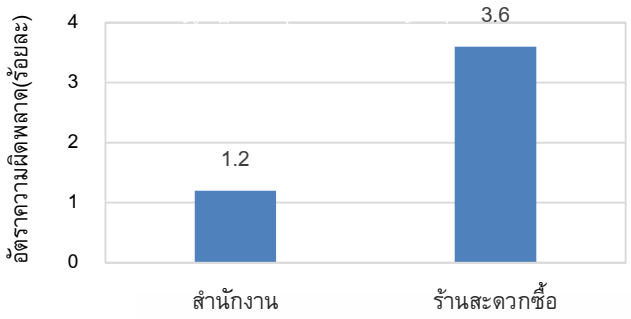
ระบบนับของด้วยเสียงภายใต้สภาพแวดล้อมเสียงรบกวน พัฒนาขึ้นให้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ให้สะดวกน่าใช้ และนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง [8] เช่น เพิ่มความสะดวกในการนับสินค้า เพิ่มศักยภาพในการทำงานให้สามารถนับสินค้าได้อย่างรวดเร็วขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำเสียงพูดจะต้องใช้โมเดลเสียงที่มีคุณภาพดีในกรณีที่แต่ละอุปกรณ์มีผู้ใช้เฉพาะเพียงหนึ่งคน สามารถใช้โมเดลเสียงที่มีการปรับแบบแบ่งตามผู้พูดได้ โดยจะให้ผลการทดสอบที่มีความแม่นยำสูงที่สุด จากการพัฒนาระบบนับของด้วยเสียงพูด ได้ทดลองวัดประสิทธิภาพของระบบ 2 ลักษณะสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพแวดล้อมในสำนักงาน และสภาพแวดล้อมในร้านสะดวกซื้อ โดยใช้คำทั้งหมด 50 คำ และได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 เห็นผลการทดสอบการรู้จำเสียงพูดใน 2 สภาพแวดล้อม โดยประสิทธิภาพการรู้จำเสียงในสำนักงานจะดีกว่าในร้านสะดวกซื้อ ซึ่งในสำนักงานและร้านสะดวกซื้อมีอัตราความผิดพลาดร้อยละ 1.2 และ 3.6 ตามลำดับ ซึ่งอัตราความผิดพลาดในร้านสะดวกซื้อจะสูงกว่าสองเท่า สาเหตุที่อัตราความผิดพลาดการรู้จำเสียงพูดในร้านสะดวกซื้อสูงกว่าเนื่องจากภายในร้านมีเสียงรบกวนมากซึ่งมีผลกระทบต่อความแม่นยำในการรู้จำเสียงพูด



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความผิดพลาดของการรู้จำเสียงพูดก่อนและหลังปรับโมเดลเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอัตราความผิดพลาดในการรู้จำเสียงพูดของสภาพแวดล้อมในสำนักงานและร้านสะดวกซื้อ

5. สรุป

การรู้จำเสียงพูดจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงรบกวนน้อย การรู้จำเสียงพูดในสำนักงานซึ่งมีเสียงรบกวนน้อยจะมีอัตราความผิดพลาดร้อยละ 1.2 ซึ่งอัตราความผิดพลาดในร้านสะดวกซื้อซึ่งมีเสียงรบกวนมากจะสูงกว่าถึงสองเท่าคือร้อยละ 3.6 ตามลำดับ สำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงรบกวนระดับร้านสะดวกซื้อได้ผลระดับพอใช้โดยที่ผู้พูดจำเป็นต้องพูดเสียงให้ดังกว่าเสียงรบกวนนั้น ระบบสามารถเพิ่มความถูกต้องได้โดยใช้ชุดหูฟังและไมโครโฟนที่มีคุณสมบัติในการกำจัดเสียงรบกวน โดยจะทำให้โปรแกรมรู้จำเสียงพูดมีความถูกต้องมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเสียง ศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้การปรึกษาและฐานข้อมูลเสียง (Large vOcabulary Thai contInoUos Speech recognition Corpus) สำหรับการฝึกฝนโมเดลเสียงในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณบริษัท โกซอฟท์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ดูแลระบบภายในร้านเซเว่น อีเลฟเว่น ที่ให้ความกรุณาให้ความรู้และข้อมูลในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานจริงในการนับสินค้าภายในร้านเซเว่น อีเลฟเว่น ตลอดจนการให้การสนับสนุนด้านต่างๆ เช่น เครื่องมือ อุปกรณ์ในการพัฒนาและการทดสอบระบบ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ที่ให้โอกาสผู้จัดทำได้จัดทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Huggins-Daines, M. Kumar, A. Chan, A.W. Black, M. Ravishankar & A.I. Rudnicky, “Pocketsphinx: A Free, Real-Time Continuous Speech Recognition System for Hand-Held Devices,” in 2006 IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing, Toulouse, France, 2006.

[2] W. Walker, P. Lamere, P. Kwok, B. Raj, R. Singh, E. Gouvea, P. Wolf and J. Woelfel, “Sphinx-4: A Flexible Open Source Framework for Speech Recognition,” in SMLI TR-2004-139, Nov. 2004.

[3] P. Cotsomrong, T. Sunpetchniyom, S. Kasuriya, N. Thatphithakkul & C. Wutiwiwatchai, “LOTUS: Large vOcabulary Thai contInUous Speech Recognition Corpus,” in NAC2005, Nonthaburi, Thailand, 2005.

[4] บุญเสริม กิจศิริกุล, ณัฐกร ทับทอง, “การพัฒนาระบบรู้จำเสียงพูดภาษาไทย,”โครงการเชื่อมโยงการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[5] Freeman D.K., Cosier G., Southcott C.B., Boyd., “The Voice Activity Detector for the PAN-European Digital Cellular Mobile Telephone Service,” International Conference on Acoustics, 1989.

[6] Jon P. Nedel, “Duration normalization for robust recognition of spontaneous speech via missing feature methods,” Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon University, 2004.

[7] J. Baker, “Stochastic Modeling as a Means of Automatic Speech Recognition,” Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon University, 1975.

[8] มนตรี โพธิโสโนทัย, เฉลิมภัณฑ์ ฟองสมุทร, “วิธีการรู้จำเสียงพูดภาษาไทยแบบทนทานต่อเสียงรบกวนภายนอก,” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, ฉบับที่ 13, มกราคม – มิถุนายน 2554.

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเปรียบเทียบเอพีไอสำหรับระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Comparative Study of API for Speech-to-Speech Translation System on Android

พัณณ์ชิตา ชมวิหก[1], ญาดา อัมภรัตน์[2], มานพ พันธ์โคกกรวด[3]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอย ฉลองกรุง 1 เขต/แขวง ลาดกระบัง กทม. 10520
[1] s4070020@kmitl.ac.th
[2] s4070058@kmitl.ac.th
[3] manop@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบเอพีไอสำหรับระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติและวัดประสิทธิภาพของ API ในส่วนของ Speech-to-Text, Translation และ Text-to-Speech เพื่อเลือก API ที่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติเหมาะสำหรับแอพพลิเคชั่นแปลภาษาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จากการศึกษาเปรียบเทียบทำให้พบว่า Google Speech Recognition API, Bing Translator Control API และGoogle Text-to-Speech API มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพเหมาะสำหรับแอพพลิเคชั่น และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ API ดังกล่าว จึงทำการทดสอบในแต่ละส่วนด้วยการออกเสียงที่แตกต่างกัน 2 แบบ จากผลการดำเนินงานผู้จัดทำพบว่า Google Speech Recognition API มีความถูกต้องในการรับเสียงอย่างมาก ส่วน Bing Translator Control API มีความถูกต้องในการแปลภาษาอยู่ในระดับปานกลาง และ Google Text-To-Speech API จากการทดสอบฟังเสียง มีความเป็นธรรมชาติของเสียงและผู้ฟังสามารถเข้าใจความหมายของประโยคได้ดี

คำสำคัญ: แปลภาษาด้วยเสียงพูด, ระบบแปลภาษา, แอนดรอยด์

Abstract

Comparative study characteristic and measure the performance of the Application Programming Interface (API) in the speech-to-text process, translation process and text-to-speech process. In order to select API that appropriate for speech translation system on Android. In the comparative study, we found Google Speech Recognition API, Bing Translator Control API and Google Text-to-Speech API have the most characteristic that appropriate for application. In order to experiment the effectiveness of the API, we conducted the experiment with two types of speech. The results shown that Google Speech Recognition API is the most accuracy in speech recognition. Bing Translator Control API is moderate accuracy in language translation and Google Text-to-Speech API has a naturalness in synthetic speech include a listener able to understand meaning of sentence.

Keywords: Speech-to-Text, Text-to-Speech, Translation

1. บทนำ

การติดต่อสื่อสารคือการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิด ระหว่างบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่ง โดยมีสื่อกลางคือภาษา ซึ่งในบางครั้งจะเกิดอุปสรรคในการสื่อสาร เนื่องจากมีการสื่อสารกันคนละภาษา อย่างเช่นในประเทศไทยมีภาษาของตัวเองคือภาษาไทยแต่ในการสื่อสารกันนั้นจะใช้ภาษาสากลคือ ภาษาอังกฤษ ในความเป็นจริงบุคคลบางกลุ่มอาจจะไม่มีความเชี่ยวชาญในการใช้ภาษาอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาษาประจำชาติของตนเอง ดังนั้นอาจจะมีปัญหาทางด้านการสื่อสารเกิดขึ้นได้ จากปัญหาข้างต้นจึงเกิดระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์(Android) โดยเลือกใช้ความสามารถของชุดเครื่องมือหรือที่เรียกว่า Application Programming Interface (API) ในการพัฒนาส่วนต่างๆ ของระบบ เพื่อช่วยลดอุปสรรคและลดช่องว่างในการติดต่อสื่อสาร ซึ่งในอดีตได้มีการศึกษาพัฒนาเกี่ยวกับระบบที่ช่วยลดอุปสรรคการติดต่อสื่อสารอย่างต่อเนื่อง อย่างเช่นในงานวิจัยของ Tomalin และคณะ [1] ได้ศึกษาและพัฒนาระบบแปลภาษาจากเสียงพูดภาษาแมนดารินเป็นข้อความภาษาอังกฤษ รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพการทำงานของทั้งระบบ นอกจากนั้นมีการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยการแปลงข้อความของภาษาหนึ่งเป็นเสียงพูดของอีกภาษาหนึ่ง [2] ซึ่งงานวิจัยนี้เกี่ยวกับการแปลภาษาจากภาษาสิงหลเป็นภาษาอังกฤษ ภาษาสิงหลเป็นภาษาพื้นเมืองของประเทศศรีลังกา โดยงานวิจัยนี้พัฒนาเพื่อช่วยลดอุปสรรคการใช้ภาษาอังกฤษ และช่วยให้การเรียนรู้ภาษาอังกฤษสามารถทำได้ง่ายขึ้น ทำให้ในการพัฒนาจะให้ความสำคัญกับความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์, ความสอดคล้อง, ความเร็ว, ความถูกต้องแม่นยำของระบบเป็นหลัก จะเห็นได้ว่ามีการพัฒนาระบบแปลภาษาอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานระบบแปลภาษามากขึ้น จึงได้มีการพัฒนาระบบแปลภาษาแบบ Speech-to-Speech ซึ่งในงานวิจัยของ Hashimoto และคณะ [3] ได้มีการศึกษาวิเคราะห์ผลลัพธ์ของระบบการแปลภาษาด้วยเสียงพูดจากภาษาฟินแลนด์เป็นภาษาอังกฤษ โดยผลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

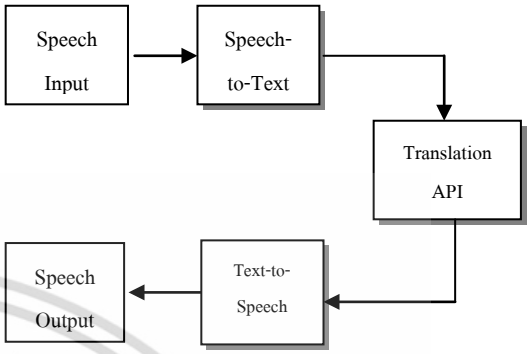
เขาได้จากการวิเคราะห์พบว่าความเป็นธรรมชาติของเสียงและความเข้าใจความหมายของประโยคจากการฟังเสียงจะขึ้นอยู่กับผลลัพธ์จากการแปลภาษาโดยตรง นอกจากนั้นได้มีการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดจากภาษาเกาหลีเป็นภาษาอังกฤษ, ภาษาเกาหลีเป็นภาษาญี่ปุ่น และภาษาเกาหลีเป็นภาษาจีน [4] โดยระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดนี้ใช้งานผ่านอินเตอร์เน็ต นอกจากจะวัดประสิทธิภาพของระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดแล้วยังได้พิจารณาการออกแบบ UI ของระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูด โดยสำรวจความต้องการจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาออกแบบระบบ เพื่อลดความยากง่ายในการใช้งาน รวมถึงการลดลงของข้อผิดพลาดในกระบวนการแปลภาษาอีกด้วย ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าผู้ใช้พอใจกับการใช้งาน และทำให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูด

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดที่สามารถรองรับภาษาไทยได้ด้วยยังไม่มีการพัฒนาอย่างแพร่หลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาออกแบบและพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดที่สามารถรองรับการแปลภาษาไทยได้บนระบบปฏิบัติการ Android ทั้งนี้เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของ API ในแต่ละส่วนของระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูด และนำเอา API ที่ได้เลือกจากการศึกษาและเปรียบเทียบมาวัดประสิทธิภาพโดยการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การศึกษาและเปรียบเทียบเอพีไอสำหรับระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะศึกษาคุณสมบัติของ API ในส่วนของ Speech-to-Text, Translation และ Text-to-Speech เพื่อเลือก API ที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และทดสอบประสิทธิภาพของ API ที่ถูกเลือกโดยดำเนินการทดสอบแบบแยกส่วน ซึ่งในกระบวนการของ Speech-to-Text จะทดสอบด้วยการพิจารณาความถูกต้องของการรับเสียงจากการออกเสียง 2 ลักษณะ คือ ออกเสียงทีละคำและออกเสียงต่อเนื่อง ส่วนกระบวนการ Translation จะทดสอบด้วยการนำผลลัพธ์จากกระบวนการ Speech-to-Text มาแปลเป็นข้อความอีกภาษาหนึ่งเพื่อวัดประสิทธิภาพการสื่อความหมายการแปลว่าตรงกับภาษาเดิมหรือไม่ และในกระบวนการสุดท้าย Text-to-Speech จะทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Mean Opinion Score (MOS) [5] โดยการนำผลลัพธ์จากกระบวนการ Translation มาใช้ในการทดสอบ โดยรายละเอียดของการศึกษาเปรียบเทียบและการทดสอบวัดประสิทธิภาพของ API จะกล่าวต่อในส่วนถัดไปดังนี้ ส่วนที่ 2 กล่าวถึงวิธีการ และส่วนที่ 3 อธิบายถึงวิธีการทดสอบ ในส่วนที่ 4 คือผลการทดสอบ และส่วนสุดท้ายคือการอภิปรายผล

2. วิธีการ

การพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการของระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดและศึกษาคุณสมบัติของ API เพื่อใช้พัฒนาในแต่ละกระบวนการ



รูปที่ 1 แสดงภาพรวมของระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูด

การศึกษากระบวนการแปลภาษาด้วยเสียงพูดพบว่าประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจะอธิบายกระบวนการทำงานของระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยเริ่มจากผู้ใช้ป้อนข้อมูลด้วยเสียงพูด ระบบจะเปลี่ยนจากเสียงพูดเป็นข้อความจากนั้นระบบจะแปลข้อความเป็นภาษาปลายทางที่ผู้ใช้งานเลือกและแปลงข้อความเป็นเสียงพูดให้ผู้ใช้งาน

ในการพัฒนาระบบเราเลือกใช้ API พัฒนาในแต่ละกระบวนการซึ่ง API คือ ชุดคำสั่งหรือข้อกำหนดที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อการทำงานระหว่างแอพพลิเคชั่นหรือเชื่อมการทำงานเข้ากับระบบปฏิบัติการ โดยผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้ API ที่มีผู้เปิดให้บริการสำหรับพัฒนาระบบของตนเองได้ ซึ่งงานวิจัยของ Shimada และคณะ [6] ได้ใช้ API ช่วยในการพัฒนาระบบการจำแนกเสียงพูดสำหรับภาษาญี่ปุ่น โดยปัจจุบันมี API มากมายเพื่อให้นักพัฒนาสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นได้ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาและใช้ API ที่เกี่ยวกับการแปลภาษาดังนี้

ในส่วนแรกคือ Speech-to-text API คือ กระบวนการของการแปลงเสียงพูดของมนุษย์ให้เป็นข้อความลักษณะการใช้งานคือ ต้องพูดผ่านอุปกรณ์เสริมอย่างเช่น ไมโครโฟน ซึ่งความถูกต้องของกระบวนการรับเสียงพูดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยระดับความแตกต่างของเสียงโดยรอบขณะทำการบันทึกเสียงและคุณภาพของไมโครโฟนที่ใช้สำหรับการรับเสียงพูด [7] บริการออนไลน์ลักษณะการทำงานคือ จะนำข้อความที่ได้จาก Speech-to-text มาค้นหาคำในพจนานุกรม ส่วนที่สองคือ Translation API คือ การถ่ายทอดข้อความจากภาษาหนึ่งไปยังอีกภาษาหนึ่งโดยรักษารูปแบบและความหมายในข้อความเดิมไว้อย่างครบถ้วน โดยจะมีฐานข้อมูลของคำศัพท์เพื่อใช้รองรับการแปลภาษา [8] และจากนั้นนำผลลัพธ์การแปลภาษาไปใช้ในส่วนสุดท้ายคือส่วน Text-to-speech API คือ กระบวนการของการแปลงข้อความให้ออกมาเป็นเสียงพูดของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติ API

ส่วนที่นำมาวิเคราะห์	เครื่องมือ API		
	Bing	Google	Yandex
Speech-to-text			
- สามารถรองรับเสียงภาษาไทยได้	✗	✓	-
- สามารถรองรับเสียงภาษาอังกฤษได้	✓	✓	-
- รองรับการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	✓	✓	-
Translation			
- สามารถรองรับการแปลภาษาไทยได้	✓	✓	✗
- สามารถรองรับการแปลภาษาอังกฤษได้	✓	✓	✓
- สามารถรองรับการแปลภาษาจีน, ญี่ปุ่น, เกาหลี	✓	✓	✓
- รองรับการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	✓	✓	✓
Text-to-Speech			
- สามารถสังเคราะห์เสียงภาษาไทย	✗	✓	-
- สามารถสังเคราะห์เสียงภาษาอังกฤษ	✓	✓	-
- สามารถรองรับการแปลภาษาจีน, ญี่ปุ่น, เกาหลี	✓	✓	-
- รองรับการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	✓	✓	-

โดยในกระบวนการนี้จะต้องได้เสียงพูดที่มีความเป็นธรรมชาติ และผู้ฟังสามารถเข้าใจข้อความจากเสียงพูดได้ [9]

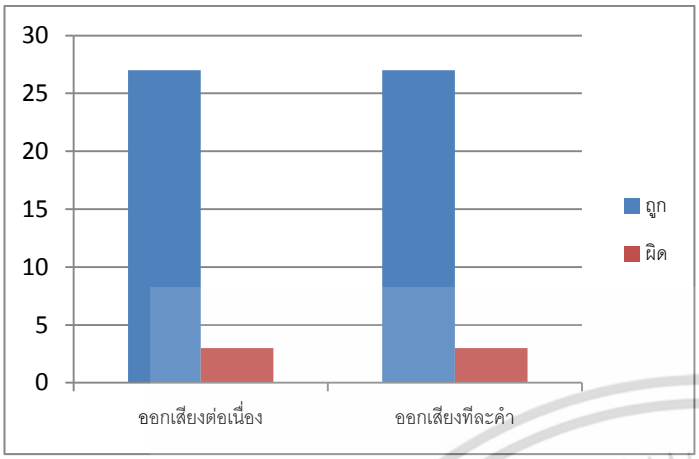
3. วิธีการทดสอบ

ในขั้นตอนแรกของการดำเนินการทดสอบจำเป็นต้องค้นหาและศึกษา API ในกระบวนการ Speech-to-Text, Translation, Text-to-speech โดยมีข้อจำกัดของการเลือกใช้ API คือ ในกระบวนการ Speech-to-Text ต้องสามารถรองรับได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดที่รองรับการใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้ งานคนไทยเป็นหลัก รวมทั้งในกระบวนการ Translation และ Text-to-Speech ต้องสามารถรองรับได้ทั้งในภาษาไทย, อังกฤษ, จีน, ญี่ปุ่น และเกาหลี ดังนั้นการค้นคว้า API ในกระบวนการ Speech-to-Text พบว่าทั้ง Google และ Bing มีกระบวนการทำงานที่เหมือนกันคือ เริ่มจากการรับเสียงพูดจากอุปกรณ์จากนั้นจะส่งเสียงพูดที่ได้รับไปที่เว็บที่ให้บริการเพื่อวิเคราะห์เสียงพูดเป็นข้อความและส่งข้อความกลับมาเพื่อนำไปใช้งานต่อไป และกระบวนการ Translation มีเว็บไซต์ที่เปิดให้บริการ API สำหรับการแปลภาษาจากภาษาหนึ่งไปยังอีกภาษาหนึ่งมากมาย ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่ามี Google, Bing และ Yandex ที่เป็น API สำหรับการแปลภาษาโดยทั้ง 3 API จะทำหน้าที่รับข้อความมาแล้วมาแปลเป็นอีกภาษาหนึ่งโดยยังคงความหมายเดิมของข้อความ ในกระบวนการ Text-to-speech ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้าย ทั้ง Google และ Bing เป็น API ที่ได้จากการค้นคว้า โดยทั้ง 2 API จะทำงานโดยการรับข้อความและนำมาแปลงเป็นเสียงพูด

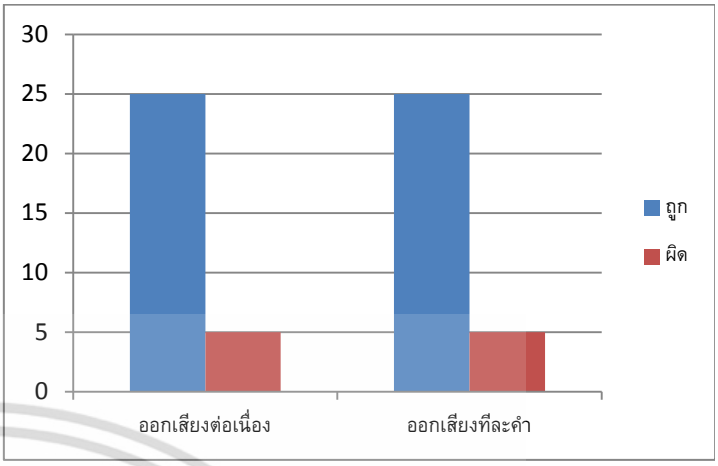
จากการค้นคว้า API ทั้ง 3 กระบวนการขั้นตอนถัดมาของงานวิจัยชิ้นนี้คือ ศึกษาคุณสมบัติของ API ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ดังตารางที่ 1 คือ Google API สามารถรองรับการรับเสียงพูดได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ในขณะที่ Bing API รองรับการรับเสียงพูดได้เพียงภาษาอังกฤษเท่านั้น ในส่วนของ Translation ที่ได้ค้นคว้ามาทั้ง 3 API พบว่ามีเพียง Google และ Bing ที่สามารถรองรับการแปลภาษาได้ทั้งภาษาไทย, ภาษาอังกฤษ รวมถึงภาษาจีน, เกาหลีและญี่ปุ่น ส่วน Yandex ไม่สามารถรองรับการแปลภาษาไทยได้ รวมถึงไม่รองรับการทำงานในกระบวนการของ Speech-to-Text และText-to-speech ในส่วนของการแปลงข้อความเป็นเสียงพูด Google API สามารถสังเคราะห์เสียงพูดได้ทั้ง 5 ภาษา แต่ Bing API ไม่รองรับการสังเคราะห์เสียงพูดในภาษาไทยได้ โดย API ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามานั้นมีคุณสมบัติที่รองรับการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทั้งสิ้น

ในขั้นตอนสุดท้ายของวิธีการทดสอบคือการทดสอบประสิทธิภาพของ API โดยเริ่มทำการทดสอบหลังจากได้เลือก API ที่จะนำมาใช้พัฒนาในแต่ละส่วนดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว จะทดสอบด้วยการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดโดยใช้ API ที่ได้เลือกมาพัฒนาและทดสอบจากกลุ่มประโยคตัวอย่าง 30 ประโยค โดยการทดสอบจะเลือกทดสอบในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการแปลภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย ซึ่งจะทดสอบด้วยกลุ่มผู้ทดสอบตัวอย่าง 10 คน เป็นชาวต่างชาติ 3 คน และกลุ่มนักศึกษาคนไทยที่ศึกษาทางด้านภาษา 7 คน โดยจะทำการทดสอบแบบแยกส่วนเพื่อวัดประสิทธิภาพของ API ในแต่ละกระบวนการ ซึ่งในกระบวนการของ Speech-to-Text จะทดสอบด้วยการออกเสียง 2 ลักษณะ คือ ออกเสียงทีละคำและออกเสียงต่อเนื่อง เนื่องจากต้องการเห็นถึงความแตกต่างในผลลัพธ์ของการออกเสียง เพราะในสถานการณ์จริงไม่สามารถควบคุมให้ผู้ใช้งานทุกคน ออกเสียงในความเร็วที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงกราฟสรุปการทดสอบรับเสียงพูดภาษาอังกฤษแบบออกเสียงต่อเนื่องและแบบที่ละคำ



รูปที่ 3 แสดงกราฟสรุปการทดสอบแปลภาษาอังกฤษ

ได้ จึงจำเป็นต้องทราบถึงประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาว่าถ้าการออกเสียงทีละคำหรือออกเสียงต่อเนื่องระบบมีประสิทธิภาพของการรับเสียงมากน้อยเพียงใด ในการทดสอบจะวัดประสิทธิภาพจากกความถูกต้องของการรับเสียงพูด โดยพิจารณาจากข้อความที่ได้นั้นตรงกับเสียงพูดหรือไม่ ในส่วนของกระบวนการ Translation จะนำผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ Speech-to-Text ทั้งออกเสียงทีละคำและออกเสียงต่อเนื่องมาทดสอบประสิทธิภาพการแปลภาษา โดยวัดประสิทธิภาพจากการสื่อความหมายคือ สามารถรักษาความหมายของข้อความเดิมไว้ได้ ถึงจะแปลเป็นอีกภาษาหนึ่งและในกระบวนการสุดท้าย Text-to-Speech จะทดสอบประสิทธิภาพโดยพิจารณาความเป็นธรรมชาติของเสียงและผู้ฟังสามารถเข้าใจความหมายของประโยคได้ โดยใช้วิธีการ MOS สำหรับวัดความเป็นธรรมชาติและความเข้าใจของเสียงซึ่งวิธีนี้ได้ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Orhan และ Gomez [5] วิธีนี้จะวัดประสิทธิภาพด้วยการให้ผู้ทดสอบฟังเสียงพูดของกลุ่มประโยคตัวอย่างทีละประโยคจากนั้นให้คะแนนความพึงพอใจแต่ละประโยค ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพจะนำผลลัพธ์จากการแปลภาษาทั้งผลการแปลแบบทีละคำและแบบต่อเนื่องมาทดสอบการฟัง และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจดังนี้ 5 คือ ดีเยี่ยม 4 คือ ดี 3 คือ พอใช้ 2 คือ ปรับปรุง 1 คือ ไม่ดี [13] วิธีการทดสอบดังกล่าวจะสามารถทราบถึงประสิทธิภาพของ API แต่ละกระบวนการซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของทั้งระบบ

4. ผลการทดสอบ

ผลจากการคัดเลือก API ที่นำมาใช้ในแต่ละส่วน คือ

ส่วนที่ 1 Speech-to-Text การเลือกใช้ API จากการวิเคราะห์ Speech Recognition API ที่ได้ศึกษามาทั้ง Google Speech Recognition และ Bing Speech Recognition Control พบว่า Bing สามารถใช้ได้แค่ 7 ภาษาเท่านั้น German (Germany), English (Unites States), English (Great Britain), Spanish (Spain), French (France), Italian (Italy), Chinese (China) ซึ่งไม่มีในส่วนภาษาไทย ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้บริการของ Google Speech Recognition เนื่องด้วยรองรับการรับเสียงพูดของภาษาอังกฤษ ดังแสดงตารางที่ 1

ส่วนที่ 2 Translation จากการศึกษาและค้นคว้าคุณสมบัติของ Google Translate API, Bing Translator Control API, Yandex Translate API ดังตารางที่ 1 งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เลือกใช้ Bing Translator Control API เนื่องจากตอนนี้ Bing เปิดให้บริการโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายและยังให้บริการรองรับในส่วนของภาษาไทยอีกด้วย ในส่วนของ Google Translate API ปัจจุบันได้ปิดการให้บริการฟรีโดยทางเว็บจะคิดค่าบริการเป็นรายเดือนซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบมากขึ้นไปอีก

ส่วนที่ 3 Text-to-speech การเลือกใช้ API จากการวิเคราะห์ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาทั้ง Google Text to Speech API และ Bing Text to Speech API พบว่า Bing รองรับเพียงบางภาษา เช่น English (US), French (FR), German (DE), Japanese (JA), Korean (KR), Chinese (TW) เป็นต้น ซึ่งไม่รองรับภาษาไทย ส่วนของ Google นั้นรองรับได้หลากหลายภาษารวมถึงภาษาไทยที่จำเป็นต้องมีในระบบ ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือก Google Text to Speech API มาใช้ในส่วนนี้ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติ API ในแต่ละกระบวนการที่ผ่านมา จึงได้พัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อวัดประสิทธิภาพของ API ที่ได้เลือกใช้ในแต่ละส่วน โดยดำเนินการทดสอบตามวิธีการที่ได้กล่าวไว้ในส่วนที่ผ่านมา โดยการทดสอบงานวิจัยนี้ได้ผลการทดสอบดังนี้

จากการทดสอบในส่วน Speech-to-Text ด้วยการใช้ Google Speech Recognition API ในการรับเสียงพูดภาษาอังกฤษเพื่อแปลงเป็นข้อความภาษาอังกฤษ ทำให้พบว่ามีความถูกต้อง 27 ประโยค ผิดพลาด 3 ประโยค จากการทดสอบรับเสียงพูดทั้งแบบออกเสียงต่อเนื่องและออกเสียงทีละคำด้วยกลุ่มประโยคตัวอย่าง 30 ประโยค ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ 2 และการทดสอบในส่วนของ Translation ด้วยการใช้ Bing Translator Control API ในการแปลข้อความภาษาอังกฤษภาษาไทย พบว่าการแปล มีความถูกต้อง 25 ประโยค และผิดพลาด 5 ประโยค ทั้งแบบออกเสียงต่อเนื่องและออกเสียงทีละคำ ดังรูปที่ 3 จากการทดสอบ Bing Translator Control API แสดงให้เห็นว่ามีความถูกต้องในการแปลภาษาอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนกระบวนการ Text-to-Speech จะทดสอบด้วยการใช้ Google Text-to-Speech API ในการแปลงข้อความเป็นเสียงพูด ด้วยวิธีการ MOS สำหรับวัดความเป็นธรรมชาติและความเข้าใจของเสียง โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 3 ซึ่งจากการให้คะแนนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 58.66% แสดงว่า ความเป็นธรรมชาติของเสียงที่ได้จากการใช้ Google Text-to-Speech API อยู่ในระดับปานกลาง คือ เสียงมีความเป็นธรรมชาติ และผู้ฟังสามารถเข้าใจความหมายของประโยคจากการฟังเสียงได้

5. การอภิปรายผล

งานวิจัยชิ้นนี้กล่าวถึงการศึกษาเปรียบเทียบเอพีไอสำหรับระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยจากการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของ API จึงได้เลือกใช้ Google Speech Recognition API, Bing Translator Control API และ Google Text-to-Speech API เพื่อนำ API มาทดสอบประสิทธิภาพ โดยผลจากการทดสอบรับเสียงพูดภาษาอังกฤษด้วย Google Speech Recognition API พบว่ามีความถูกต้องในการรับเสียงในระดับที่ดี และผลลัพธ์ของการออกเสียงแบบต่อเนื่องและทีละคำมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าออกเสียงแบบต่อเนื่องถูกต้องมีความเป็นไปได้สูงที่การออกเสียงทีละคำจะถูกต้องเช่นกัน ในด้านการทดสอบการแปลภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยด้วย Bing Translator Control API พบว่ามีความถูกต้องในการแปลภาษาอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากยังมีบางประโยคที่เมื่อแปลภาษาแล้วความหมายผิดไปจากภาษาเดิม รวมทั้งการรับเสียงในขั้นตอนแรกก็ส่งผลต่อการแปลภาษาอีกด้วยเพราะเมื่อแอพพลิเคชั่นรับเสียงผิดพลาดจะส่งผลให้การแปลภาษามีประสิทธิภาพลดลง ในการทดสอบฟังเสียงพูดภาษาไทย พบว่าความเป็นธรรมชาติของเสียงที่ได้จากการใช้ Google Text-to-Speech API อยู่ในระดับปานกลาง จากการทดสอบพบว่าความถูกต้องในกระบวนการ Speech-to-Text มีผลต่อความถูกต้องของกระบวนการ Translation และกระบวนการ Text-to-Speech [3] เนื่องจากผลลัพธ์ของกระบวนการก่อนหน้าจะถูกส่งเป็นอินพุตของกระบวนการถัดไป ดังนั้นถ้ากระบวนการแรกรับเสียงผิด จะส่งผลให้ผลลัพธ์ในกระบวนการถัดไปผิดพลาดด้วย ทำให้ข้อความที่ต้องการจะสื่อสารไปยังผู้รับอีกภาษาหนึ่งมีความหมายผิดไปจากภาษาเดิม นอกจากนั้นพบว่าการออกเสียงแบบต่อเนื่องกับการออกเสียงแบบทีละคำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือถ้าออกเสียงแบบต่อเนื่องถูกมีความเป็นไปได้สูงที่การออกเสียงแบบทีละคำจะถูกต้องด้วยเช่นกัน ทำให้ทราบว่าการออกเสียงที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ผู้วิจัยคาดหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับบุคคลที่สนใจศึกษาแอพพลิเคชั่นที่เกี่ยวกับ Speech-to-Text, Language Translation และ Text-to-Speech เนื่องจากได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติและวัดประสิทธิภาพของ API ในแต่ละกระบวนการที่กล่าวมาไว้แล้ว ทำให้ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาและเลือกใช้ API ที่เหมาะสำหรับแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาได้ เพื่อลดขั้นตอนในการศึกษาพัฒนารวมทั้งช่วยให้แอพพลิเคชั่นที่พัฒนามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้ และในการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วยเสียงพูดจะสามารถช่วยลดอุปสรรคของการติดต่อสื่อสารสำหรับบุคคลที่สื่อสารกันคนละภาษา

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Tomalin, M.J.F. Gales, X.A. Liu, K.C. Sim, R. Sinha, L. Wang, P.C. Woodland, K. Yu, "Improving Speech Transcription for Mandarin-English Translation," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2007, pp.IV-97-IV-100.

[2] D. De Silva, A. Alahakoon, I. Udayangani, V. Kumara, D. Kolonnage, H. Perera, S. Thelijjagoda, "Sinhala to English Language Translator," 4th International Conference on Information and Automation for Sustainability, 2008, pp.419-424.

[3] K. Hashimoto, J. Yamagishi, W. Byrne, S. King, K. Tokuda, "An analysis of machine translation and speech synthesis in speech-to-speech translation system," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2011, pp.5108-5111.

[4] Seung Yun, Young-Jik Lee, Sang-Hun Kim, "Multilingual speech-to-speech translation system for mobile consumer devices," IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2014, pp.508-516.

[5] Z. Orhan, Z. Gormez, "A concatenative Turkish text-to-speech system and evaluation process," International Conference on Electrical and Electronics Engineering, 2009, pp.II-106-II-110.

[6] Toshiaki Shimada, Ryuichi Nisimura, Masayasu Tanaka, Hideki Kawahara, Toshio Irino, "Developing a method to build Japanese speech recognition system based on 3-gram language model expansion with Google database," IEEE Conference Anthology, 2013, pp.1-6.

[7] AA M. Abushariah, T.S. Gunawan, O.O. Khalifa, M. A M. Abushariah, "English digits speech recognition system based on Hidden Markov Models," International Conference on Computer and Communication Engineering, 2010, pp. 1-5.

[8] M.D. Faizullah Ansari, R.S. Shaji, T.J. SivaKarthick, S. Vivek, A. Aravind, "Multilingual speech to speech translation system in bluetooth environment," International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies, 2014, pp.1055-1058.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] Baloyi. Ntsako, "A Text-to-speech Synthesis System for Xitsonga Using Hidden Markov Models," University of Limpopo, 2012

[10] M. Goldstein, "Classification of methods used for assessment of text-to-speech systems according to the demands placed on the listener," Speech Communication, 1995, pp.225-244.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัศนคติและการรับรู้ของผู้บริโภคต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน

Consumers' Attitudes and Perceptions Toward Electronic Commerce Law

วิษณุ เพ็ชรไทย
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น คณะบริหารธุรกิจ
wisanu@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาทัศนคติและการรับรู้ของผู้บริโภคต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้ใช้อินเตอร์เน็ตในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติและเกี่ยวกับการรับรู้ถึงกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของผู้บริโภคในปัจจุบัน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ การหาค่าเฉลี่ย และการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลของการวิจัยพบว่า จากสมมติฐาน สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน มีผลกับทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์นั้นไม่แตกต่างกัน ปัจจัยส่วนบุคคลมีผลต่อการรับรู้ต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ไม่แตกต่างกัน และระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างกันมีแนวโน้มที่ทำให้รู้กฎหมายไม่แตกต่างกัน

Abstract

The objective of this research is studying for attitude and perception of consumers toward the current e-commerce laws via the sample of 400 Internet users in Bangkok and tools of collective data as for survey in regard to attitude and perception toward the current e-commerce laws of consumers, data analysis due to percentage, average, and standard deviation.

According to hypothesis, the result of the research can summarize as; the personal differentiate factors that can less effect on for attitude and perception of e-commerce laws and the period of different using which have more tendency to accept the laws is less different.

1.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันทั่วโลกเต็มไปด้วยเทคโนโลยี มีการใช้อินเตอร์เน็ต จะเห็นได้ว่าประชาชนส่วนใหญ่มีการนำอินเตอร์เน็ตเข้ามาใช้ในชีวิตประจำวันมากขึ้น การส่งข้อมูลสามารถทำได้ในทุกเวลาและทุกสถานที่ (Any Time, Any Where) ประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีสื่อหลากหลาย (Multimedia) ที่ส่งผลให้การส่งข้อมูล ภาพ เสียง รวมทั้งภาพเคลื่อนไหว สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาอันรวดเร็ว รวมทั้งเทคโนโลยีทางด้านความปลอดภัยโดยเฉพาะเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการเข้ารหัส (Cryptography) ได้รับการพัฒนาไปอย่างก้าวหน้า ส่งผลให้อิเล็กทรอนิกส์เกิดขึ้นและได้รับการพัฒนาไปอย่างมั่นคงจนกลายเป็นสิ่งที่จำเป็นมากขึ้น หรืออาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เพิ่มขึ้นมาจากปัจจัย 4 ก็เป็นได้ เช่น การติดต่อสื่อสาร การเก็บข้อมูล แม้กระทั่งการค้าขาย เป็นต้น

ความผิดตามกฎหมายฉบับนี้แบ่งออกเป็น 4 หมวดใหญ่ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ความผิดฐานเข้าถึงโดยมิชอบ ซึ่งข้อมูลคอมพิวเตอร์และระบบคอมพิวเตอร์ (Unauthorized Access) ระบุไว้อยู่ในมาตรา 5, 6, 7 และ 8

ส่วนที่ 2 ความผิดฐานแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลคอมพิวเตอร์ของผู้อื่นโดยมิชอบ (Computer Distortion) มาตรา 9, 10 และ 12

ส่วนที่ 3 ความผิดฐานเผยแพร่ข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่ผิดกฎหมาย (Dissemination of Illegal Content) มาตรา 14, 15 และ 16

ส่วนที่ 4 หมวดเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous) ซึ่งระบุความผิดที่เกี่ยวกับการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ไว้หลายประเภท เช่น ความผิดเกี่ยวกับการส่งอีเมล์ขยะ (Junk mail หรือ Spamming) (มาตรา 11) การจำหน่าย หรือเผยแพร่ชุดคำสั่งเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการกระทำความผิด (มาตรา 13) ฯลฯ [5].

ทัศนคติ เป็นคำสมาสระหว่างคำว่า "ทัศน" ซึ่งแปลว่า ความเห็น กับคำว่า "คติ" ซึ่งแปลว่า แบบอย่างหรือลักษณะเมื่อรวมกันเข้า "ทัศนคติ" จึงแปลว่า ลักษณะของความเห็นซึ่งหมายถึงความรู้สึกส่วนตัวที่เห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วยต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือบุคคลใดบุคคลหนึ่ง [9].

ทัศนคติ หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของบุคคลเกี่ยวกับความรู้สึกอคติ ความคิดเห็น ความกลัวต่อบางสิ่งบางอย่าง การแสดงออกด้านคำพูดเป็นความคิดเห็น และความคิดเห็นเป็นสัญญลักษณ์ของทัศนคติ ดังนั้น การวัดทัศนคติอาจจะทำได้โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลต่อสิ่งนั้นๆ [4].

ทัศนคติ (Attitude) เป็นความรู้สึกนึกคิด ความเชื่อของบุคคลที่มีต่อสิ่งรอบตัวไม่ว่าจะเป็นบุคคล สิ่งของ หรือความคิดของผู้อื่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมขึ้น โดยทั่วไปทัศนคติของแต่ละบุคคลจะได้สามารถมองเห็น หรือสังเกตได้โดยตรง จนกว่าบุคคลนั้นจะพูดหรือแสดงออกมา [14].

ทัศนคติ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงจากการไม่มีทัศนคติต่อสิ่งใดไปสู่การมีทัศนคติบางอย่างต่อสิ่งนั้น การเปลี่ยนแปลงจากการไม่มีทัศนคติดังกล่าวเป็นผลมาจากการเรียนรู้ จากแหล่งทัศนคติต่างๆ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เกิดทัศนคติที่สำคัญ คือ 1.ประสบการณ์ของบุคคล 2.ผู้มีอิทธิพลจากแหล่งภายนอก 3.ผลจากวัฒนธรรมที่มีต่อการก่อตัวของทัศนคติ [16].

ทัศนคติ หมายถึง แนวโน้มของการรับรู้และการกระทำที่เกิดจากการเรียนรู้ที่ตรงกับลักษณะของความชอบหรือความไม่ชอบของบุคคลที่มีต่อสิ่งที่เกิดขึ้นหรือความคิด เช่น ผลิตภัณฑ์ บริการ ตราสินค้า บริษัทห้างร้าน หรือต่อตัวบุคคล เป็นต้น [1], [4].

การรับรู้ เป็นเรื่องที่มีความสำคัญ เนื่องจากบุคคลย่อมมีการรับรู้ต่อสิ่งต่างๆที่ต่างกันออกไป ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการรับรู้ของบุคคล และในกระบวนการจะทำให้มีการรับรู้อย่างไร เป็นสิ่งที่องค์กรธุรกิจให้ความสนใจที่จะรับรู้เนื่องจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์บริการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างแท้จริง ดังนั้นจึงควรเข้าใจเรื่อง “การรับรู้ของบุคคล” องค์ประกอบของการรับรู้สามารถแยกได้เป็น [15].

1.สิ่งเร้า หมายถึง ตัวกระตุ้นที่เป็นปัจจัยนำเข้าไปสู่ความรู้สึกอย่างหนึ่งอย่างใด เช่น ภาพ แสง สี เสียงต่างๆ

2.ตัวรับความรู้สึก หมายถึง อวัยวะรับสัมผัสของมนุษย์ ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกาย ซึ่งทำหน้าที่รับความรู้สึกต่างๆ

3.ความรู้สึก หมายถึง การตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทันทีที่ได้รับการกระตุ้น เช่น การเห็นภาพในโฆษณาผ่านสายตา

4.กระบวนการรับรู้ ได้แก่ การรับสิ่งเร้าจากภายนอก การเลือก การใส่ใจ การแปลความหมาย การให้ความหมาย

การรับรู้ หมายถึง เป็นกระบวนการของการคัดเลือก การจัดระเบียบ และการตีความความรู้สึกเป็นสิ่งที่มี [2].

การรับรู้ หมายถึง เป็นกระบวนการซึ่งแต่ละบุคคลเลือก จัดระเบียบ และตีความสิ่งเร้าเป็นภาพที่มีความหมายและเชื่อมโยงกัน ซึ่งแม้ว่าบุคคลจะได้รับสิ่งเร้าสิ่งเดียวกันแต่การรับรู้ในแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกันตามความต้องการ ค่านิยม และความคาดหวังของแต่ละบุคคล [3].

การรับรู้ หมายถึง เป็นกระบวนการซึ่งบุคคลจัดระเบียบและตีความ ความรู้สึกประทับใจของตนเองเพื่อให้ความหมายเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามการรับรู้ของคนๆ หนึ่ง สามารถตีความหมายให้แตกต่างจากความเป็นจริงได้อย่างมาก เช่น พนักงานทุกคนในองค์กรแห่งหนึ่งอาจรับรู้ว่าองค์กรของตนเป็นบริษัทที่ดีและรับผิดชอบต่อสังคม แต่ในความเป็นจริงอาจไม่เป็นดังที่รับรู้ก็เป็นได้ [10].

จากแนวคิดข้างต้นสามารถสรุปความหมายของการรับรู้ได้ว่า การรับรู้เป็นการทำความเข้าใจและ ตีความต่อสิ่งเร้าจากสภาพแวดล้อมให้กลายเป็นสิ่งที่มีความหมาย โดยผู้รับรู้แต่ละคนอาจจะตีความหมายนั่นออกมาเหมือนกัน หรือแตกต่างกันก็ได้

เมื่อพูดถึงผลกระทบ ส่วนหนึ่งมาจากเทคโนโลยี (อินเตอร์เน็ต) ซึ่งจะเห็นได้ว่า สังคมใดที่เจริญก้าวหน้ามากแค่ไหนสังคมนั้นย่อมมีความเสื่อมโทรมทางวัฒนธรรมมากขึ้นเท่านั้น หรือมากกว่านั้น สาเหตุนี้จึงต้องมีการร่างกฎหมายขึ้นมาเพื่อปกคลุมสังคมให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อย และเรื่องอื่นๆ เช่น การคุ้มครองทางการค้า คุ้มครองลิขสิทธิ์ อาชญากรรมอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ รวมไปถึงในปัจจุบันนั้นยังไม่สามารถที่จะประกอบกิจการที่เกี่ยวเนื่องกับพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องมาจากปัญหาดังต่อไปนี้

ปัญหาด้านโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศ
ปัญหาในเรื่องความปลอดภัย
ปัญหาในการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา
ปัญหาทางด้านโครงสร้างพื้นฐานทางกฎหมาย

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาในเรื่องของกฎหมายธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นความรู้ต่อไป การทำธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการติดต่อสื่อสารในยุคโลกาภิวัฒน์โดยอาศัยพัฒนาการทางเทคโนโลยีซึ่งมีความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ เนื่องจากรูปแบบใหม่ในการทำธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์จะมีความแตกต่างไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารกันบนเครือข่ายโดยใช้วิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ การแลกเปลี่ยนข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ล้วนแต่ทำอยู่ในรูปแบบของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ มิได้ทำลงบนกระดาษดังเช่นเดิม

2.วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย/ศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัย/ผู้ศึกษาได้ดำเนินการโดยมีประชากรผู้ที่ใช้อินเตอร์เน็ตในประเทศไทย กลุ่มผู้บริโภคที่ใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 400 ตัวอย่างจากผู้ใช้อินเตอร์เน็ตที่รู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์และไม่รู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการ

1.ศึกษาค้นคว้าเอกสารวิชาการ ตำรา งานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

2.ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยมีการตั้งสมมติฐานดังนี้

1.ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีผลกับทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่แตกต่างกัน

2.ปัจจัยส่วนบุคคลมีผลต่อการรับรู้ต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่แตกต่างกัน

3.ระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างกันทำให้รู้กฎหมายที่แตกต่างกัน

3.จากผลสำรวจพบว่า

ทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป

<u>เพศชายและเพศหญิง</u> ที่มีอายุระหว่าง 15-20 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 39.58 อายุระหว่าง 21-25 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 43.21 อายุระหว่าง 26-30 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 34.48 อายุระหว่าง 31-35 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันปานกลางถึงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.33 อายุระหว่าง 36-40 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.45 อายุระหว่าง 41-45 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.00 อายุระหว่าง 46-50 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 อายุระหว่าง 51-55 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 77.78 อายุมากกว่า 55 ปี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากและมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50

ทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของเพศชายและเพศหญิงแต่ละอาชีพ

เพศชายและเพศหญิง ที่มีอาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 45.45 อาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากและมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.00 อาชีพนักเรียน/นิสิต/นักศึกษา คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 41.52 อาชีพมูลนิธิ คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 100.00 อาชีพแม่บ้าน คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 100.00 อาชีพรับงานPC คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 100.00 อาชีพรับจ้าง/พนักงานบริษัทเอกชน คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากและมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.80

ทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์กับระดับการศึกษาทั้งเพศชายและเพศหญิง

เพศชายและเพศหญิง ที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 40.52 การศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 62.50 การศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรี คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.45 การศึกษาระดับอนุปริญญาหรือเทียบเท่า คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 35.71

เพศชาย คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 36.68 เพศหญิง คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 44.28 โดยสรุป เพศชายและเพศหญิง คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 40.50

การรับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของเพศชายและเพศหญิงที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป

เพศชายและเพศหญิง ที่มีอายุระหว่าง 15-20 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.33 อายุระหว่าง 21-25 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 37.86 อายุระหว่าง 26-30 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.93 อายุระหว่าง 31-35 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 50.00 อายุระหว่าง 36-40 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.45 อายุระหว่าง 41-45 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.00 อายุระหว่าง 46-50 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 50.00 อายุระหว่าง 46-50 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด ปานกลางถึงน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25.00 อายุระหว่าง 51-55 ปี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 66.67

การรับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของเพศชายและเพศหญิงในอาชีพต่างๆ

เพศชายและเพศหญิง ที่มีอาชีพข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากและมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.36 อาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากและปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 40.00 อาชีพนักเรียน/นิสิต/นักศึกษา รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 34.60 อาชีพมูลนิธิรับ รู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 100.00 อาชีพแม่บ้านรับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากและมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 อาชีพรับงานPC รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 100.00 อาชีพรับจ้าง/พนักงานบริษัทเอกชน รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 37.04

การรับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของเพศชายและเพศหญิงในระดับการศึกษาต่างๆ

เพศชายและเพศหญิง ที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 33.05 การศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 43.75 การศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 50.00 การศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับอนุปริญญาหรือเทียบเท่า รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 28.57

เพศชาย รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 30.15 เพศหญิง รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 40.30 โดยสรุป เพศชายและเพศหญิง รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 34.25

ระยะเวลาการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ของเพศต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

เพศชาย รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 31.16 เพศหญิง รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 38.31 โดยสรุป เพศชายและเพศหญิง คิดว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก คิดเป็นร้อยละ 34.75

ระดับการศึกษาต่างๆต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาระดับปริญญาตรี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 33.33 การศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 50.00 การศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรี รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 59.09 การศึกษาระดับอนุปริญญาหรือเทียบเท่า รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 35.71โดยสรุป การศึกษาระดับปริญญาตรี,การศึกษาระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า,การศึกษาระดับสูงกว่าปริญญาตรีและการศึกษาระดับอนุปริญญาหรือเทียบเท่า รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 34.75

เวลาการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ของแต่ละสถานภาพต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

สถานภาพแยกกันอยู่/หย่าร้าง/หม้าย รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 33.33 สถานภาพสมรส รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 55.17 สถานภาพโสด รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 33.15 โดยสรุป สถานภาพแยกกันอยู่/หย่าร้าง/หม้าย, สมรสและโสด รับรู้กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาก คิดเป็นร้อยละ 34.75

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้าใจต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์	N	ระดับความเข้าใจ		
	Valid	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
การใช้ชื่อประจำตัวผู้ใช้/รหัสผ่านของผู้อื่นในการเข้า	400	3.38	1.07	กลาง
การปล่อยไวรัสคอมพิวเตอร์ เมล์บอมพ์ โทรจัน หรือสปายแวร์ เข้าไปทำลายข้อมูลคอมพิวเตอร์	400	3.52	1.13	มาก
การทำฟิชชิ่ง (Phishing) หรือทำให้เกิดความเสียหายแก่ข้อมูล คอมพิวเตอร์ของผู้อื่นโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือ	400	3.09	1.14	กลาง
การส่งอีเมล์ขยะจำนวนมากทำให้เซิร์ฟเวอร์ของเว็บไซต์ไม่สามารถให้บริการได้	400	3.26	1.14	กลาง
การโพสหรือเผยแพร่ภาพลามกอนาจารทางเว็บไซต์	400	3.68	1.09	มาก
การใช้คำพูดที่ไม่สุภาพในเชิงหมิ่นประมาทหรือหมิ่นเบื้องสูงทาง Web board	400	3.74	1.08	มาก
การส่งภาพลามกอนาจารซึ่งทำให้ผู้อื่นเสียหายหรือเสียชื่อเสียง	400	3.69	1.05	มาก
การส่งต่อคลิปวีดีโอที่เป็นลักษณะในทางลามกอนาจาร	400	3.62	1.06	มาก
การตัดต่อภาพและนำไปเผยแพร่ทำให้ผู้อื่นเสียหายและเสียชื่อเสียง	400	3.52	1.09	มาก
รวม	400	3.52	1.09	มาก

จากการวิจัยนี้พบว่า ผู้บริโภคมีความเข้าใจในกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ถึงการใช้คำพูดที่ไม่สุภาพในเชิงหมิ่นประมาทหรือหมิ่นเบื้องสูงทาง Web board มีความผิดทางกฎหมายสูงสุดถึง 3.74 และระดับความเข้าใจน้อยสุดเกิดจากเรื่องการทำให้เกิดความเสียหายแก่ข้อมูลคอมพิวเตอร์ผู้อื่น โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือมีเพียง 3.09 ซึ่งเกิดจากการไม่เข้าใจถึงกฎหมายในข้อนี้ แต่สำหรับภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.52$) ไม่ว่าจะเป็นกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาตราต่างๆ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสำคัญของทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์	N	ระดับความเข้าใจ		
	Valid	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1.กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวัน	400	3.88	0.94	มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ความเข้าใจในกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	400	3.57	0.98	มาก
3.กฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสมและเป็นธรรมต่อผู้บริโภค	400	3.66	1.01	มาก
4.การประชาสัมพันธ์หรือจัดอบรมเกี่ยวกับกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์อย่างทั่วถึง	400	3.42	1.24	มาก
รวม	400	3.63	1.04	มาก

จากการวิจัยนี้พบว่า ผู้บริโภคมีทัศนคติต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์โดยเข้าใจถึงกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากถึง 3.88 โดยภาพรวมอยู่ที่ระดับมาก ($\bar{x} = 3.63$) ซึ่งเหตุผลที่ให้ระดับความสำคัญดังนี้ มีความสำคัญในชีวิตประจำวันถึง3.88 รองลงมองว่ากฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสมและเป็นธรรมต่อผู้บริโภคถึง 3.66 และมีความเข้าใจในกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเท่ากับ 3.57 สุดท้ายควรมีการประชาสัมพันธ์หรือจัดอบรมอย่างทั่วถึงเกี่ยวกับกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ 3.42

4.งานวิจัยในอนาคต

เนื่องจากทัศนคติของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญต่อกฎหมายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนมาก แต่ว่าในปัจจุบันยังขาดการประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึง จึงควรมีการเพิ่มการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อหรือจัดอบรมต่างๆแก่ผู้บริโภค จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาในเรื่องของกฎหมายธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อที่จะนำไปใช้ต่อยอดให้เกิดประโยชน์และเป็นความรู้ต่อไปในการทำธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์โดยอาศัยพัฒนาการทางเทคโนโลยีซึ่งมีความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารกันบนเครือข่ายโดยใช้วิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ การแลกเปลี่ยนข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆเป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยตามศาสตร์ในครั้งนี้ และผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน ขอบคุณผลงานวิจัยที่ได้อ้างอิง และแหล่งข้อมูลที่ได้สืบค้นเพื่อนำมาทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Fishbein, M, Ajzen, "Belief Attitude Intention and Behavior", London: Addison-Wesley,1975, pp. 102-120.

[2] Hanna, Nessim, Wazniak, Richard, "Consumer Behavior an Applied Approach",New Jersey,2001, pp.148-156.

[3] Schiffman, Leon G, Kanuk, Leslie L, "Consumer Behavior", New Jersey, 2007, pp. 7.

[4] คริชศรี สุกากิจ, “ทัศนคติและพฤติกรรมการใช้จ่ายผ่านบัตรเครดิต ศึกษากรณีพนักงานธนาคารเอเชีย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่. การศึกษาอิสระปริญญามหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ”, 2547, หน้าที่ 7-8.

[5] ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ, “การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce)”, กรุงเทพฯ, 2552,

[6] เบญจพร บัวสำลี, “ทัศนคติของนักศึกษาต่อร้านเหล้ารอบรั้วมหาวิทยาลัย พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในร้านเหล้ารอบรั้วมหาวิทยาลัยและสุขภาวะของนักศึกษา”, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555, หน้าที่ 120.

[7] พรพิมล วรวุฒิพุทธพงศ์, “จิตวิทยาสังคมร่วมสมัย”, กรุงเทพฯ, 2528, หน้าที่ 81-116.

[8] ไพบูลย์ อมรภิญโญเกียรติ, “พ.ร.บ. คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550”, กรุงเทพฯ, 2553, หน้าที่ 100-120.

[9] ราชบัณฑิตสถาน, “พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2546”, กรุงเทพฯ, 2553, หน้าที่ 393.

[10] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, คณะ, “กลยุทธ์การตลาดและการบริหาร”, กรุงเทพฯ, 2538, หน้าที่ 43.

[11] ศิริวรรณ เสรีรัตน์, คณะ, “การบริหารการตลาดยุคใหม่”, กรุงเทพฯ, 2552, หน้าที่ 116.

[12] สมสกล ใจโกศลกิจปกรณ์, “การศึกษาอุปสงค์ส่วนบุคคลของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์”, กรุงเทพฯ, 2546, หน้าที่ 26.

[13] สิทธินันท์ เจริญรัตน์, “พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี”, กรุงเทพฯ, 2543, หน้าที่ 116.

[14] สุวัฒน์ สิรินิรันดร์, ภาวนา สายชู, “คู่มือสำหรับนักบริหารและนักศึกษาปริญญาโท”, กรุงเทพฯ, หน้าที่ 2551, 257.

[15] อเนก สุวรรณบัณฑิต, ภาสกร อดุลพัฒนกิจ, “จิตวิทยาบริการ”, กรุงเทพฯ, 2554, หน้าที่ 58.

[16] อดุลย์ จาตุรงคกุล, ดลยา จาตุรงคกุล, “พฤติกรรมผู้บริโภค”, กรุงเทพฯ, 2550, หน้าที่ 230-231.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

ATTITUDES AND BEHAVIORS OF RESIDENTIAL ELECTRICITY USERS TOWARDS INFORMATION ON ELECTRICITY BILLS OF THE METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY

นายกิตติศักดิ์ จุลศักดิ์

คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยรามคำแหง
2086 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
kittisak.game@gmail.com
ฝ่ายสื่อสารองค์กร การไฟฟ้านครหลวง
30 ถนนเพลินจิต แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
kittisak.ju@mea.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการวิจัยเรื่องทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับการรับรู้/การเรียนรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้า ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้/การเรียนรู้กับทัศนคติและการรับรู้/การเรียนรู้กับพฤติกรรมและความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้า โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยในเขตการให้บริการของการไฟฟ้านครหลวง จำนวน 400 คน ผลการวิจัยพบว่า ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกัน มีผลต่อการรับรู้/เรียนรู้ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าแตกต่างกัน ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอายุ สถานภาพสมรส และระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อทัศนคติต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าแตกต่างกัน ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีผลต่อพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้า การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าและทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้า

คำสำคัญ: ทัศนคติ, พฤติกรรม, ผู้ใช้ไฟฟ้า, ใบแจ้งค่าไฟฟ้า, การไฟฟ้านครหลวง

Abstract

This article describes an Attitudes And Behaviors Of Residential Electricity Users Towards Information On Electricity Bills Of The Metropolitan Electricity Authority aims to investigate the differentiation of personal factor of attitude perceiving/learning and behavior of Residential Electricity Users response to electricity bill payment of Metropolitan Electricity Authority. Relationship between attitude and attitude perceiving/learning of Electricity Users response to electricity bill payment and relationship between attitude and behavior of Electricity Users response to electricity bill payment. A questionnaire was sent to 400 Residential Electricity Users in distribution area of Metropolitan Electricity Authority. The result showed the Residential Electricity Users who have different age, marital status, education level and average monthly electricity bill payment differently effect to perceiving/learning of an electricity bill payment. The Electricity Users who have different age, marital status and education level differently effect to attitude of an electricity bill payment. The Electricity Users who have different education level differently effect to behavior that response to electricity bill payment. Relationship analysis reveals the perceiving/learning of Electricity Users have related to attitude of an electricity bill payment. The perceiving/learning of Electricity Users have related to behavior that response to an electricity bill payment and attitude of Electricity Users have related to behavior that response to an electricity bill payment.

Keywords: Attitude, Behavior, Electricity Users, Electricity bill payment, Metropolitan Electricity Authority

1. บทนำ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่ให้บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าแก่ประชาชนในเขตพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ โดยแบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่ ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย เป็นกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีจำนวนมากที่สุด ประมาณร้อยละ 84 ของจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด [1] โดยผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท จะได้รับการแจ้งค่าใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน ซึ่งจะถูกตีพิมพ์เป็นเอกสาร และจัดส่งไปยังที่อยู่ตามเครื่องวัดไฟฟ้าที่ได้ขอติดตั้งกับ กฟน. โดยเอกสารดังกล่าวเรียกว่า "ใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง" (ใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ) ที่มีการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ รายละเอียดเจ้าของเครื่องวัดไฟฟ้า รายละเอียดการจดหน่วยไฟฟ้า รายละเอียดค่าไฟฟ้าเดือนปัจจุบัน ประวัติการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง วันที่ครบกำหนดจะต้องชำระค่าไฟฟ้า ช่องทางการชำระค่าไฟฟ้า เงื่อนไขการชำระเงิน และประกาศต่าง ๆ ของ กฟน. เป็นต้น

ปัจจุบันผู้ใช้ไฟฟ้าของ กฟน. มีจำนวนมากกว่า 3 ล้านราย ดังนั้น การจัดพิมพ์ใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ จึงถือเป็นต้นทุนที่ กฟน. ต้องแบกรับเป็นจำนวนมาก หากผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ให้ความสำคัญต่อใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ และข้อมูลต่าง ๆ ในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อ กฟน. ในด้านความไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนจัดพิมพ์ใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ และการขาดความร่วมมือ การสนับสนุนในกิจกรรมและการรณรงค์ต่าง ๆ ของผู้ใช้ไฟฟ้า เนื่องจากไม่ได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารจากการไม่อ่านข้อมูลในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้า ย่อมขาดโอกาสในการรับรู้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของตนเองอย่างละเอียด และข้อมูลอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์และส่งผลกระทบโดยตรงต่อตนเองได้

ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาเกี่ยวกับทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ โดยศึกษาการรับรู้/เรียนรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ในการเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตและการสื่อสารข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสาร และงานบริการของ กฟน. ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจอันดีต่อ กฟน. และข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ อันเกิดจากการรับรู้/เรียนรู้นำไปสู่การสร้างทัศนคติที่ดีต่อ กฟน. และก่อให้เกิดพฤติกรรมที่เหมาะสมต่อใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ และการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า

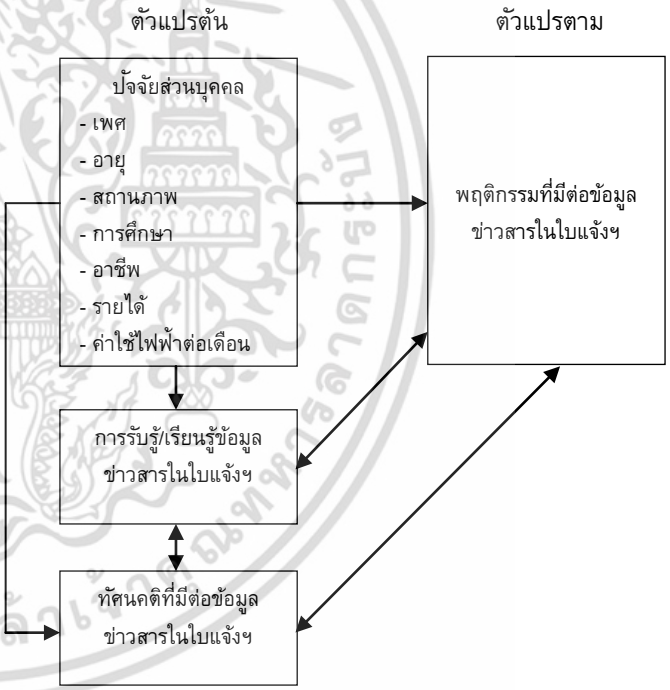
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับการรับรู้/การเรียนรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้/การเรียนรู้กับทัศนคติและการรับรู้/การเรียนรู้กับพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าฯต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ

3. สมมติฐานของการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ที่แตกต่างกันมีผลต่อการรับรู้/เรียนรู้ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน
2. ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ที่แตกต่างกันมีผลต่อทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน
3. ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ที่แตกต่างกันมีผลต่อพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน
4. การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ
5. การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ
6. ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

5. วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับการไฟฟ้านครหลวง
2. แนวคิดและทฤษฎีด้านการรับรู้
3. แนวคิดและทฤษฎีด้านการเรียนรู้
4. แนวคิดและทฤษฎีด้านทัศนคติ
5. แนวคิดและทฤษฎีด้านพฤติกรรมผู้บริโภค
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

6.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (population) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งจากการสำรวจเมื่อเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2557 มีจำนวนประชากร ทั้งสิ้น 3,388,434 ราย คิดเป็นร้อยละ 83.88 ของจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด [1] จึงได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จากจำนวนประชากรทั้งหมด จำนวน 400 คน ตามสูตรของ Yamane [4] โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 จากนั้นใช้วิธีการการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) แบ่งตามพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวงเขตต่างๆ ตามขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างดังนี้

ขั้นที่ 1 ใช้วิธีการเลือกสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota Sampling) โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าสูงสุด 6 อันดับแรกของการไฟฟ้านครหลวงเขตที่ให้บริการทั้งหมด

ขั้นที่ 2 สุ่มกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ไฟฟ้า โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) โดยวิธีการคัดเลือกแบบบังเอิญ ถือเป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงที่มาชำระค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวงเขตโดยบังเอิญพบหรือไม่เฉพาะเจาะจงคนที่มาชำระ ผลการสุ่มตัวอย่างดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำแนกตามเขต กฟน. [1]

กฟน. เขต	ประชากร	สัดส่วน (%)	กลุ่มตัวอย่าง
นนทบุรี	296,902	20.69%	83
บางเขน	273,335	19.05%	76
ราษฎร์บูรณะ	224,895	15.67%	63
สามเสน	219,648	15.31%	61
บางขุนเทียน	216,645	15.10%	60
มีนบุรี	203,553	14.19%	57
รวมทั้งสิ้น	1,434,978	100.00%	400

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ที่ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 การรับรู้ / เรียนรู้ ของผู้ใช้ไฟฟ้า
ส่วนที่ 3 ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้า
ส่วนที่ 4 พฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า
ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

6.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 400 ชุด

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากวิทยานิพนธ์ เอกสารทางวิชาการ ผลงานการวิจัยจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีความน่าเชื่อถือ

6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อใช้ในการทดสอบสมมุติฐานต่าง ๆ ดังนี้

2.1 สถิติวิเคราะห์ค่าที (Independent Sample T-test)

2.2 สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance หรือ One-Way ANOVA)

2.3 สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient)

7. สรุปผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 58.75) มีอายุระหว่าง 20-40 ปี (ร้อยละ 68.50) สถานภาพโสด (ร้อยละ 54.75) มีการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า (ร้อยละ 65.50) มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชนหรือลูกจ้างทั่วไป (ร้อยละ 64.25) รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 15,000-30,000 บาท (ร้อยละ 43.00) และส่วนใหญ่มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 1,000-3,000 บาท (ร้อยละ 53.00)

2. การเรียนรู้/การรับรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข่อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้/เรียนรู้ในภาพรวม ด้านกายภาพ และด้านข้อมูลข่าวสารอยู่ในระดับมาก

3. ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติ ในภาพรวม ด้านกายภาพ และด้านข้อมูลข่าวสารอยู่ในระดับเห็นด้วย

4. พฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมในภาพรวม ด้านกายภาพ และด้านข้อมูลข่าวสารอยู่ในระดับบ่อยครั้ง

5. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ทางการกายภาพ มีความเห็นว่า ใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ มีขนาดเล็กและบางเกินไปเสี่ยงต่อการสูญหาย บางสถานที่ไม่ได้รับใบแจ้งฯ อย่างทั่วถึงและตรงตามกำหนด ในด้านข้อมูลข่าวสาร พบว่า เนื้อหาเข้าใจยาก แสดงข้อมูลไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ควรมีข้อมูลในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ เป็นภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ด้านอายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกัน มีผลต่อการรับรู้/เรียนรู้ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกด้านและในภาพรวม ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1

ปัจจัยส่วนบุคคล	การรับรู้/เรียนรู้ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ	ค่าสถิติการทดสอบ	Sig.
อายุ	ด้านกายภาพ	F = 8.48*	0.000
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 4.28*	0.005
	ภาพรวม	F = 6.95*	0.000
สถานภาพ	ด้านกายภาพ	F = 6.88*	0.001
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 7.68*	0.001
	ภาพรวม	F = 9.01*	0.000
ระดับการศึกษา	ด้านกายภาพ	F = 5.20*	0.006
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 3.28*	0.039
	ภาพรวม	F = 4.95*	0.008
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยฯ	ด้านกายภาพ	F = 3.06*	0.028
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 2.96*	0.032
	ภาพรวม	F = 3.70*	0.012

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ด้านอายุ สถานภาพสมรส และระดับการศึกษา ที่แตกต่างกัน มีผลต่อทัศนคติต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกด้านและในภาพรวม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 2

ปัจจัยส่วนบุคคล	ทัศนคติต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ	ค่าสถิติการทดสอบ	Sig.
อายุ	ด้านกายภาพ	F = 5.17*	0.002
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 4.63*	0.003
	ภาพรวม	F = 5.54*	0.001
สถานภาพ	ด้านกายภาพ	F = 4.94*	0.008
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 5.11*	0.006
	ภาพรวม	F = 4.94*	0.008
ระดับการศึกษา	ด้านกายภาพ	F = 4.54*	0.011
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 5.53*	0.004
	ภาพรวม	F = 5.69*	0.004

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 3 ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ด้านระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกด้านและในภาพรวม ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 3

ปัจจัยส่วนบุคคล	พฤติกรรมต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ	ค่าสถิติการทดสอบ	Sig.
ระดับการศึกษา	ด้านกายภาพ	F = 3.82*	0.023
	ด้านข้อมูลข่าวสาร	F = 7.63*	0.001
	ภาพรวม	F = 6.95*	0.001

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานที่ 4 การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 4

การรับรู้/เรียนรู้ที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ	ทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ					
	ด้านกายภาพ		ด้านข้อมูลข่าวสาร		ภาพรวม	
	r	Sig.	*r*	Sig.	*r*	Sig.
ด้านกายภาพ	0.57**	0.000	0.57**	0.000	0.61**	0.000
ด้านข้อมูลข่าวสาร	0.23**	0.000	0.65**	0.000	0.64**	0.000
ภาพรวม	0.61**	0.000	0.68**	0.000	0.70**	0.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สมมติฐานที่ 5 การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 5

การรับรู้/เรียนรู้ที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ	พฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ					
	ด้านกายภาพ		ด้านข้อมูลข่าวสาร		ภาพรวม	
	r	Sig.	*r*	Sig.	*r*	Sig.
ด้านกายภาพ	0.40**	0.000	0.49**	0.000	0.51**	0.000
ด้านข้อมูลข่าวสาร	0.32**	0.000	0.58**	0.000	0.53**	0.000
ภาพรวม	0.39**	0.000	0.60**	0.000	0.57**	0.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ 6 ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 6

ทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ	พฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ					
	ด้านกายภาพ		ด้านข้อมูลข่าวสาร		ภาพรวม	
	r	Sig.	*r*	Sig.	*r*	Sig.
ด้านกายภาพ	0.59**	0.000	0.59**	0.000	0.66**	0.000
ด้านข้อมูลข่าวสาร	0.42**	0.000	0.59**	0.000	0.58**	0.000
ภาพรวม	0.54**	0.000	0.63**	0.000	0.66**	0.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

8. การอภิปรายผลการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ได้แก่ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกัน มีผลต่อการรับรู้/เรียนรู้ต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกันทั้งทางด้านกายภาพและด้านข้อมูลข่าวสาร สอดคล้องกับคำอธิบายตามอ้างอิง [8] เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ที่ว่า การรับรู้นั้นประกอบขึ้นจากปัจจัยการเกิดอันหลากหลาย ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของบุคคลออกเป็น 2 ประเภท หนึ่งในนั้นคือปัจจัยภายใน ได้แก่ คุณสมบัติที่อยู่ภายในตัวของผู้รับ เช่น เพศ อายุ สถานะ อาชีพ ระดับการศึกษา ความสนใจ ความต้องการทางร่างกายและจิตใจ คุณค่าที่ตนเองตระหนักและประสบการณ์ซึ่งนับได้ว่าเป็นสิ่งที่มีผลต่อการรับรู้ของบุคคลทั้งสิ้น

2. ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ได้แก่ อายุ สถานภาพสมรส และระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อทัศนคติต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกันทั้งทางด้านกายภาพและด้านข้อมูลข่าวสาร โดยผู้ใช้ไฟฟ้าฯ กลุ่มที่มีอายุ 61 ปีขึ้นไป มีทัศนคติแตกต่างจากกลุ่มที่มีอายุต่ำกว่า เป็นไปได้ว่าผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่มีอายุ 61 ปีขึ้นไป เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทั้งในการดำเนินชีวิตและการทำงานค่อนข้างสูง จึงทำให้มีทัศนคติต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งแตกต่างไปจากกลุ่มช่วงอายุอื่น และผู้ที่มีอายุ 61 ปีขึ้นไปมักจะเป็นกลุ่มอนุรักษ์นิยม ที่ไม่ชินกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคมในปัจจุบัน ถัดมาคือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทฯ กลุ่มที่มีสถานภาพหย่า/หม้าย มีทัศนคติแตกต่างจากกลุ่มที่มีสถานภาพอื่นๆ เป็นไปได้ว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีสถานภาพหย่า/หม้าย ซึ่งต้องเลี้ยงดูตนเองและครอบครัวเพียงลำพัง อาจส่งผลต่อทัศนคติต่อข้อมูลข่าวสารที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของตนเองที่แตกต่างไปจากกลุ่มที่มีสถานภาพอื่นๆ ที่ยังไม่มีภาระ หรือมีผู้แบ่งเบาภาระ และสุดท้ายคือผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มที่มีการศึกษาระดับปริญญาโทหรือสูงกว่า มีทัศนคติแตกต่างจากกลุ่มที่มีการศึกษาระดับต่ำกว่า เป็นไปได้ว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาที่สูง ย่อมมีประสบการณ์และความรู้ที่มากกว่า จึงส่งผลให้มีทัศนคติแตกต่างจากผู้ที่มีระดับการศึกษาที่ต่ำกว่า

3. ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ ด้านระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แตกต่างกัน ทั้งทางด้านกายภาพและด้านข้อมูลข่าวสาร สอดคล้องกับการศึกษาตาม [6] เรื่องความรู้ ทัศนคติ และการเสียภาษีของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม ซึ่งพบว่า ประชาชนที่มีความรู้แตกต่างกันมีพฤติกรรมการเสียภาษีแตกต่างกัน โดยความรู้ดังกล่าวย่อมมีผลมาจากระดับการศึกษา การที่ประชาชนมีระดับการศึกษาที่แตกต่าง มีความรู้ที่แตกต่างย่อมส่งผลต่อความเข้าใจ และการแสดงพฤติกรรมต่อการเสียภาษีแตกต่างกัน

4. การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับทัศนคติที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ แสดงให้เห็นว่าทัศนคติเกิดขึ้นจากการรับรู้/เรียนรู้ โดยมีความสอดคล้องกับ [10] ที่ได้อธิบายว่าความรู้ซึ่งเป็นผลอันเกิดจากการรับรู้/เรียนรู้นั้น เป็นหนึ่งในลักษณะทางองค์ประกอบของทัศนคติ นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับผลการวิจัย [5] ที่พบว่าภาพคำเตือนบนซองบุหรี่ส่งผลต่ออารมณ์ของผู้สูบบุหรี่ โดยทำให้ผู้สูบบุหรี่เกิดอารมณ์ด้านลบต่อภาพคำเตือนลักษณะดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าผู้สูบบุหรี่ที่มีการรับรู้/เรียนรู้ภาพคำเตือนบนกล่องบุหรี่ ทำให้เกิดเป็นความรู้สึกที่ไม่ดีต่อภาพดังกล่าว เช่นเดียวกับการที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้เกิดการรับรู้/เรียนรู้ ลักษณะทางกายภาพและข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ย่อมก่อให้เกิดความรู้สึกต่อใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ได้เช่นเดียวกัน

5. การรับรู้/เรียนรู้ของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ โดยลักษณะของพฤติกรรมในด้านกายภาพ พบว่า ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการชำระค่าไฟฟ้าฟ้าเมื่อได้รับใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ สูงที่สุด ลักษณะพฤติกรรมดังกล่าวมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิคของอีวาน พาฟลอฟ (Ivan Pavlov, 1849-1936) ตามอ้างอิงใน [3] ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ของสิ่งมีชีวิตจำนวนมากเกิดจากการวางเงื่อนไข โดยตอบสนองหรือการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นต่อสิ่งเร้าหนึ่งมักมีเงื่อนไขหรือสถานการณ์เกิดขึ้น ซึ่งในสภาพปกติหรือในชีวิตประจำวัน การตอบสนองเช่นนั้นอาจไม่มี เช่น กรณีสุนัขได้ยินเสียงกระดิ่งและน้ำลายไหล เสียงกระดิ่งเป็นสิ่งเร้าที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้จากการวางเงื่อนไข เช่นเดียวกับในภาวะปกติผู้ใช้ไฟฟ้ามักไม่ให้ความสำคัญกับการชำระค่าไฟฟ้า แต่เมื่อการไฟฟ้านครหลวงมีการจัดส่งใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ มาให้ ย่อมส่งผลต่อพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าคือการไปชำระค่าไฟฟ้าตามรายละเอียดค่าไฟฟ้าที่ระบุในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ

6. ทัศนคติของผู้ใช้ไฟฟ้าฯ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มีต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ สอดคล้องกับผลการวิจัยตาม [7] ที่พบว่าทัศนคติต่อการออมที่แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออมของประชาชน แสดงให้เห็นว่าความรู้สึกที่มีต่อการออมมีผลกับพฤติกรรมการออม เช่นเดียวกับความรู้สึกที่มีต่อใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ เช่น ใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ มีความสำคัญในการนำไปชำระค่าไฟฟ้า ย่อมส่งผลต่อพฤติกรรมการชำระค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยใช้ใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าการจดจำหมายเลขเครื่องวัด หรือการใช้สื่ออื่น ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ผลการวิจัยในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยตาม [9] ที่ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาทัศนคติและพฤติกรรมของลูกค้าผ่านการดำเนินการสีเขียวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมให้เช่าในอินเดีย โดยผลการวิจัยพบว่า ลูกค้าที่ใช้บริการโรงแรมตระหนักเกี่ยวกับการดำเนินงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในอินเดีย พวกเขาชื่นชมโรงแรมซึ่งประยุกต์ใช้วิธีการดำเนินงานสีเขียวโดยไม่กระทบกับคุณภาพการบริการ ลูกค้ายินดีที่จะใช้บริการโรงแรมซึ่งดำเนินงานตามวิธีการดังกล่าว เช่นเดียวกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีทัศนคติว่าข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ มีความละเอียด ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ เข้าใจง่าย มีความน่าสนใจในการรับรู้ ย่อมส่งผลให้มีพฤติกรรมการให้ความสนใจติดตามการส่งใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ มายังที่พักอาศัย และตรวจสอบค่าไฟฟ้าและข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ เป็นต้น

9. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยต่อข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

1. การไฟฟ้านครหลวงควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงการสื่อสารให้สอดคล้องกับลักษณะทางประชากรของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความแตกต่างและควรกระตุ้นให้เกิดการรับรู้/เรียนรู้มากยิ่งขึ้น ด้วยการปรับรูปแบบใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เช่น การขยายของตัวอักษรของข้อมูลข่าวสารให้อ่านง่าย การเพิ่มสีสันในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ หรือการจัดกิจกรรมพิเศษเพื่อดึงดูดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสนใจข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ มากยิ่งขึ้น

2. การไฟฟ้านครหลวงควรปรับปรุงลักษณะของใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ให้มีความคงทนมากขึ้น จัดพิมพ์ด้วยกระดาษและน้ำหมึกกันน้ำ ออกแบบให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อความสะดวกในการจัดส่ง การพกพาและการจัดเก็บ เพื่อป้องกันการสูญหาย ตลอดจนการเพิ่มขนาดให้เอื้อประโยชน์ต่อการอ่านมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรปรับปรุงใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ ให้ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป และจัดทำข้อมูลในระบบสองภาษาทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าต่างประเทศสามารถเข้าใจข้อมูลข่าวสารในใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯได้

3. การไฟฟ้านครหลวงควรให้ความสำคัญกับใบแจ้งค่าไฟฟ้าฯ นอกเหนือจากความคงทน และความน่าสนใจที่ควรเพิ่มมากขึ้นแล้ว ควรจัดส่งใบแจ้งค่าไฟฟ้าให้ถูกต้องตามที่อยู่และตรงเวลา เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ให้ความสำคัญ หากเกิดความผิดพลาดไม่ว่าจะเป็นในด้านข้อมูลข่าวสาร หรือการจัดส่งอาจก่อให้เกิดภาพลักษณ์ที่ไม่ดีต่อการไฟฟ้านครหลวงได้

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้านครหลวง. (2558). *จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า*. ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า, การไฟฟ้านครหลวง.

[2] การไฟฟ้านครหลวง. (2556). *หนังสือที่ระลึก 55 ปี การไฟฟ้านครหลวง*.

[3] ครูบ้านนอกดอทคอม. *ทฤษฎีการเรียนรู้*. ค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2557, จาก www.kroobannok.com/m/mview.php?id=35946.

[4] วิเชียร เกตุสิงห์. (2537). *การวิจัยเชิงปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: เจริญผล

[5] สุนิสา ถาวรวงศ์สกุล. (2553). *ประสิทธิผลของภาพคำเตือนบนซองบุหรี่ที่มีต่ออารมณ์ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้สูบบุหรี่*. นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] สุนีย์ รอดจากทุกข์. (2551). *ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการเสียภาษีของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองสมุทรสงคราม*. วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[7] สุปัญนี ปลั่งกมล. (2552). *การเปิดรับข่าวสาร ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการออมของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร*. นิเทศศาสตรพัฒนาการ ภาควิชาการประชาสัมพันธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] สุภาวดี คูหาทอง. (2533). *บทบาทที่คาดหวังและการปฏิบัติงานของผู้ชำนาญการพิเศษด้านสาธารณสุขตามการรับรู้ของตนเอง ผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานในสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการบริหารสาธารณสุข, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

[9] Kamal, M., & Vinnie, J. (2007). *Exploring consumer attitude and behavior towards green practices in the lodging industry in India*. International Journal of Contemporary Hospitality Management, Vol. 19 Iss: 5, pp.364 - 377.

[10] Zimbardo, P. G. and E. Ebbesen. (1970). *Influence Attitude and Changing Behavior Massachusetts*. Addison- Wesly Publishing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี

The opinions of entrepreneur selecting the unskilled workers from neighboring countries In Bangplee Industrial Estate

เอกลักษณ์ เทพนิกร[1], อนุวัต เจริญสุข[2]
คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] ekkaluck_th@hotmail.com
[2] anuwat@tni.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในนิคมอุตสาหกรรมบางพลี และเพื่อศึกษาคุณลักษณะในมุมมองของผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับปัญหาในแต่ละด้านแตกต่างกันอย่างไร และให้ความสำคัญกับปัญหาใดโดยการศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยทำการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี จำนวน 128 สถานประกอบการตอบกลับมาทั้งหมด 97 ราย โดยสถิติที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้คือ สถิติการบรรยาย (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า จากสมมุติฐานว่าผู้ประกอบการที่มีกลุ่มอุตสาหกรรมต่างกันมีความคิดเห็นต่อการเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านต่างกันนั้น พบว่าผู้ประกอบการในทุกกลุ่มอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อการเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านไม่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการมีความต้องการแรงงานไร้ฝีมือเหมือนกันโดย และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้ประกอบการไม่ได้ให้ความสำคัญกับด้านใดใน 4 ด้านในระดับมากที่สุดเลยแสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการอาจกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานไร้มือเป็นอย่างมากทำให้ไม่สนใจคุณสมบัติทั้ง 4 ด้านในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้าน หมายถึง บุคคลซึ่งมีสัญชาติพม่า กัมพูชา และลาว

Abstract

Objective To study the opinions of entrepreneurs towards unskilled labor from neighboring estates Bang. And to study the characteristics of view of the operator to focus on the different issues each. And to focus on the problems with this study is quantitative. (Quantitative Research) by studying the opinions of entrepreneurs towards unskilled labor from neighboring estates in Bangplee 128 establishments. All 97 patients responded by statistical methods used in the study are as follows. Statistics Lecture (Descriptive Statistics) and frequency (Frequency), percentage (Percentage) Average (Mean), standard deviation (SD) and test statistics F-test with analysis, ANOVA (One Way ANOVA). found that the assumption that households with different industry groups have comments on use of unskilled labor from neighboring countries as well. Found that entrepreneurs in all industries opinions on use of unskilled labor from neighboring countries were similar, indicating that the operator has the same unskilled labor. The results of this study revealed that the operator does not focus on any aspect of the 4 sides at the highest level has shown that operators may be experiencing a shortage of housing for very much ignore property. 4 sides at the highest level.

Keywords: Neighboring workforce unskilled workers from neighboring countries, Burmese nationality, Cambodian nationality, Lao nationality

1. บทนำ

จากวารสารสถิติจำนวนคนต่างด้าวที่ได้รับอนุญาตทำงานทั่วราชอาณาจักร ประจำปี 2557 พบว่าจำนวนแรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านที่ได้รับอนุญาตทำงานทั่วราชอาณาจักร ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2557 มีจำนวนทั้งสิ้น 1,339,834 คน โดยเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้า จำนวน 155,999 คน คิดเป็นร้อยละ 13.18 ซึ่งจะเห็นว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแรงงานต่างด้าวในประเทศไทยอย่างเห็นได้ชัด

จากบทความวิจัย เรื่อง แรงงานไร้ฝีมือ คือ ผู้สร้างชาติ สร้างอาเซียน (พันธ์รบ ราชพงศา สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา (ITD) ตีพิมพ์ : หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ Section : ASEAN+ ปีที่ 4 ฉบับที่ 163 วันอังคารที่ 4 พฤศจิกายน 2557 หน้า 1 คอลัมน์ "อาเซียน Business Forum") กล่าวว่าในภาคธุรกิจผู้ประกอบการยังคงพึ่งพาแรงงานไร้ฝีมือจำนวนมาก ขณะที่ผู้ประกอบการขนาดใหญ่ในกลุ่มธุรกิจผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนประกอบก็มีความต้องการแรงงานกึ่งมีฝีมือในสัดส่วนที่สูง ขณะเดียวกันแรงงานไทยยังเลือกงานและไม่ต้องการทำงานหนักประเภท 3D คือ งานสกปรก (dirty job) งานอันตราย (dangerous job) และงานยาก (demanding หรือ difficult job)

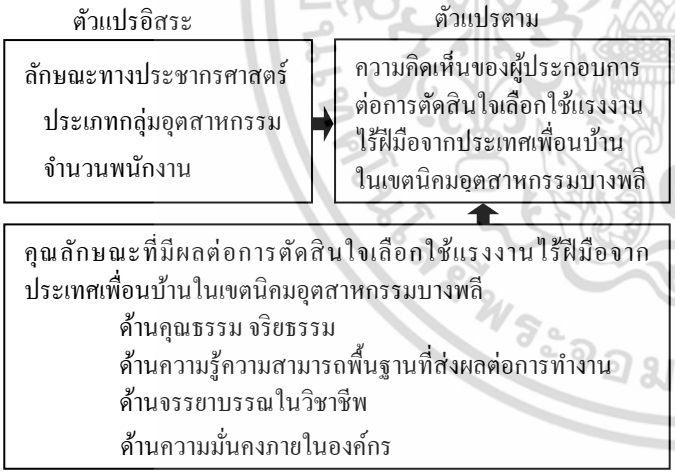
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้จำเป็นต้องนำเข้าแรงงานต่างด้าวหรือแรงงานเพื่อนบ้านมาทดแทน โดยในเดือนกันยายน ปี 2557 มีแรงงานต่างด้าวที่จดทะเบียนถูกกฎหมายประมาณ 1.4 ล้านคน ซึ่งเมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันเมื่อปี 2550 ที่มีอยู่ประมาณ 700,000 คน จะเห็นได้ว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงเท่าตัว

นิคมอุตสาหกรรมบางพลี มีอุตสาหกรรมการผลิตหลายประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โลหะ โลหะขั้นมูลฐาน เครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานพาหนะ แปรรูปไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้ เครื่องเรือน เครื่องตบแต่งในอาคาร ผลิตภัณฑ์อโลหะ เคมีภัณฑ์ ปิโตรเลียม กระดาษ การพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ยาง พลาสติก สิ่งทอ เครื่องแต่งกาย ผลิตหนังสัตว์ ผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์ อาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์จากพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแรงงานไร้ฝีมือซึ่งจากภาวะความต้องการแรงงานในภาพรวมที่กล่าวมาอาจส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลีซึ่งใช้แรงงานไร้ฝีมือเป็นแรงงานหลักในการประกอบกิจการ

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้ศึกษาสนใจศึกษาถึงความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี ถ้าหากว่ากรณีที่ผู้ประกอบการมีความจำเป็นต้องใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านนั้นมีปัจจัยใดบ้างที่ผู้ประกอบการให้ความสำคัญและผู้ประกอบการในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมนั้นให้ความสำคัญในคุณลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

2. กรอบแนวคิด



3.สมมุติฐาน

ลักษณะอุตสาหกรรมต่างกันความต้องแรงงานไร้ฝีมือแตกต่างกัน

4. นิยามศัพท์

คุณธรรม จริยธรรม หมายถึง การประพฤติปฏิบัติตนด้วยความดีงามที่ต่อประกอบอาชีพการงานแต่ละอย่างที่กำหนดขึ้น เพื่อประโยชน์ในการรักษาและส่งเสริมเกียรติคุณชื่อเสียงของตนเอง และฐานะของสมาชิก ด้วยความรับผิดชอบ มีวินัยในตนเอง ความอดทน ขยันหมั่นเพียร สู้งาน มีน้ำใจ มีมนุษย์สัมพันธ์ เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อเพื่อนร่วมงาน และสามารถปรับตัวเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในข้างต้นอย่างสมบูรณ์

ความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน หมายถึง คุณลักษณะต่างๆที่ส่งผลต่อคุณภาพ และประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานโดยตรง อันได้แก่ ความสามารถ ทักษะพื้นฐานในการใช้ภาษา มีความใฝ่รู้ มีความคิดสร้างสรรค์ มีไหวพริบปฏิภาณ สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ปฏิบัติตามคำสั่งผู้บังคับบัญชาอย่างเคร่งครัดอย่างเคร่งครัด

จรรยาบรรณในวิชาชีพ หมายถึง คุณลักษณะที่ทำให้เกิดประโยชน์ในการงาน เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและทำให้เกิดประสิทธิผลอย่างสูงสุดต่อองค์กร อันได้แก่ มีความซื่อซื่อสัตย์ในการทำงาน ให้ความร่วมมือในการทำงาน ให้ความช่วยเหลือเพื่อนร่วมงาน ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติงาน มีความกระตือรือร้นในการทำงาน และมีการพัฒนาตนเองให้มีความรู้ในงานที่ทำ

ความมั่นคงภายในองค์กร หมายถึง ความปลอดภัยจากผลกระทบที่เกิดขึ้นภายในองค์กรที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อองค์กร อันได้แก่ ปัญหาด้านแรงงาน ปัญหาด้านอาชญากรรม ปัญหาด้านสุขอนามัย ปัญหาด้านยาเสพติด ปัญหาการเปลี่ยนงานบ่อย ปัญหาการจัดสวัสดิการให้แรงงาน รวมถึงปัญหาด้านการสื่อสารอันจะก่อให้เกิดผลเสียต่อองค์กรในการดำเนินกิจการใดๆ

5. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.1 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในนิคมอุตสาหกรรมบางพลี

1.2 เพื่อศึกษาคุณลักษณะของแรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในความคิดเห็นของผู้ประกอบการในแต่ละด้านแตกต่างกันหรือไม่

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยที่เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ตามกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยแบบสอบถามประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จะเป็นข้อมูลทั่วไปทางด้านปัจจัยส่วนบุคคล ของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นโรงงานที่อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี จำนวน 4 ข้อ

ส่วนที่ 2 สอบถามข้อมูลความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการทำงานของแรงงานต่างด้าวในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี ด้วยแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เป็นคำถามที่ให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี

7. วิธีการศึกษา

โดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงจนมีคุณภาพไปดำเนินการแจกจ่ายให้ผู้ประกอบการตอบจำนวน 128 ชุด โดยมีวิธีการดังนี้

1. เตรียมแบบสอบถาม เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี จำนวน 128 ผู้ประกอบการ

2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการ และนำแบบสอบถามที่ได้มาเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บันทึกข้อมูลที่ได้รับกลับมาจากผู้ประกอบการลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลของข้อมูล

8. ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ สรุปสาระสำคัญของการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

5.1 ข้อมูลทั่วไปทางด้านปัจจัยส่วนบุคคล ของผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นโรงงานที่อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม ทุนจดทะเบียน จำนวนพนักงาน และจำนวนปีที่ก่อตั้ง

ตารางที่ 1 แสดงแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม**ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม**

ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ผลิตภัณฑ์โลหะ โลหะขั้นมูลฐาน เครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า และยานพาหนะ	40	40.1
แปรรูปไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้ เครื่องเรือน เครื่องตบแต่งในอาคาร และผลิตภัณฑ์อโลหะ	28	28.9
เคมีภัณฑ์ ปิโตรเลียม กระดาษ การพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ยาง และพลาสติก	15	15.5
สิ่งทอ เครื่องแต่งกาย ผลิตหนังสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์	9	9.3
อาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์จากพืช	5	5.2
รวม	97	100.0

กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากการตอบแบบสอบถามของผู้ประกอบการโดยตอบกลับมา จำนวน 97 โรงงาน จากทั้งหมด 128 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 75.78

แสดงประเภทกลุ่มอุตสาหกรรมของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ โลหะขั้นมูลฐาน เครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า และยานพาหนะ มีจำนวน 40 ราย คิดเป็น ร้อยละ 40.1 อุตสาหกรรม แปรรูปไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้ เครื่องเรือน เครื่องตบแต่งในอาคาร และผลิตภัณฑ์อโลหะ มีจำนวน 28 ราย คิดเป็นร้อยละ 28.9 อุตสาหกรรมการผลิตเคมีภัณฑ์ ปิโตรเลียม กระดาษ การพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ยาง และพลาสติก มีจำนวน 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 15.5 อุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ เครื่องแต่งกาย ผลิตหนังสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์ มีจำนวน 9 ราย คิดเป็นร้อยละ 9.3 อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์จากพืช มีจำนวน 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 5.2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม**จำนวนพนักงาน**

จำนวนพนักงาน	จำนวน	ร้อยละ
ตั้งแต่ 1-50 คน	30	30.9
ตั้งแต่ 51-200 คน	46	47.4
มากกว่า 200 ขึ้นไป	21	21.6
รวม	97	100.0

แสดงจำนวนพนักงานของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า จำนวนจำนวนพนักงานตั้งแต่ 51-200 คนมีจำนวน 46 ราย คิดเป็นร้อยละ 47.4 พนักงานตั้งแต่ 1-50 คนมีจำนวน 30 ราย คิดเป็นร้อยละ 30.9 จำนวนพนักงานมากกว่า 200 ขึ้นไป คนมีจำนวน 21 ราย คิดเป็นร้อยละ 21.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการ ต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี **ภาพรวม**

ลำดับ	ภาพรวม	$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
1	ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ	3.7526	.62966	มาก
2	ด้านคุณธรรม จริยธรรม	3.6701	.47262	มาก
3	ด้านความมั่นคงภายในองค์กร	3.6082	.53144	มาก
4	ด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน	3.0619	.60921	ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจในภาพรวมจำแนกรายด้าน พบว่าด้านที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสูงสุดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพบว่าด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.7526 ด้านคุณธรรม จริยธรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6701 ด้านความมั่นคงภายในองค์กร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6082 ตามลำดับ โดยที่ปัจจัยอยู่ในระดับมาก ส่วนด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน มีค่าเฉลี่ย 3.0619 มีปัจจัยอยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการ ต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี **ด้านคุณธรรม จริยธรรม**

ลำดับ	ด้านคุณธรรม จริยธรรม	Mean	S.D.	การแปลความหมาย
1	สู้งาน	4.2990	.81860	มาก
2	มีความอดทน	4.2784	.65737	มาก
3	มีความขยันหมั่นเพียร	4.0722	.71074	มาก
4	มีความรับผิดชอบ	3.7113	.91240	มาก
5	สามารถปรับตัวเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้	3.4948	.73773	ปานกลาง
6	มีระเบียบวินัยในตนเอง	3.4124	.83856	ปานกลาง
7	มีมนุษย์สัมพันธ์	3.4124	.68849	ปานกลาง
8	เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อเพื่อนร่วมงาน	3.2474	.67748	ปานกลาง
9	มีน้ำใจ	3.2062	.76292	ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจด้านคุณธรรม จริยธรรม จำแนกตามคุณลักษณะ พบว่าด้านที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสูงสุดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพบว่าคุณลักษณะการสู้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2990 รองมาคือมีความอดทนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2784 มีความขยันหมั่นเพียรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0722 มีความรับผิดชอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.7113 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะที่เหลืออีก 5 คุณลักษณะ มีปัจจัยระดับปานกลางคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปรับตัวเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4948 มีระเบียบวินัยในตนเองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4124 มีมนุษย์สัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4124 เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อเพื่อนร่วมงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2474 ความมีน้ำใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2062 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลีย และส่วนเบียงเบนมาตรฐานของการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการ ต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี **ด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน**

ลำดับ	ด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน	Mean	S.D.	การแปลความหมาย
1	ปฏิบัติตามคำสั่งผู้บังคับบัญชาอย่างเคร่งครัด	4.0619	.86379	มาก
2	มีความละเอียดรอบคอบในการทำงาน	3.9485	.92838	มาก
3	มีความใฝ่รู้	3.4948	.66338	ปานกลาง
4	ฝึกฝนตนเองอยู่เสมอ	3.4021	.81214	ปานกลาง
5	มีไหวพริบปฏิภาณ	3.2165	.84443	ปานกลาง
6	มีทักษะความสามารถในการใช้ภาษาไทย	3.0309	.71376	ปานกลาง
7	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในงาน	2.9381	.82682	ปานกลาง
8	สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	2.8660	.75868	ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน จำแนกตามคุณลักษณะ พบว่าด้านที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสูงสุดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย พบว่าคุณลักษณะด้านการปฏิบัติตามคำสั่งผู้บังคับบัญชาอย่างเคร่งครัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0619 รองมาคือมีความละเอียดรอบคอบในการทำงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9485 ส่วนคุณลักษณะที่เหลืออีก 6 คุณลักษณะ มีปัจจัยระดับปานกลาง คือ คุณลักษณะด้านมีความใฝ่รู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4948 ฝึกฝนตนเองอยู่เสมอมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4021 มีทักษะความสามารถในการใช้ภาษาไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.0309 มีไหวพริบปฏิภาณมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2165 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.9381 และสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาเฉพาะหน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.8660 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการ ต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี **ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ**

ลำดับ	ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ	Mean	S.D.	การแปลความหมาย
1	มีความซื่อสัตย์ในการทำงาน	4.2887	.77673	มาก
2	มีความกระตือรือร้นในการทำงาน	4.2062	.90067	มาก
3	ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติงาน	4.1031	.78375	มาก
4	ให้ความร่วมมือในการทำงาน	4.0515	.71255	มาก
5	ให้ความช่วยเหลือเพื่อนร่วมงาน	3.8660	.63948	มาก
6	มีการพัฒนาตนเองให้มีความรู้ในงานที่ทำ	3.6289	.89349	มาก

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ จำแนกตามคุณลักษณะ พบว่าด้านที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสูงสุดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพบว่าคุณลักษณะมีความซื่อสัตย์ในการทำงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2887 มีความกระตือรือร้นในการทำงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2062 ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1301 ให้ความร่วมมือในการทำงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0515 ให้ความช่วยเหลือเพื่อนร่วมงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.8660 มีการพัฒนาตนเองให้มีความรู้ในงานที่ทำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.6289 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการ ต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี **ด้านความมั่นคงภายในองค์กร**

ลำดับ	ด้านความมั่นคงภายในองค์กร	Mean	S.D.	การแปลความหมาย
1	ปัญหาอาชญากรรม	4.1649	.96480	มาก
2	ปัญหาด้านการสื่อสาร	4.0000	.87797	มาก
3	ปัญหาสุขอนามัย	3.8763	.81978	มาก
4	ปัญหายาเสพติด	3.8351	.98616	มาก
5	ปัญหาการจัดสวัสดิการให้แรงงาน	3.4536	.79084	ปานกลาง
6	ปัญหาการเปลี่ยนงานบ่อย	3.2784	.90993	ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ระดับความสำคัญต่อการตัดสินใจด้านความมั่นคงภายในองค์กร จำแนกรายด้าน พบว่าด้านที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสูงสุดโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย พบว่าปัญหาอาชญากรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1649 รองมาคือปัญหาด้านการสื่อสารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.0000 ปัญหาสุขอนามัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.8763 ปัญหายาเสพติดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.8351 ตามลำดับ โดยที่ปัจจัยอยู่ในระดับมาก ส่วนปัญหา การจัดสวัสดิการให้แรงงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4536 ปัญหาการเปลี่ยนงานบ่อยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2784 มีปัจจัยอยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ

ผลการทดสอบสมมุติฐาน

ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี ตามความคิดเห็นของผู้ประกอบการแต่ละกลุ่มประเภทอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว เพื่อตอบคำถามสมมุติฐานตามรายละเอียดที่แสดงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติฐานที่ 1

ผู้ประกอบการที่มีประเภทอุตสาหกรรมต่างกัน มีความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี แตกต่างกัน

ตารางที่ 8

ความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ด้านคุณธรรม จริยธรรม	ระหว่างกลุ่ม	.596	4	.149	.657	.623
	ภายในกลุ่ม	20.848	92	.227		
	รวม	21.443	96			
ด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน	ระหว่างกลุ่ม	1.492	4	.373	1.005	.409
	ภายในกลุ่ม	34.137	92	.371		
	รวม	35.629	96			
ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ	ระหว่างกลุ่ม	1.078	4	.269	.670	.614
	ภายในกลุ่ม	36.984	92	.402		
	รวม	38.062	96			
ด้านความมั่นคงภายในองค์กร	ระหว่างกลุ่ม	.329	4	.082	.283	.888
	ภายในกลุ่ม	26.784	92	.291		
	รวม	27.113	96			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 8 ผลการทดสอบด้วยค่า F – test ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ความคิดเห็นของผู้ประกอบการแต่ละ**กลุ่มประเภทอุตสาหกรรม**ต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี ทั้ง 4 ด้าน ไม่มีความแตกต่างกัน จึงปฏิเสธสมมุติฐาน

9. อภิปรายผลการศึกษา

ภาพรวม จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ความคิดเห็นของผู้ประกอบการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี ให้ความสำคัญในด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ ด้านคุณธรรม จริยธรรม และด้านความมั่นคงภายในองค์กร ระดับมาก ตามลำดับ ส่วนในด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน มีผลต่อความคิดเห็นของผู้ประกอบการในการตัดสินใจในระดับปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรมภาคอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม สมุทรสาคร [4] ต้องการแรงงานต่างด้าวที่มีคุณสมบัติพื้นฐานด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพเป็นอับดับแรก รองลงมาคือด้านคุณธรรม จริยธรรม ซึ่งให้ความสำคัญมากกว่าด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน จากผลการศึกษาผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงานอาจเป็นเพราะว่าเป็นแรงงานไร้ฝีมือ ซึ่งจำเป็นต้องทำการฝึกสอนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถพื้นฐานเกี่ยวกับงานงานที่จำเป็นให้กับแรงงานไร้ฝีมือเมื่อรับเข้ามาทำงาน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ความคิดเห็นของผู้ประกอบการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลี ผู้ประกอบการให้ความสำคัญในคุณลักษณะสู้งาน ระดับมาก เป็นอันดับแรก ผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับคุณลักษณะมีความอดทน ระดับมาก ด้านมีความขยันหมั่นเพียร ระดับมาก และด้านมีความรับผิดชอบ ระดับมาก รองลงมาตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะงานที่ไม่จำเป็นที่ต้องมีทักษะ ฝีมือและความรู้ ซึ่งส่วนใหญ่แรงงานไร้ฝีมือจะต้องทำงานที่ใช้แรงงานเป็นหลัก ซึ่งจำเป็นต้องมีคุณลักษณะสู้งาน มีความอดทน มีความขยันหมั่นเพียร เป็นอย่างมาก สอดคล้องกับการศึกษา เรื่องความต้องการจ้างแรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการในจังหวัดสุราษฎร์ธานี [4] พบว่าความต้องการจ้างแรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการ คือมีความอดทน ความขยัน และ ปัจจัยที่มีผลต่อการจ้างงานแรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการ[1] ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าลูกจ้างที่มีคุณสมบัติด้านเป็นผู้มีความอดทน

ด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน ด้านความรู้ความสามารถพื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ความคิดเห็นของผู้ประกอบการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานเพื่อนบ้าน ผู้ประกอบการให้ความสำคัญในด้านการปฏิบัติตามคำสั่งผู้บังคับบัญชาอย่างเคร่งครัด ระดับมาก ด้านมีความละเอียดรอบคอบในการทำงาน ระดับมาก อันดับรองลงมา สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการสำรวจคุณลักษณะของแรงงานต่างด้าวตามความต้องการของสถานประกอบการ ภาคอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม สมุทรสาคร [4] พบว่าสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรมต้องการแรงงานต่างด้าวที่มีคุณสมบัติด้านมีความละเอียดรอบคอบในการทำงานเป็นอันดับสองรองจากการมีทักษะการใช้ภาษาไทย

ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ความคิดเห็นของผู้ประกอบการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานเพื่อนบ้าน ผู้ประกอบการให้ความสำคัญในด้านมีความซื่อสัตย์ในการทำงาน ระดับมาก ด้านมีความกระตือรือร้นในการทำงาน ระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการสำรวจคุณลักษณะของแรงงานต่างด้าวตามความต้องการของสถานประกอบการภาคอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม สมุทรสาคร [4] พบว่า สถานประกอบการภาคอุตสาหกรรมต้องการแรงงานที่มีคุณลักษณะเป็นผู้มีความซื่อสัตย์ในการปฏิบัติงาน เป็นอันดับต้น ในด้านความรู้ความสามารถตามลักษณะงาน

ด้านความมั่นคงภายในองค์กร ด้านความมั่นคงภายในองค์กร จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ความคิดเห็นของผู้ประกอบการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้แรงงานเพื่อนบ้าน ผู้ประกอบการให้ความสำคัญในด้านปัญหาอาชญากรรม ระดับมาก ด้านปัญหาด้านการสื่อสาร ระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการบริหารจัดการการใช้แรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการขนาดย่อมในเขตกรุงเทพมหานคร [2] พบว่าปัญหาที่พบอันดับแรกในการรับแรงงานต่างด้าวเข้าทางานคือเรื่องภาษา ทำให้ยากต่อการรับคำสั่งงาน หรือการสั่งงานจากผู้ประกอบการ จึงเกิดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาดขึ้นในการทำงานบ่อยครั้ง ส่วนในด้านปัญหาสุขอนามัย ระดับมาก

10. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าผู้ประกอบการให้ความสำคัญในด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ และคุณธรรม จริยธรรม ในการทำงานเป็นอันดับ 1 และอันดับ 2 ดังนั้นหากผู้ประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมบางพลีต้องการเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านควรมีระบบการทดสอบฝีมือแรงงานในด้านดังกล่าวเพื่อให้สามารถคัดเลือกแรงงานที่มีคุณสมบัติตรงต่อความต้องการของผู้ประกอบการในการนำแรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้านเข้าสู่สถานประกอบการของตนเอง เช่น แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพตามวิชาชีพ ในการวิเคราะห์และประเมินคุณลักษณะของด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ ได้แก่ ความซื่อสัตย์ในการทำงาน ความกระตือรือร้นในการทำงาน ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติงาน ให้ความร่วมมือในการทำงาน และวิเคราะห์และประเมินคุณลักษณะของด้านคุณธรรม จริยธรรม ได้แก่ สู้งาน มีความอดทน มีความขยันหมั่นเพียร และมีความรับผิดชอบ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นในการเลือกใช้แรงงานไร้ฝีมือจากประเทศเพื่อนบ้าน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก คณะอาจารย์หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหารทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาแนะนำ ตรวจตราแก้ไขเนื้อหา รวมทั้ง ผศ.รังสรรค์ เลิศในสัตย์ อาจารย์พงศ์ศักดิ์ สายธัญญา ดังนั้นทางผู้ศึกษาจึงขอขอบพระคุณท่านต่าง ๆ เหล่านี้เป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือสละเวลาเพื่อตอบแบบสอบถาม สุดท้ายนี้ทางผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษางานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับท่านที่สนใจเพื่อนำไปใช้ในการประกอบความรู้ในอนาคต หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาจึงขออภัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] ทิพวรรณ จันทร์ชูกลิ่น (2551) ปัจจัยที่มีผลต่อการจ้างงานแรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการ ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ : สาขาวิชาการจัดการทั่วไป บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

[2] พระมหาแพง เตชสีโล (2556) การบริหารจัดการการใช้แรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการขนาดย่อมในเขตกรุงเทพมหานคร : พุทธศาสตร์มหาบัณฑิต (รัฐประศาสนศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย

[3] วีระพงษ์ จันตา (2555) ศึกษาผลกระทบการเพิ่มขึ้นของแรงงานต่างด้าวในทัศนคติประชาชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ : คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[4] สาวิตา กุ้ยรักษา (2553) การสำรวจคุณลักษณะของแรงงานต่างด้าวตามความต้องการของสถานประกอบการ ภาคอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร : คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[5] สมเกียรติ สังข์นาค, ศาสตราจารย์ ดร. สิน พันธุ์พินิจ (2552) ความต้องการจ้างแรงงานต่างด้าวของผู้ประกอบการในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสมดุลในชีวิตการทำงาน ค่านิยมในการทำงาน ที่พยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของบุคลากรที่ปฏิบัติงานในองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพย์สิน

Work Life Balance,Work Values Predicting Organizational Citizenship Behavior of Personnel Working in Organizations Involved in Property Management

สุกัญญา ผึ่งแผ่[†1], ปิ่นกนก วงศ์ปิ่นเพ็ชร์[‡2]

[†]*บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[1]sukanya.p@crownproperty.or.th
[‡]*มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[2]pinkanok2519@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระดับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ ความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงาน 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสมดุลในชีวิตการทำงาน ค่านิยมในการทำงาน และพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน และ 3) เพื่อพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน ด้วยความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานสำนักงานจัดการทรัพย์สิน 2 แห่ง จำนวน 430 คน ซึ่งใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระดับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ ระดับความสมดุลในชีวิตการทำงานและ, ระดับค่านิยมในการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับมากทุกตัว 2) ความสมดุลในชีวิตการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน และค่านิยมในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ค่านิยมในการทำงาน ได้แก่ ค่านิยมภายนอกงานและค่านิยมภายในงานสามารถพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: สมดุลในชีวิตการทำงาน ค่านิยมในการทำงาน พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ

Abstract

The objectives of this research were 1) to study the levels of organizational citizenship behavior, work life balance and work values ,2) to study the correlation between work life balance ,work values and organizational citizenship behavior and 3) to predict organizational citizenship behavior by work life balance and work values. The sample consisted of 430 employees of two property management offices. Data was collected by a questionnaire and was analyzed by frequency, percentage, mean, standard deviation, Pearson's correlation analysis and Stepwise Multiple Regression Analysis. The results revealed that the levels of organizational citizenship behavior, work life balance and work values were the high level. In addition, work life balance and work values had the positive correlation with organizational citizenship behavior at the statistical significance level of .01. Finally, work values consisted of extrinsic work and intrinsic work could predict organizational citizenship behavior at the statistical significance level of .01.

Keywords: Work Life Balance, Work Values, Organizational Citizenship Behavior

1. บทนำ

สังคมในยุคปัจจุบันที่ก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ทั้งกระแสโลกาภิวัฒน์และเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ส่งผลให้องค์การทั้งภาครัฐภาครัฐวิสาหกิจและภาคเอกชนต้องปฏิรูปองค์การให้สามารถแข่งขันกับการเปลี่ยนแปลงและอยู่รอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลในการช่วยให้องค์การสามารถแข่งขันกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและคู่แข่งในตลาดธุรกิจได้คือการบริหารทรัพยากรมนุษย์ การที่องค์การจะกระทำภารกิจให้บรรลุวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพนั้น องค์การจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีคุณภาพในปริมาณที่เหมาะสมกับงาน เพราะบุคลากรเป็นผู้จัดหาและใช้ทรัพยากรบริหารอื่นๆ จากความสำคัญของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในองค์การที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ โดยปัจจัยที่ผู้วิจัยให้ความสนใจคือความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงาน เพื่อศึกษาระดับความสัมพันธ์และพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปสู่การนำผลงานวิจัยไปใช้ในการวางแผนปรับปรุงองค์การและส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การต่อไป

2. ทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดเกี่ยวกับความสมดุลในชีวิตการทำงาน

Walton [1] ให้ความหมายไว้ว่า "สมดุลในชีวิตการทำงาน คือ การที่บุคคลสามารถจัดเวลาได้อย่างเหมาะสมและมีความสมดุลระหว่างเวลาสำหรับการทำงาน ครอบครัว และสังคม โดยการมีเวลาว่างทำกิจกรรมร่วมกันในครอบครัว และเข้าร่วมกิจกรรมอื่นๆ ของสังคมนอกเหนือจากการทำงาน"

ผู้วิจัยได้สรุปและให้ความหมายคำว่า สมดุลในชีวิตการทำงาน หมายถึง "ความสามารถในการจัดการปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในการทำงาน ทั้งในเรื่องเวลา สถานที่ และวิธีบริหารจัดการ รวมถึงสามารถกำหนดสัดส่วนเวลาการทำงานและชีวิตส่วนตัวได้อย่างเหมาะสม นำไปสู่การทำงานอย่างมีความสุข พร้อมทั้งมีชีวิตส่วนตัวและชีวิตครอบครัวที่มีความราบรื่น"

แนวคิดเกี่ยวกับค่านิยมในการทำงาน

Wollack [2] ได้ให้ความหมายของค่านิยมในการทำงานว่า เป็นเจตคติในการทำงาน ซึ่งเจตคตินี้อ้างอิงมาจากเจตคติทั่วไปๆ ที่มีความหมายต่อแต่ละบุคคล ซึ่งค่านิยมในการทำงานเป็นเจตคติที่แต่ละบุคคลถือเป็นสิ่งสำคัญและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของพวกเขา ดังนั้นค่านิยมในการทำงานของแต่ละคน จะแตกต่างกันออกไปและมีส่วนต่อความพึงพอใจในการทำงานของเขา

Gomez และ Mejia [3] กล่าวไว้ว่า ค่านิยมในการทำงาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ค่านิยมภายในงาน (intrinsic work) เป็นสิ่งที่แสดงถึงความน่าปรารถนา (desirability) ที่บุคคลให้กับลักษณะของงานโดยตรง เกิดจากการปฏิบัติงานหรือการทำให้งานสำเร็จ ได้แก่ ความรู้สึกรับผิดชอบในงาน ความรู้สึกแห่งความสำเร็จและความท้าทายของงาน

2. ค่านิยมภายนอกงาน (extrinsic work) เป็นสิ่งที่แสดงถึงความสำคัญหรือความน่าปรารถนาในสิ่งที่บุคคลให้กับลักษณะปัจจัยแวดล้อมของงาน ได้แก่ สภาพแวดล้อมในการทำงาน โครงสร้างขององค์การ บรรยากาศในการทำงาน และผลตอบแทนรวมถึงสวัสดิการต่างๆ รวมทั้งตำแหน่งและความมั่นคงในอาชีพการงาน

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยได้สรุปว่า ค่านิยมในการทำงาน หมายถึง "ความเชื่อของบุคคลที่มีต่องาน และส่งผลต่อการทำงานของบุคคลนั้น ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดทัศนคติ ความคาดหวัง ความพึงพอใจ และพฤติกรรมของบุคคลนั้น ต่อการทำงาน แบ่งออกเป็นค่านิยมภายในงานและค่านิยมภายนอกงาน"

แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ

Organ [4] ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การว่า หมายถึงพฤติกรรมการให้ความร่วมมือที่สมาชิกมีให้แก่องค์การ ซึ่งพฤติกรรมเหล่านั้นองค์การไม่ได้ร้องขอและไม่ใช้การบังคับให้ทำ รวมทั้งไม่ได้รับรองว่าจะให้ผลตอบแทนใดๆ

Organ [4] ได้ทำการศึกษาและแบ่งพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การออกเป็น 5 ด้าน ประกอบด้วย

1. พฤติกรรมการให้ความช่วยเหลือ (Altruism) เป็นการให้ความช่วยเหลือ เช่น ช่วยเหลือเพื่อนร่วมงานทันทีที่เกิดปัญหาในการปฏิบัติงาน ช่วยแนะนำ พนักงานใหม่เกี่ยวกับวิธีการใช้วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ

2. พฤติกรรมการคำนึงถึงผู้อื่น (Courtesy) หมายถึง การคำนึงถึงผู้อื่นเพื่อป้องกันการเกิดปัญหากระทบกระทั่งที่อาจจะเกิดตามมา

3. พฤติกรรมความอดทนอดกลั้น (Sportsmanship) หมายถึง การมีความอดทนอดกลั้นต่อความคับข้องใจ การถูกรบกวน ความเครียด หรือความกดดันต่างๆ ด้วยความเต็มใจ

4. พฤติกรรมการให้ความร่วมมือ (Civic Virtue) หมายถึง ความรับผิดชอบและมีส่วนร่วมในการดำเนินงานขององค์การ เช่น มีส่วนร่วมสนใจเข้าร่วมประชุม เก็บความลับ มีความรู้สึกต้องการพัฒนาองค์การ

5. พฤติกรรมความสำนึกในหน้าที่ (Conscientiousness) หมายถึง การปฏิบัติตามระเบียบและสนองนโยบายขององค์การ ความตรงต่อเวลา การดูแลรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ขององค์การ

จากแนวคิดข้างต้นผู้วิจัยสรุปได้ว่าพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ หมายถึง "พฤติกรรมของพนักงานที่ปฏิบัติขึ้นเองด้วยความเต็มใจ นอกเหนือจากที่องค์การได้กำหนดไว้ เป็นพฤติกรรมที่พนักงานเต็มใจปฏิบัติเพื่อองค์การ โดยเป็นพฤติกรรมที่เป็นประโยชน์ ช่วยสนับสนุนและมีความจำเป็นต่อการดำเนินงานขององค์การ เพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลต่อองค์การ โดยรวม แบ่งออกเป็น 5 ด้านได้แก่ พฤติกรรมการให้ความช่วยเหลือ พฤติกรรมการคำนึงถึงผู้อื่น พฤติกรรมความอดทนอดกลั้น พฤติกรรมการให้ความร่วมมือ และพฤติกรรมความสำนึกในหน้าที่"

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการตั้งสมมติฐาน

ธรรมรัตน์ [5] ศึกษาเรื่องค่านิยมในการทำงานที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรของเจเนอเรชั่นต่างๆ พบว่า ค่านิยมในการทำงานทั้งเจนเนอเรชั่นวาย เจนเนอเรชั่นเอ็กซ์และเบบี้บูมเมอร์สมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การในรูปแบบทิศทางเดียวกัน คือ ค่านิยมในการทำงานด้านการเข้าใจผู้อื่นมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรมากที่สุด ($r = 0.448$) ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง ($r = 0.225$) และด้านการพัฒนาตนเอง ($r = 0.168$) ตามลำดับ

ณัฏฐิกา [6] ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และค่านิยมในการทำงานกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของครูโรงเรียนเอกชนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ค่านิยมในการทำงานทั้งภายในและภายนอกงาน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.37$ และ $r = .37$, $p < .01$) และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และค่านิยมในการ

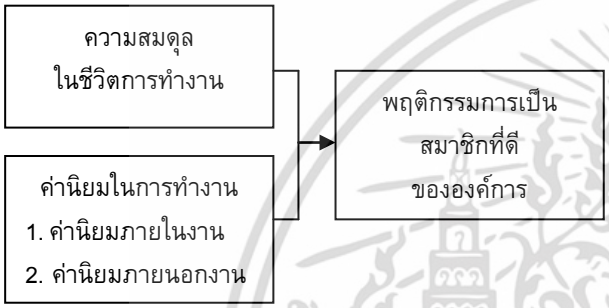
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงาน สามารถร่วมกันพยากรณ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การได้

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมถึงผลงานวิจัยข้างต้นแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐาน 3 ข้อ คือ (1) ความสมดุลในชีวิตการทำงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ (2) ค่านิยมในการทำงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ และ (3) ความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงาน มีอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่สามารถพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้วิธีศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) สำรวจความคิดเห็นโดยใช้แบบสอบถามและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ บุคลากรของสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ จำนวน 1,109 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 1 ธันวาคม 2557) และพนักงานของสำนักงานจัดการทรัพย์สินจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 346 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 31 มกราคม 2558) ซึ่งเป็นองค์การที่มีลักษณะการดำเนินงานคล้ายกัน รวมประชากรที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด จำนวน 1,455 คน โดยผู้วิจัยคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Yamane [7] ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทั้งหมด 314 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยคำนวณตัวอย่างเพิ่มอีกร้อยละ 35 รวมตัวอย่างทั้งสิ้น 430 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความเห็นเกี่ยวกับความสมดุลในชีวิตการทำงาน ส่วนที่ 3 แบบแบบสอบถามความเห็นเกี่ยวกับค่านิยมในการทำงาน และส่วนที่ 4 แบบแบบสอบถามความเห็นเกี่ยวพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ มีการทดสอบเครื่องมือ โดยนำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และแก้ไขปรับปรุงข้อคำถามให้สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นและค่าอำนาจจำแนกโดยนำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-Out) กับประชากรที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาร์ช (Cronbach's Alpha Coefficient: α Coefficient) พบว่าหากแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเกิน 0.70 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งค่าที่จากแบบสอบถามส่วนที่ 2, 3 และ 4 คือ 0.77, 0.91 และ 0.94 ตามลำดับ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้ ใช้การแจกแจงความถี่ (Frequency), ค่าร้อยละ (Percentage), การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ ความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงาน พบว่าระดับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ ระดับความสมดุลในชีวิตการทำงานและ, ระดับค่านิยมในการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับมากทุกตัว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของตัวแปร

หัวข้อ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
ความสมดุลในชีวิตการทำงาน	3.77	0.69	มาก
ค่านิยมในการทำงาน	3.56	0.45	มาก
พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ	3.89	0.42	มาก

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสมดุลในชีวิตการทำงาน ค่านิยมในการทำงาน และพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน

จากสมมติฐานที่1 ความสมดุลในชีวิตการทำงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ ผลการวิเคราะห์พบว่าความสมดุลในชีวิตการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กล่าวคือ เมื่อพนักงานมีความสมดุลในชีวิตการทำงานเพิ่มขึ้น พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงานจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก (r =.185) หรือคิดเป็นร้อยละ 3.20% ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสมดุลในชีวิตการทำงานที่มีต่อพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ

ความสมดุลในชีวิตการทำงาน	พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน		
	r	R^2	p
ความสมดุลในชีวิตการทำงาน	0.185**	.032	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมมติฐานที่ 2 ค่านิยมในการทำงาน มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่านิยมในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กล่าวคือ เมื่อค่านิยมในงานเพิ่มขึ้นพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงานจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (r = .624) หรือคิดเป็นร้อยละ 38.80 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่านิยมในการทำงานที่มีต่อพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน

ค่านิยมในการทำงาน	พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน		
	r	R^2	p
ค่านิยมภายในงาน	0.550**	.301	.000
ค่านิยมภายนอกงาน	0.628**	.392	.000
ค่านิยมในการทำงาน โดยรวม	0.624**	.388	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมมติฐานที่ 3 ความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงานอย่างน้อยหนึ่ง 1 ตัวแปร สามารถพยากรณ์ผลพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่านิยมภายนอกงานและค่านิยมภายในงานสามารถพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน

ตัวแปร	b	S.E.b	β	t	p
1. (ค่าคงที่)	2.307	0.117		19.666	.000
ค่านิยมภายนอกงาน	0.439	0.032	0.550	13.613**	.000
2. (ค่าคงที่)	1.784	0.127		14.018	.000
ค่านิยมภายนอกงาน	0.308	0.034	0.386	8.992**	.000
ค่านิยมภายในงาน	0.285	0.035	0.345	8.038**	.000
R^2 = 0.394 Adj R^2 = 0.392 F = 138.756** p=.000					

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนเพื่อหารูปแบบสมการพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน สามารถเขียนเป็นรูปแบบสมการถดถอยที่เหมาะสม คือพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การคือ $a + b_1$ *(ค่านิยมภายนอกงาน)* $+ b_2$ *(ค่านิยมภายในงาน)* ซึ่งเขียนในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้

$$\textit{พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน} = 1.784 + 0.308(\textit{ค่านิยมภายนอกงาน}) + 0.285\ (\textit{ค่านิยมภายในงาน}) \quad (1)$$

5. อภิปรายและสรุปผล

จากการศึกษาเรื่อง “ความสมดุลในชีวิตการทำงาน ค่านิยมในการทำงาน ที่พยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน” สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

จากสมมติฐานที่ 1 ความสมดุลในชีวิตการทำงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การและผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสมดุลในชีวิตการทำงานที่และพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงานนั้น พบว่าความสมดุลในชีวิตการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยผลวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับแนวคิดของกรัณฑรักข์ [8] ที่ว่าความสมดุลในชีวิตการทำงานคือการที่บุคคลสามารถจัดการกับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในการทำงานได้ ไม่ว่าจะเมื่อใด ที่ไหนและอย่างไร อีกทั้งยังสามารถกำหนดสัดส่วนเวลาการทำงานและชีวิตส่วนตัวได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่การทำงานอย่างมีความสุขและมีชีวิตส่วนตัว ชีวิตครอบครัว และชีวิตสังคมที่ราบรื่น และสอดคล้องกับแนวคิดของจุฑาภรณ์ [9] ที่ว่าความสมดุลในชีวิตการทำงาน คือความสามารถของแต่ละบุคคลในการบริหารจัดสรรเวลาการทำงานและการทำกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นชีวิตส่วนตัว ครอบครัว การสร้างสัมพันธ์ภาพในสังคมและกิจกรรมในยามว่าง ให้มีความพอเหมาะพอดี โดยการจัดการบทบาททั้งด้านชีวิตและการทำงานนี้ไม่ได้หมายความว่าเวลาที่ใช้ไปกับแต่ละบทบาทต้องแบ่งส่วนละเท่าๆ กัน แต่ขึ้นอยู่กับความสำเร็จ คุณค่า และประสิทธิภาพของบทบาทนั้น นำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการทำงานให้กับองค์การ ซึ่งผลการวิจัยนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สามารถจัดการปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในการทำงาน ทั้งในเรื่องเวลา สถานที่ และวิธีบริหารจัดการ รวมถึงสามารถกำหนดสัดส่วนเวลาการทำงานและชีวิตส่วนตัวได้อย่างเหมาะสม โดยจะเห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีระดับค่าเฉลี่ยของความสมดุลในชีวิตการทำงานมากเป็นอันดับหนึ่งคือ การไม่มีงานคั่งค้างที่ต้องนำกลับไปทำที่บ้าน และภาระงานที่ได้รับมอบหมายนั้น ไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกับครอบครัวในวันหยุด และภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ไม่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย จึงทำให้พวกเขามีชีวิตที่สมบูรณ์ เกิดความพึงพอใจที่จะทำงานเพื่อองค์การและพร้อมแสดงพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การในรูปแบบต่างๆทั้งการช่วยเหลือหรือความร่วมมือในกิจกรรมขององค์การ

จากสมมติฐานที่ 2 ค่านิยมในการทำงานมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่านิยมในการทำงาน ทั้งค่านิยมภายในและค่านิยมภายนอกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฏฐิกา [6] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่านิยมในการทำงานกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของครูโรงเรียนเอกชนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าค่านิยมในการทำงานทั้งภายในและภายนอก มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมมติฐานที่ 3 ความสมดุลในชีวิตการทำงานและค่านิยมในการทำงานอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรสามารถพยากรณ์ผลพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของพนักงานผลการวิจัยพบว่า ค่านิยมในการทำงานด้านค่านิยมภายในและค่านิยามภายนอกสามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีของพนักงานได้ โดยค่านิยมภายนอกเป็นตัวแปรที่พยากรณ์สูงสุดเป็นอันดับแรก รองลงมาคือค่านิยมภายใน ทั้งนี้เป็นเพราะว่า เมื่อพิจารณาค่านิยมภายนอกในเรื่องของสภาพแวดล้อมในการทำงาน, โครงสร้างขององค์การ, บรรยากาศในการทำงาน รวมถึงผลตอบแทนนั้น ซึ่งเป็นสิ่งที่บุคคลปรารถนาในปัจจัยแวดล้อมของงาน เช่น การที่สถานที่ทำงานมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสะอาดและปลอดภัยทั้งในเรื่องของอุณหภูมิแสงสว่างและสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสม หรือการมีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างเพื่อนร่วมงานและหัวหน้างานรวมถึงการได้รับความเอาใจใส่จากหัวหน้าทั้งในเรื่องงานและเรื่องส่วนตัว รวมถึงการได้รับค่าตอบแทนในรูปแบบของเงินเดือนผลประโยชน์และสวัสดิการต่างๆรวมทั้งตำแหน่งและความมั่นคงในอาชีพการงาน สิ่งเหล่านี้ทำให้พวกเขาเกิดความพอใจที่ได้รับการดูแลอย่างดีจากองค์การจึงอาจพร้อมที่จะแสดงออกด้วยการอุทิศและเต็มใจที่จะช่วยเหลือและให้ความร่วมมือกับองค์การ ผลการวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยของณัฏฐิกา [6] ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และค่านิยมในการทำงานกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของครูโรงเรียนเอกชนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่างคือครูที่ทำหน้าที่หลักในการสอนของโรงเรียนเอกชนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 261 คน ผลการวิจัยพบว่า ค่านิยมในการทำงานทั้งภายในและภายนอก มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การอย่างมีนัยสำคัญ .01 และสามารถพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของครูโรงเรียนเอกชนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ อย่างมีนัยสำคัญ .01 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่านิยมในการทำงานทั้งภายในและภายนอกสามารถพยากรณ์พฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การได้ ในการส่งเสริมและสนับสนุนนโยบายหรือกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่านิยมทั้งภายในและภายนอกเพื่อการสร้างเสริมพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การนำไปสู่ความสำเร็จของตามเป้าหมายขององค์การและเพื่อการพัฒนาองค์การที่ยั่งยืนต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากค่านิยมภายในและค่านิยามภายนอกสามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีของพนักงานได้ องค์การจึงควรส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมเพื่อเพิ่มระดับค่านิยมในการทำงานโดยเฉพาะค่านิยมภายนอกซึ่งเป็นตัวแปรที่พยากรณ์สูงสุดเป็นอันดับแรก องค์การจึงควรสนับสนุนกิจกรรม เช่น กิจกรรมเสริมสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างเพื่อนร่วมงานและหัวหน้างาน หรือกิจกรรมที่สร้างให้เกิดการปรับสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นเพื่อเอื้อต่อการทำงาน

2. ค่านิยมภายในเป็นตัวพยากรณ์ที่สองทำนายพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีของพนักงานได้ โดยเฉพาะหัวข้อที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยสูงสุดคือการที่พนักงานสามารถทำงานให้สำเร็จลุล่วงได้ตามกำหนดซึ่งก่อให้เกิดความภูมิใจองค์การจึงควรส่งเสริมเพื่อกระตุ้นให้พนักงานมีโอกาสได้ใช้ความสามารถของตัวเองได้อย่างเต็มที่ รวมถึงเปิดโอกาสให้พนักงานได้ใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เพื่อให้พนักงานได้เกิดความภาคภูมิใจในความสำเร็จของงาน นำไปสู่การสร้างเสริมพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีต่อไป

3. เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือองค์การภาครัฐทั้ง 2 องค์การ ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงอาจศึกษากับพนักงานเอกชนหรือกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างออกไป เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะการมีพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การ

เอกสารอ้างอิง

[1] Walton, R. E. “Improving the Quality of work Life.” Harvard Business Review. May – June 1974, 12.

[2] Wollack, S. and other. “Development of The survey of Work Values.” Journal of Applied Psychology. 1971, 55

[3] Gomez-Mejia, L. R. “The cross-cultural structure of task-related and constructs.” *The Journal of Psychology*. 1986, 5-9.

[4] Organ, D. W. “The Applied Psychology of Work Behavior: A Book of Reading.” 4thed. United States of America : Richard D. Irwin, Inc., 1991.

[5] ธรรมรัตน์ อยู่พรต. “ค่านิยมในการทำงานที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรของเจเนอเรชั่นต่างๆ”. วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีที่ 36 ฉบับที่ 138, 2556, หน้าที่ 40-62

[6] ณัฏฐิกา บูรณกูล. “ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และค่านิยมในการทำงานกับพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การของครูโรงเรียนเอกชนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่.” การค้นคว้าแบบอิสระ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

[7] Yamane, T. Statistics: An Introduction Analysis. Tokyo: Hapa International Edition, 1973.

[8] กรัณฑรักข์ เติมวิทย์ขจร. ”คุณลักษณะงาน ความสมดุลระหว่างชีวิตและการทำงาน บุคลิกภาพห้าองค์ประกอบ และความผูกพันต่อองค์การของพนักงานระดับปฏิบัติการ บริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วแห่งหนึ่ง” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2553.

[9] จุฑาภรณ์ หนูบุตร.ความสมดุลระหว่างชีวิตและการทำงาน กรณีศึกษา: โรงพยาบาลวิภาวดี. สารนิพนธ์โครงการปริญญาโทบริหารธุรกิจ เน้นการบริหารทรัพยากรมนุษย์และองค์การ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

The Study of Factors Affecting the Selecting Karaoke Service in Bangkok

กวี บุญพิมพ์[1], อนุวัต เจริญสุข[2]
คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
Kawee.boonpimp@gmail.com
anuwat@tni.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาสารนิพนธ์ครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยใช้บริการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานคร โดยนำมาเทียบตามรางของ Yamane โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างร้อยละ 5 คำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ซึ่งเครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้คือ แบบสอบถาม โดยสถิติที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้ คือ สถิติการบรรยาย (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการทั้ง 7 ด้าน มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้บริการคาราโอเกะอยู่ในระดับสูง โดยเรียงลำดับจากด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังต่อไปนี้ คือ ปัจจัยด้านบุคคลากรหรือพนักงาน รองลงมา คือ ปัจจัยด้านกายภาพ ปัจจัยด้านกระบวนการ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยราคา ปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่าย และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ตามลำดับ และการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะของผู้ตอบแบบสอบถามนั้น มีทั้งหมด 8 องค์ประกอบ โดยเรียงลำดับจากองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ด้านผลิตภัณฑ์/บริการ และความเหมาะสมของราคา องค์ประกอบที่ 2 ด้านกระบวนในการใช้งาน และบริการ องค์ประกอบที่ 3 ด้านบุคลากร และการให้บริการมีองค์ประกอบที่ 4 ด้านบรรยากาศของสถานที่ องค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขาย องค์ประกอบที่ 6 ด้านทำเลที่ตั้ง สถานที่ องค์ประกอบที่ 7 ด้านสื่อประชาสัมพันธ์ในการเข้าถึงบริการ องค์ประกอบที่ 8 ด้านบริการอื่นๆ เพิ่มเติมจากบริการหลักของคาราโอเกะ

คำสำคัญ: ส่วนประสมทางการตลาด, คาราโอเกะ, การเลือกใช้บริการ, กรุงเทพมหานคร

Abstract

The purposes of the study of “Factors Affecting the Selecting Karaoke Service in Bangkok”.The population in this study was that people who have used the karaoke service in Bangkok. By the population in Bangkok were compared along a strip of Yamane and to determine the accuracy of the sampling of 5 percent calculated sample size of 400 people. Which is an educational tool was a questionnaire. By the statistics is the study are described (Descriptive Statistics) and Frequency Percentage mean ($\overline{X}$) and Standard deviation (S.D.) and principal component analysis (Factor Analysis).

The results showed that Service marketing mix factors affecting the decision of the 7 in the selection of karaoke at a high level. In descending order from the highest mean the following. Namely, the personnel or employees, followed by physical factors, the process factors, product factors, price factors, service channel factors and factors of promoting the market, respectively. And analysis of the elements that affect the selection of respondents is karaoke. There are 8 elements in ascending order of the elements are the factors that contribute most to the least of the following element no.1 that product / service and the suitability,element no.2 thatthe process of work and service, element no.3 that in personnel and the services we offer, element no.4 that of the atmosphere of the place, element no.5 that the promotional activities, element no.6 thatlocation and place, elements no.7 the media to access the service and elements no.8 the other more service from the karaoke service.

Keywords: marketing mix, karaoke, service selection, Bangkok.

1. บทนำ

การดำเนินธุรกิจคาราโอเกะในประเทศไทยจากอดีตถึงปัจจุบันนั้นมีระยะเวลากว่า 37 ปี ในปี พ.ศ. 2542 ธุรกิจคาราโอเกะได้รับความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอย่างมากจากผู้ประกอบการกลุ่มต่างๆ เนื่องจากความนิยมและความต้องการร้องคาราโอเกะได้แพร่หลายไปยังคนหลากหลายกลุ่มมากขึ้น ซึ่ง บริษัท เมเจอร์ ซีนีเพล็กซ์ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ได้เป็นผู้ประกอบการกลุ่มแรกๆ ที่ทำธุรกิจคาราโอเกะแนวใหม่ (Clean Karaoke) โดยเจาะกลุ่มลูกค้าวัยรุ่น นักเรียนนักศึกษา คนรุ่นใหม่ และกลุ่มครอบครัว เปิดให้บริการตั้งแต่กลางวัน และมุ่งเน้นกลุ่มผู้บริโภคที่ชอบและต้องการพักผ่อนทั้งส่วนตัว และแบบกลุ่มด้วยกิจกรรมการร้องเพลงคาราโอเกะเป็นหลัก ซึ่งได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีจากผู้บริโภคในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา แนวคิด Clean Karaoke ทำให้ฐานลูกค้าที่ใช้บริการคาราโอเกะมีหลากหลายกลุ่ม และมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ในช่วงปี พ.ศ. 2542 - 2550 ธุรกิจคาราโอเกะกลายเป็นธุรกิจที่น่าสนใจ มีการแข่งขันทางด้านรูปแบบการให้บริการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุดซึ่งการจดทะเบียนกับสำนักทะเบียนและตรวจสอบภาพยนตร์เทป และวัสดุโทรทัศน์ สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ (ปัจจุบัน กรมส่งเสริมวัฒนธรรม) กระทรวงวัฒนธรรม ปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนทั้งสิ้น 4,358 แห่ง [1]ธุรกิจคาราโอเกะยังเป็นธุรกิจที่มีความเกี่ยวข้องกับอีกหลายธุรกิจ เช่น ธุรกิจบันเทิง การท่องเที่ยว อุตสาหกรรมเพลง ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ เป็นต้น ซึ่งคาราโอเกะยังคงเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมพักผ่อนที่ยังได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องของคนไทยจากสมัยเมื่อครั้งที่ธุรกิจนี้เข้าในประเทศไทยใหม่ๆ จนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร และเขตเมืองต่างๆ ตามผลการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนไทยต่อการใช้จ่ายและการบริโภคครั้งที่ 1/2554 [2]

ปัจจุบันทางสำนักพิจารณาภาพยนตร์และวีดิทัศน์ กรมส่งเสริมวัฒนธรรมเป็นหน่วยงานในการควบคุมดูแลสถานประกอบการคาราโอเกะโดยตรง เนื่องจากเป็นกิจการที่เกี่ยวข้องกับศิลปะและวัฒนธรรมของชาติ ได้มีการยกเลิก พรบ.ควบคุมกิจการเทปและวัสดุโทรทัศน์ พ.ศ. 2530 และเปลี่ยนมาใช้ พรบ.ภาพยนตร์และวีดิทัศน์ พ.ศ. 2551 ส่งผลให้จำนวนสถานประกอบการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานครที่ผ่านระเบียบข้อบังคับของกระทรวงมีจำนวนลดลงเป็นจำนวนมากจาก 4,358 แห่งในปี พ.ศ. 2549 เหลือเพียง 957 แห่งในปีพ.ศ.2557[3] เนื่องจากกระทรวงวัฒนธรรมได้มีการจัดระเบียบ และการอนุญาตเปิดสถานประกอบคาราโอเกะให้มีความถูกต้องตามหลักข้อกฎหมาย และวัฒนธรรมอันดีของชาติ ทำให้สถานประกอบการ คาราโอเกะในปัจจุบันที่ได้รับอนุญาตถูกต้องจากกระทรวงจะให้บริการคาราโอเกะโดยตรงเพียงอย่างเดียวต่อผู้มาใช้บริการไม่มีบริการแฝงอย่างอื่นเช่นในอดีต และไม่มีการจำหน่ายเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ทุกชนิด ทำให้สถานประกอบการคาราโอเกะต่างๆ ในปัจจุบันต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริการให้สอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมายและยังสามารถแข่งขันได้ รวมทั้งการสร้างบริการที่ประทับใจต่อผู้มาใช้บริการ

เมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งหมดของธุรกิจคาราโอเกะภายในประเทศ ผู้ศึกษาจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจคาราโอเกะในรอบหลายปีที่ผ่านมา รวมทั้งความน่าสนใจของโอกาสทางธุรกิจต่างๆ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าแม้การขยายตัวของธุรกิจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ที่ผ่านมา ธุรกิจคาราโอเกะมีอัตราการเติบโตคงที่และมีแนวโน้มลดลง แต่คาราโอเกะแนวใหม่กลับมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง [4] และเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมพักผ่อนที่ยังได้รับความนิยมจากกลุ่มต่างๆ เช่น วัยรุ่น คนทำงาน และผู้ใหญ่ เป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ศึกษาจึงจัดทำการศึกษาเชิงสำรวจเรื่อง “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร”

โดยงานศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษามุ่งเน้นศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะโดยตรงจากผู้ใช้บริการ และข้อมูลประกอบการวิจัยจากสถานประกอบการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานคร รวมทั้งการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้ เช่น งานวิจัยของจุฑารักษ์ จิตรโรจนรักษ์ (2550) ศึกษาเรื่อง “พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้บริการคาราโอเกะในกรุงเทพมหานคร” [5]ซึ่งผลการศึกษาด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการที่พบนั้น อาจมีส่วนที่สอดคล้อง และเปลี่ยนแปลง ตามเวลา และสถานการณ์ภาพรวมของธุรกิจคาราโอเกะในปัจจุบัน ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยความรู้ และผลการศึกษาที่ได้จากสารนิพนธ์ฉบับนี้ จะทำให้ทราบถึงปัจจัย ส่วนประสมทางการตลาด พฤติกรรมการบริโภค ที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ซึ่งผู้ที่สนใจรายงานฉบับนี้สามารถนำข้อมูลการศึกษาดังกล่าวไปใช้ในการประยุกต์กำหนดกลยุทธ์ของธุรกิจคาราโอเกะ หรือธุรกิจบริการเกี่ยวข้องอื่นๆ โดยอาศัยการออกแบบส่วนประสมทางการตลาดให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการเลือกใช้บริการของลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย เพื่อสร้างความพึงพอใจสูงสุดด้านบริการต่อลูกค้าเป้าหมายของตนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

3.2ผู้ประกอบการและธุรกิจที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ศึกษาได้ไปใช้ในการออกแบบบริการ และสร้างกลยุทธ์ทางธุรกิจให้สอดคล้องและตอบสนองความต้องการของลูกค้า

3.3ผู้สนใจ และผู้ศึกษา ได้รับความรู้ ความเข้าใจต่อพฤติกรรมการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการศึกษา

4.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชาชนที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และมีอายุ 20 ปีขึ้นไป ที่เคยใช้บริการจากคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานคร

4.2 กลุ่มตัวอย่าง

นำจำนวนประชากรในเขตกรุงเทพมหานครมาเทียบตามรางของ Yamane และเนื่องจากไม่ทราบจำนวนของผู้ที่เคยใช้บริการคาราโอเกะที่แน่นอน จึงกำหนดตัวอย่างที่ได้จากการใช้สูตรดังกล่าวในการศึกษาจำนวน 400 คนโดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างร้อยละ 5

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ใช้เครื่องมือในการศึกษาที่เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ตามกรอบแนวคิดในการศึกษา โดยแบบสอบถามประกอบด้วยเนื้อหา 4 ส่วนคือ

ส่วนที่1ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้บริการคาราโอเกะ ในเขตกรุงเทพมหานคร ด้วยแบบตรวจสอบรายการ(Checklist) เป็นคำถามที่ให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว และให้ตอบได้มากกว่าหนึ่งข้อ ประกอบด้วยรูปแบบการบริการ (What)วัตถุประสงค์ และเหตุผลในการเลือกใช้บริการ (Why)ช่วงเวลาในการใช้บริการ (When)สถานที่ให้บริการ (Where)ระยะเวลาต่อครั้งในการใช้บริการ (How)ความถี่ในการใช้บริการ (How)ค่าใช้จ่ายในการใช้บริการ (How)บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการ (Who)แหล่งข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการ

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามสำรวจข้อมูลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการ (7Ps) ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยใช้บริการจากคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานครดังนี้ผลิตภัณฑ์ (Product)ราคา (Price)ช่องทางการจัดจำหน่าย (Place)การส่งเสริมทางการตลาด (Promotion)ด้านบุคลากรต้อนรับ และบริการ (People)ด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Evidence)ด้านกระบวนการ (Process)

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องทางการวิจัย โดยทำการแจกแบบสอบถามแก่กลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 400 ชุด โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มิถุนายน – สิงหาคม พ.ศ. 2557และนำแบบสอบถามไปวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS)

5. ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ สรุปสาระสำคัญของการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

5.1 ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1แสดงปัจจัยพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัยพื้นฐาน		Frequency	Percent
เพศ	ชาย	147	36.8
	หญิง	253	63.2
อายุ	ต่ำกว่า 20 ปี	76	19.0
	21 – 30 ปี	223	55.8
	31 – 40 ปี	73	18.2
	40 ปี ขึ้นไป	28	7.0
สถานภาพ	โสด	235	58.8
	สมรส	89	22.2
	หย่าร้าง/หม้าย	26	6.5
	มีแฟนแต่ยังไม่สมรส	50	12.5
ระดับชั้นการศึกษา	ประถมศึกษา	1	0.3
	มัธยมศึกษาตอนต้น	3	0.8
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	25	6.3
	อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	36	9.0
	ปริญญาตรี	295	73.8
	สูงกว่าปริญญาตรี	40	10.0
อาชีพ	รับราชการ / รัฐวิสาหกิจ	71	17.8
	พนักงานบริษัทเอกชน	93	23.2
	ธุรกิจส่วนตัว	65	16.3
	นักเรียน / นักศึกษา	161	40.2
	พ่อบ้าน / แม่บ้าน	10	2.5
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	58	14.5
	5,001 – 10,000 บาท	60	15.5
	10,001 – 15,000 บาท	82	20.5
	15,001 – 20,000 บาท	78	19.5
	20,001 – 25,000 บาท	56	14.0
	25,000 บาทขึ้นไป	66	16.5

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าประชากรในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยใช้บริการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานคร ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมาที่ตอบแบบสอบถามนั้น เป็นเพศหญิง จำนวน 253 คน ร้อยละ 63.2 มีช่วงอายุ 21 – 30 ปี จำนวน 223 คน ร้อยละ 55.8 มีสถานภาพโสดจำนวน 235 คน ร้อยละ 58.8 มีการศึกษาระดับ ปริญญาตรี จำนวน 295 คน ร้อยละ 73.8 ผู้ใช้บริการคาราโอเกะที่มีอาชีพเป็นนักเรียน / นักศึกษา จำนวน 161 คน ร้อยละ 40.2 รองลงมา คือ ผู้ใช้บริการคาราโอเกะที่มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัท จำนวน 93 คน ร้อยละ 23.2 รองลงมา คือ ผู้ใช้บริการคาราโอเกะที่มีอาชีพเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าราชการ / พนักงานรัฐวิสาหกิจ จำนวน 71 คน ร้อยละ 17.8 เป็นคนมีงานอดิเรกชอบการฟังเพลง จำนวน 82 คน ร้อยละ 20.5

5.2 พฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้บริการคาราโอเกะ ในเขตกรุงเทพมหานคร มีดังนี้

ตารางที่ 2แสดงข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภคของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลพฤติกรรม		Frequency	Percent
ความถี่ในการใช้บริการ	น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	116	29.5
	1 – 2 ครั้งต่อเดือน	155	38.7
	3 – 4 ครั้งต่อเดือน	84	21.0
	5 – 6 ครั้งต่อเดือน	23	5.8
	7 – 8 ครั้งต่อเดือน	5	1.2
	9 – 10 ครั้งต่อเดือน	4	1.0
	มากกว่า 10 ครั้งต่อเดือน	11	2.8
ช่วงเวลาที่ไปใช้บริการ	10.00 - 13.59 น.	23	5.8
	14.00 - 17.59 น.	97	24.2
	18.00 - 21.59 น	203	50.8
	22.00 - 01.59 น.	68	17.0
	02.00 น. เป็นต้นไป	9	2.2
จำนวนคนที่มาใช้บริการ	มาคนเดียว	16	4.0
	2 คน	61	15.2
	3-4 คน	191	47.8
	5-6 คน	77	19.2
	7-8 คน	34	8.5
	มากกว่า 8 คน	21	5.3
บุคคลที่ไปใช้บริการด้วย	คนเดียว	17	4.3
	เพื่อน	270	67.5
	ครอบครัว	50	12.5
	แฟน	29	7.3
	ลูกค้า	3	0.8
	ที่ทำงาน	31	7.8
จำนวน ชม. ที่ใช้บริการ	1 ชั่วโมง	44	11.0
	2 ชั่วโมง	173	43.3
	3 ชั่วโมง	125	31.2
	4 ชั่วโมง	33	8.3
	5 ชั่วโมงขึ้นไป	25	6.2
ประเภทเพลง	เพลงไทยสากล	220	55.0
	เพลงไทยลูกทุ่ง	82	20.5
	เพลงไทยเพื่อชีวิต	34	8.5
	เพลงสากล	45	11.2
	เพลงลูกกรุง	19	4.8
สื่อและแหล่งที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลการ	เว็บไซต์	130	18.5
	นิตยสาร	25	3.6
	หนังสือพิมพ์	18	2.6
ให้บริการคาราโอเกะ	สื่อโทรทัศน์	30	4.2
	วิทยุ	13	1.9
	ป้ายโฆษณา	56	8.0
	แผ่นพับ ใบปลิว	36	5.1
	เพื่อนสนิท	229	32.6
	เพื่อนร่วมงาน	88	12.5
	ครอบครัว	77	11.0

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้บริการคาราโอเกะ ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ประชากรในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยใช้บริการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานคร ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมาที่ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เลือกใช้บริการคาราโอเกะรูปแบบที่มีลักษณะเป็นการให้บริการคาราโอเกะโดยเฉพาะ จำนวน 179 คน ร้อยละ 44.8 เลือกใช้บริการคาราโอเกะจากแบรนด์อื่น ๆ จำนวน 208 คน ร้อยละ 52.0 (นอกเหนือจาก 4 แบรนด์หลักในตลาด) มีความถี่ในการใช้บริการคาราโอเกะ 1 – 2 ครั้งต่อเดือน จำนวน 155 คน ร้อยละ 38.8 ไปใช้บริการคาราโอเกะในวันเสาร์ จำนวน 138 คน ร้อยละ 34.5 โดยมีเวลาในการไปใช้บริการในช่วงเวลา 18.00 - 21.59 น. จำนวน 203 คน ร้อยละ 50.8 และมักไปใช้บริการเป็นกลุ่ม ครั้งละ 3 – 4 คน จำนวน 191 คน ร้อยละ 47.8 ส่วนใหญ่ไปใช้บริการกับเพื่อน จำนวน 270 คน ใช้บริการเฉลี่ย 2 ชั่วโมงต่อครั้งบริการ จำนวน 173 คน ร้อยละ 43.3 มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อครั้งในการใช้บริการคาราโอเกะ (เฉพาะค่าบริการคาราโอเกะ) เฉลี่ยอยู่ที่201 – 300 บาท จำนวน 104 คน ร้อยละ 26.0 เลือกร้องเพลงไทยสากล จำนวน 220 คน ร้อยละ 55.0 โดยเลือกใช้สถานที่เดิมที่เคยใช้บริการเป็นประจำ จำนวน 236 คน ร้อยละ 59.0 มีเหตุผลหลักที่เลือกไปใช้บริการคาราโอเกะ คือ สังสรรค์กับกลุ่มเพื่อน จำนวน 185 คน ร้อยละ 46.2 โดยบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคาราโอเกะ คือ เพื่อน จำนวน 217 คน ร้อยละ 54.2 ชอบรูปแบบการตกแต่งร้านแบบเรียบง่าย จำนวน 150 คน ร้อยละ 37.5 ซึ่งสื่อและแหล่งข้อมูลที่ใช้ค้นหาข้อมูลในการเลือกใช้บริการคาราโอเกะคือ เพื่อนสนิท ร้อยละ 32.6 รองลงมา คือ เว็บไซต์ ร้อยละ 18.5

5.3 ระดับความสำคัญต่อส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานครมีดังนี้

ตารางที่ 3ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความสำคัญปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ที่มีผลต่อการใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์		$(\overline{X})$	S.D.	แปลผล
1.	ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์	3.78	0.79	มาก
2.	ปัจจัยด้านราคา	3.70	0.82	มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์		$(\bar{X})$	S.D.	แปลผล
3.	ปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่าย	3.62	0.72	มาก
4.	ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด	3.50	0.81	มาก
5.	ปัจจัยด้านบุคลากรหรือพนักงาน	3.85	0.87	มาก
6.	ปัจจัยด้านด้านกายภาพ	3.82	0.84	มาก
7.	ปัจจัยด้านกระบวนการ	3.81	0.83	มาก
8.	**ภาพรวม**	3.73	0.70	**มาก**

พบว่า ประชากรในเขตกรุงเทพมหานครที่เคยใช้บริการคาราโอเกะในเขตกรุงเทพมหานคร ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมาที่ตอบแบบสอบถามนั้นให้ความสำคัญต่อปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.73 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า ปัจจัยด้านบุคลากรหรือพนักงาน (People) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.85 รองลงมา คือ ปัจจัยด้านด้านกายภาพ (Physical Evidence) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.82 รองลงมา คือ ปัจจัยด้านกระบวนการ (Process) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.81 รองลงมา คือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ (Product) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.78 รองลงมา คือ ปัจจัยด้านราคา (Price) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.70 รองลงมา คือ ปัจจัยด้านสถานที่จัดจำหน่าย (Place) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.62 และน้อยที่สุด คือ ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion) มีผลต่อการเลือกใช้บริการ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.50

5.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานครมีผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4 จำนวนองค์ประกอบ ค่าไอเกน ร้อยละของความแปรปรวน ร้อยระของความแปรปรวนสะสม

องค์ประกอบที่	ค่าไอเกน (Eigen Value)	ร้อยละของความแปรปรวน	ร้อยระของความแปรปรวนสะสม
1	7.278	14.557	14.557
2	5.258	10.516	25.073
3	4.796	9.593	34.666
4	4.064	8.127	42.793
5	3.943	7.886	50.679
6	3.247	6.494	57.173
7	2.667	5.334	62.507
8	2.576	5.151	67.658

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะ ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร จำแนกเป็นภาพรวม ดังนี้

ภาพรวมมีทั้งหมด 8 องค์ประกอบ โดยเรียงลำดับจากองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดคือ

องค์ประกอบที่ 1 ด้านคุณภาพของเพลงและอุปกรณ์สนับสนุน มี 10 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 2 ด้านระบบการให้บริการมี9 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 3 ด้านบุคลากรมี 8 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 4 ด้านสถานที่มี 5 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายมี 4 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 6 ด้านทำเลที่ตั้ง ที่มี 4 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 7 ด้านการประชาสัมพันธ์มี 4 ตัวแปร

องค์ประกอบที่ 8 ด้านบริการเสริม มี 6 ตัวแปร

ซึ่งทั้ง 8 องค์ประกอบนั้นจะเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการคาราโอเกะของผู้มาใช้บริการ ดังนั้น การจะสร้างความพึงพอใจในการใช้บริการคาราโอเกะของลูกค้า ผู้ประกอบการหรือสถานประกอบการคาราโอเกะจำเป็นต้องมีการเพิ่มรายการเพลงใหม่ ๆ อย่างสม่ำเสมอ มีความหลากหลายของเพลง โปรแกรมที่ใช้ ง่ายในการค้นหาเพลง และที่สำคัญคือเรื่องของคุณภาพระบบเสียง และภาพ โดยมีจำนวนห้องไว้บริการลูกค้าอย่างเพียงพอ และมีห้องหลายขนาดไว้บริการตามจำนวนลูกค้า ด้วยค่าบริการที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจุฑารักษ์ จิตรโรจนรักษ์ (2550) ที่ศึกษาเรื่อง “พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้บริการคาราโอเกะในกรุงเทพมหานคร” ได้เสนอแนะในการศึกษาไว้ว่า “ผู้ประกอบการร้านคาราโอเกะควรมีประเภทเพลงให้บริการที่หลากหลายทั้งเก่าและใหม่ และทันสมัยนิยม และมีเครื่องเสียงที่มีคุณภาพ เนื่องจากผลการศึกษาด้านผลิตภัณฑ์พบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญด้านผลิตภัณฑ์ในระดับที่มาก โดยกลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญในเรื่องความหลากหลายของเพลง และคุณภาพของเครื่องเสียงที่ใช้มากที่สุด” นอกจากนี้ผู้ศึกษายังพบว่าองค์ประกอบอื่นๆ ที่สำคัญและมีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการคาราโอเกะอีก คือ ด้านบุคลากร หรือพนักงานผู้ให้บริการที่ควรมีบริการที่สุภาพ และพร้อมให้บริการ แก้ไขปัญหาในการใช้บริการของลูกค้า อีกทั้งจากการศึกษายังพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับองค์ประกอบด้านสถานที่ทั้งในด้านของบรรยากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบ และรูปลักษณ์ของสถานที่ ให้มีความน่าสนใจ น่าเข้ามาใช้บริการ มีมุมสวยๆ เพื่อสร้างบรรยากาศที่ประทับใจต่อลูกค้า รวมทั้งที่ตั้งทำเลของสถานที่ควรอยู่ใกล้จุดที่สัญจรไป – กลับได้สะดวกเมื่อไปใช้บริการ ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเรื่องความปลอดภัยของสถานที่ และการใช้บริการเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดูแลความปลอดภัยด้านต่างๆ เพื่อสร้างความมั่นใจในต่อผู้มาใช้บริการ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อาทิตยา พาหิรัญ (2554) ศึกษาเรื่อง “ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีผลต่อคนวัยทำงานในการเลือกสนามฟุตบอลหญ้าเทียมให้เช่าในจังหวัดเชียงใหม่” พบว่า “ทำเลที่ตั้งของสนามฟุตบอลหญ้าเทียมให้เช่า เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการมากสุด โดยให้ความสำคัญเรื่องอยู่ใกล้แหล่งชุมชม หรือที่ทำงาน เดินทางได้สะดวก” จากองค์ประกอบทั้งหมดที่กล่าวมา ผู้ประกอบการคาราโอเกะควรเพิ่มเติมในเรื่องของการประชาสัมพันธ์ และกิจกรรมส่งเสริมการขายของสถานประกอบการให้เป็นที่รู้จักผ่านช่องทางใหม่ๆ ในปัจจุบัน เช่น สื่ออินเตอร์เน็ต สื่อสังคมออนไลน์ ชุมชนออนไลน์ เป็นต้น เพื่อตอบโจทย์การเข้าถึงสื่อของคนรุ่นใหม่ ซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าหลักของธุรกิจคาราโอเกะในปัจจุบัน รวมทั้งทางสถานประกอบการควรหากิจกรรมส่งเสริมการตลาดมาช่วยสร้างสีสัน และบรรยากาศในการให้บริการต่อลูกค้าอีกทางหนึ่ง อาทิเช่น กิจกรรมมินิคอนเสริต์จากศิลปินนักร้องจากค่ายเพลงต่าง, การจัดงานกิจกรรมของสถานประกอบการในช่วงเทศกาลต่างๆ เป็นต้น เพื่อกระตุ้นการรับรู้ของผู้มาใช้บริการ และยอดขายต่อไป

6. ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้บริการคาราโอเกะ และส่วนประสมทางการตลาดบริการ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร กลุ่มลูกค้าหลักในปัจจุบันเป็นใครมีพฤติกรรมการใช้บริการอย่างไร เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบริการให้เหมาะสมต่อไปสำหรับธุรกิจคาราโอเกะ

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้ศึกษาได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่าย และได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุวัต เจริญสุข ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนติดตามความก้าวหน้า และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการดำเนินการศึกษา จึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น และคณาจารย์ทุกๆ ท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ หล่อหลอมให้ผู้ศึกษาเป็นบัณฑิตที่มีคุณภาพ และมีคุณธรรม เพื่อรองรับการขยายตัวของภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมของประเทศ ซึ่งผู้ศึกษาจะนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาประเทศชาติต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาต้องขอขอบพระคุณกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่เป็นแรงผลักดันให้ผู้ศึกษาทำการศึกษาได้สำเร็จดั่งตั้งใจไว้ และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมอื่นๆ ที่มีส่วนสำคัญสำหรับสารนิพนธ์ฉบับนี้ อาทิเช่น ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน, กรมส่งเสริมวัฒนธรรม สำหรับข้อมูลสถานประกอบการคาราโอเกะ ในเขตกรุงเทพมหานคร, บริษัทและสถานประกอบการคาราโอเกะที่ให้ข้อมูลการดำเนินธุรกิจ, ขอบคุณค่ายเพลงต่างๆ สำหรับความรู้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมเพลง ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลือที่ไม่สามารถกล่าวได้หมดในที่นี้ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปราถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมวัฒนธรรม. (2550). รายชื่อและจำนวนสถานประกอบการคาราโอเกะ ในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมวัฒนธรรม.

[2] ปัญญาสมาพันธ์เพื่อการวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2554). ความเห็นของประชาชนไทยต่อการใช้จ่ายและการบริโภค. กรุงเทพมหานคร : ปัญญาสมาพันธ์เพื่อการวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทย.

[3] กรมส่งเสริมวัฒนธรรม. (2557). รายชื่อและจำนวนสถานประกอบการคาราโอเกะ ในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมวัฒนธรรม.

[4] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2557). แบบแสดงรายการข้อมูลประจำปี (แบบ 56-1)บริษัท อาร์เอส จำกัด (มหาชน). กรุงเทพมหานคร : ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.

[5] จุฑารักษ์ จิตรโรจนรักษ์. (2550). พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้บริการคาราโอเกะในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศม. (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพด

Effects of Process Parameters on Biochar Yield from Pyrolysis of Corncobs

อุศราวดี ชื่นทิม[†1], อดิศักดิ์ ปัตติยะ[‡2], พฤกษ์ อักกะรังสี[†3]

[†]*ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*
239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[1] potae92.ach@gmail.com
[3] pruk.a@cmu.ac.th

[‡]*หน่วยปฏิบัติการวิจัยพลังงานชีวภาพและทรัพยากรหมุนเวียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
[2] adisak_pattiya@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสของซังข้าวโพดด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่องภายใต้สภาวะไนโตรเจน โดยแบ่งออกเป็นสองกระบวนการหลักได้แก่ กระบวนทอร์รีแฟกชันและกระบวนการไพโรไลซีส ซังข้าวโพดจะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการทอร์รีแฟกชันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 300 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถลดปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในซังข้าวโพดก่อนเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซีสได้ จากนั้นซังข้าวโพดจะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซีส ในส่วนนี้จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพ โดยศึกษาอุณหภูมิของกระบวนการในช่วง 450 500 และ 550 องศาเซลเซียส และเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 60 90 และ 120 นาที จากการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส และเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 42.7 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ของเหลวร้อยละ 32.2 โดยน้ำหนัก และแก๊สร้อยละ 25.1 โดยน้ำหนัก โดยปริมาณถ่านชีวภาพจะลดลงเมื่อเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาเพิ่มขึ้นด้วย และหากมีการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 500 องศาเซลเซียส โดยเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาเท่ากัน จะทำให้ปริมาณของของเหลวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณถ่านชีวภาพลดลง การทดลองนี้บ่งชี้ได้ว่า อุณหภูมิและเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพนั่นเอง

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ ไพโรไลซีส และซังข้าวโพด

Abstract

The objective of this study was to report the effects of process parameters on biochar yield from pyrolysis of corncobs under nitrogen rich atmosphere. The corn cob was pretreated in torrefaction process at 300˚C and fed to pyrolysis chamber at temperature of 450, 500 and 550˚C with holding time of 30, 60, 90 and 120 min. The optimum pyrolysis conditions were found to be at a temperature of 450˚C, with holding time of 30 min. giving a maximum biochar yield of 42.7 wt%. As the pyrolysis temperature increased from 450 to 500˚C at 30 min holding time, the biochar yield of corncobs dropped from 42.7 to 38.9 wt%. The experimental results showed that biochar yield derived from pyrolysis of corncobs was depending by effects of temperature and holding time.

Keywords: Biochar, Pyrolysis, Corncobs

1. บทนำ

จังหวัดเชียงใหม่มีซังข้าวโพดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการทางการเกษตรปริมาณมากถึง 5.3 หมื่นตัน [1] ที่รอการเผาทำลายในช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม ของทุกปี ด้วยเหตุนี้จึงก่อให้ปัญหาหมอกควันในจังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ซึ่งมีปริมาณสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานความปลอดภัยด้านสุขภาพของผู้คน เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้นำซังข้าวโพดไปผ่านการแปรรูปด้วยกระบวนการไพโรไลซีส ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้เกิดประโยชน์มากกว่าที่จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีส ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

ของแข็งที่ได้จากกระบวนการเรียกว่า ถ่านชีวภาพ (biochar) เป็นถ่านที่อุดมไปด้วยคาร์บอน สามารถใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บคาร์บอนลงดินเพื่อตัดวงจรการกลับสู่ชั้นบรรยากาศของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และปรับปรุงดิน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านทั่วไปได้ เนื่องจากถ่านชีวภาพมีสีดำเป็นเงา ให้ความร้อนได้สูงกว่าถ่านทั่วไป และมีปริมาณขี้เถ้าน้อย [2]

จากคุณประโยชน์ที่มากมายของถ่านชีวภาพ ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยเพื่อให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพจากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพดที่สูงที่สุด โดยมีขอบเขตในการศึกษาได้แก่ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการ และระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา โดยที่กระบวนการจะเกิดขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่อง ลำเลียงซังข้าวโพดผ่านกระบวนการด้วยสกรู ซังข้าวโพดจึงเกิดการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปสู่ซังข้าวโพดได้อย่างทั่วถึง ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการรูปแบบเดิมที่วัตถุดิบส่วนใหญ่จะอยู่นิ่งภายในเครื่องปฏิกรณ์ ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ได้จริง นอกจากจะช่วยลดปัญหาหมอกควันแล้ว ยังช่วยให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอีกด้วย

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ ซังข้าวโพดซึ่งได้จากสหกรณ์เกษตรแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ทำการตากแห้งในที่โล่งแจ้งเพื่อลดความชื้นเบื้องต้น จากนั้นทำการบดซังข้าวโพดที่แห้งแล้วให้มีขนาดอนุภาคไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการ ทำการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณร้อยละของความชื้น สารที่ระเหยได้ ขี้เถ้า และคาร์บอนคงที่ และวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D3176 ASTM D4239 และ ASTM D4326 ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1 และ คำนวณค่าพลังงานความร้อนสูง (Higher heating value) จากสมการที่ 1 [3-4]

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์แบบประมาณและแบบแยกธาตุของซังข้าวโพดดิบ

Proximate Analysis (wt%)	This study	Reference [5]
Moisture	10.94	7.1
Volatile	77.81	82.2
Ash	1.67	1.6
Fixed carbon	13.45	16.2
Ultimate Analysis (wt%)	**This study**	**Reference [6]**
Carbon	47.52	47.35
Hydrogen	6.26	5.9
Oxygen	43.80	38.07
Nitrogen	0.44	0.69
Sulfur	0.10	0.18
HHV (MJ/kg)	19.4	17.8

ตารางที่ 2 องค์ประกอบหลักทางเคมีของซังข้าวโพด [7]

Hemicellulose	Cellulose	Lignin
31.0	50.2	15.0

$$HHV\ (MJ.kg^{-1}) = 0.3491C + 1.1783H + 0.1005S - 0.1034O - 0.015N - 0.0211A \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ร้อยละของคาร์บอน (wt% , dry basis)
H คือ ร้อยละของไฮโดรเจน (wt% , dry basis)
S คือ ร้อยละของซัลเฟอร์ (wt% , dry basis)
O คือ ร้อยละของออกซิเจน (wt% , dry basis)
N คือ ร้อยละของไนโตรเจน (wt% , dry basis)
A คือ ร้อยละของขี้เถ้า (wt% , dry basis)

2.2 กระบวนการไพโรไลซีส

เครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบไปด้วย ถังบรรจุซังข้าวโพดดิบ ชุดแก๊สไนโตรเจน เครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่องซึ่งใช้สกรูลำเลียงวัตถุดิบจำนวน 2 ชุด แบ่งเป็นชุดสกรูสำหรับกระบวนการทอร์รีแฟกชันและกระบวนการไพโรไลซีส สกรูมีระยะพิต 0.08 เมตร ยาว 1.3 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากการที่ซังข้าวโพดถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการทอร์รีแฟกชันก่อนเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซีสจะช่วยลดปริมาณออกซิเจนในซังข้าวโพดได้ [8-9] นอกจากนี้ยังมีชุดไซโคลน ถังพักถ่านชีวภาพ และชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็น ดังแสดงในรูปที่ 1

การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดี (PID controller) โดยให้อุณหภูมิในกระบวนการทอร์รีแฟกชันไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส ส่วนในกระบวนไพโรไลซีสทำการศึกษาอุณหภูมิ 450 500 และ 550 องศาเซลเซียส เริ่มการทดลองโดยการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการทอร์รีแฟกชันให้ได้ไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส และในกระบวนการไพโรไลซีส 450 500 และ 550 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิถึงตามกำหนดแล้ว ทำการป้อนไนโตรเจนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที เมื่อป้อนซังข้าวโพดจนหมด ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการศึกษาระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาที่มีผลต่อปริมาณถ่านชีวภาพ ได้แก่ 30 60 90 และ 120 นาที การศึกษาระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาจะเกิดขึ้นที่ถังพักถ่านชีวภาพด่านล่างสุดของเครื่องปฏิกรณ์

รูปที่ 1 เครื่องปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่อง

2.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวภาพจากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพดโดยเลือกผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ให้ปริมาณถ่านชีวภาพสูงที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที สำหรับการวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

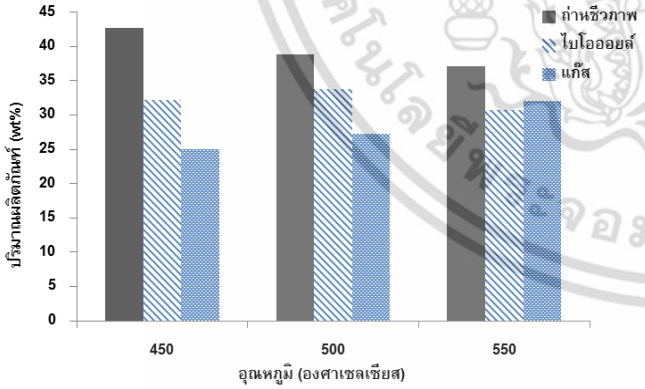
วิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอออยล์ที่ได้จากกระบวนไพโรไลซีสซังข้าวโพด โดยเลือกผลิตภัณฑ์จากการทดลองที่ได้ปริมาณถ่านชีวภาพสูงที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที สำหรับการวิเคราะห์ โดยนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง จุดขุ่นตัว จุดเทไหล และความถ่วงจำเพาะ (API)

3. ผลการทดลองและอภิปราย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพดทั้งสิ้น 2 ปัจจัย อันได้แก่ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซีส และระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา โดยมีผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลของอุณหภูมิที่ทำการศึกษาต่อปริมาณถ่านชีวภาพ

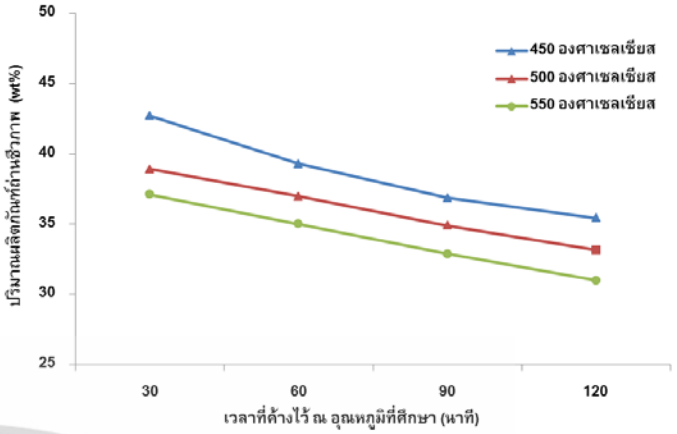
การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพด โดยช่วงอุณหภูมิที่ศึกษาได้แก่ 450 500 และ 550 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ปริมาณถ่านชีวภาพสูงสุด คือร้อยละ 42.8 โดยน้ำหนัก ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 500 และ 550 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณถ่านชีวภาพลดลงเป็นร้อยละ 38.9 และ 37.1 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังรูปที่ 2 การที่ปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพลดลงขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นนั้นเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการคายน้ำของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลและเกิดการปลดปล่อยความร้อนของโครงสร้างเซลลูโลสและลิกนินในซังข้าวโพด ซึ่งสามารถแตกตัวไปเป็นของเหลวและแก๊สที่มีโมเลกุลต่ำ [10-12]



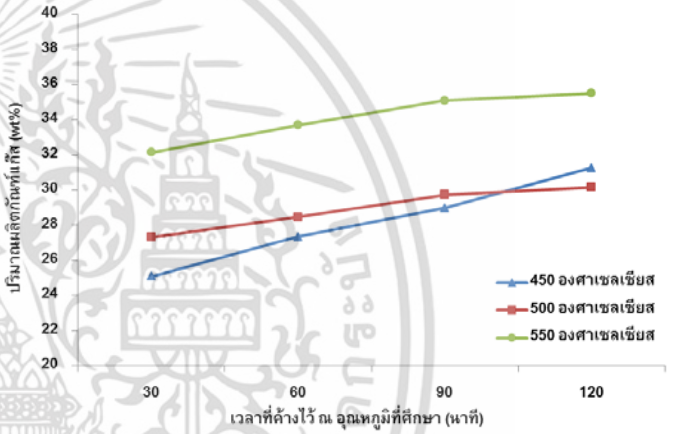
รูปที่ 2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ (ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที)

3.2 ผลของระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา

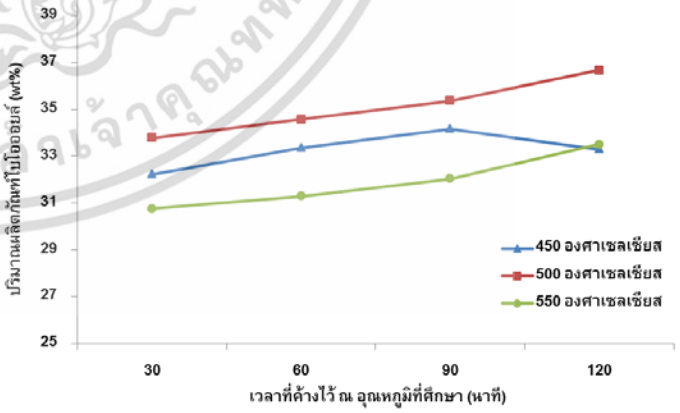
การศึกษาหาระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 60 90 และ 120 นาที ที่เหมาะสมต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3 – 5



รูปที่ 3 ผลของระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาที่มีต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพ



รูปที่ 4 ผลของระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาที่มีต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์แก๊ส



รูปที่ 5 ผลของระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาที่มีต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ไบโอออยล์

จากรูปที่ 3 สามารถสรุปได้ว่า ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาที่เหมาะสมซึ่งทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพสูงสุด คือ 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา จึงมีผลต่อปริมาณถ่านชีวภาพ กล่าวคือ ยิ่งมีระยะเวลาที่ยาวนาน ปริมาณถ่านชีวภาพจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่ค้างไว้ที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้สารระเหยถูกปล่อยออกจากซังข้าวโพดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยผลการทดลองที่ได้นี้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ C. Penhyen et al., 2007 [13] ซึ่งระบุว่า ปริมาณถ่านชีวภาพของชีวมวลจะลดลงร้อยละ 9 เมื่อมีระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาเพิ่มขึ้นจาก 15 นาที เป็น 4 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จาก 450 เป็น 500 และ 550 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกับงานวิจัยที่ผ่านของ L.Demiral et al., 2012 [14] ที่ระบุว่าปริมาณก๊าซจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการแยกสลายขั้นที่สองของไอของไพโรไลซีสที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ได้ปริมาณก๊าซที่สูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ในส่วนของระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา พบว่า เมื่อระยะเวลายิ่งเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซที่ได้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน แต่ที่อุณหภูมิ 500 และ 550 องศาเซลเซียสนั้น แม้ว่าปริมาณก๊าซจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ค้างไว้เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาจาก 90 ไปเป็น 120 นาที ปริมาณก๊าซนั้นเพิ่มจากเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งหากมีการทดลองต่อไปโดยเพิ่มระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาที่มากกว่า 120 นาที ก็อาจจะเห็นว่าปริมาณก๊าซลดลงได้ ซึ่งต่างจากที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณก๊าซเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ เนื่องจากที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ยังเป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงมากพอที่จะสิ้นสุดขั้นตอนการสลายตัวของไอไพโรไลซีส ดังนั้น ยิ่งมีระยะเวลาที่ค้างไว้ที่ยาวนาน ก็จะทำให้ได้ปริมาณก๊าซที่มากขึ้น ซึ่งระยะเวลาที่ค้างไว้นั้น ถือว่าเป็นกระบวนไพโรไลซีสอย่างหนึ่งแต่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ [15-16] แต่หากมีการทดลองต่อไป โดยเพิ่มระยะเวลาที่ค้างไว้ให้มากกว่า 120 องศาเซลเซียส อาจจะพบแนวโน้มที่แตกต่างมากขึ้น และจากรูปที่ 5 แนวโน้มของไบโอออยล์นั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่ค้างไว้เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเมื่อระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาเพิ่มขึ้นจาก 90 นาที เป็น 120 นาที ปริมาณของไบโอออยล์จะลดลง ขณะที่อุณหภูมิ 500 และ 550 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากรูปที่ 4 ซึ่งหากปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณไบโอออยล์ลดลงนั่นเอง อย่างไรก็ตาม หากมีการต่อยอดการทดลองโดยการเพิ่มระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาให้มากกว่า 120 นาที อาจจะเห็นแนวโน้มของเส้นกราฟที่ชัดเจนมากขึ้น

3.3 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสนั้น ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์เพียงของแข็งหรือถ่านชีวภาพ และไบโอออยล์เท่านั้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 6 – 7

รูปที่ 6 ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพด

รูปที่ 7 ไบโอออยล์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพด

จากรูปที่ 6 ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีส ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที มีสีดำเป็นเงา ซึ่งตรงตามกับลักษณะของงานวิจัยที่ผ่านมา มีปริมาณเถ้าร้อยละ 3.88 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารระเหยร้อยละ 36.24 โดยน้ำหนัก ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 56.02 โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อน 28.6 MJ/kg ผลดังกล่าวแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 7 เป็นลักษณะของไบโอออยล์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพดที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที และเมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติ จะได้ค่าความเป็นกรด-ด่าง จุดขุ่นตัว จุดเทไหล และความถ่วงจำเพาะ (API) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวภาพจากการทดลองที่ได้ปริมาณถ่านชีวภาพสูงสุด

Analysis	Result
Volatile (wt%)	36.24
Ash (wt%)	3.88
Fixed carbon (wt%)	56.02
HHV (MJ/kg)	28.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอออยล์จากการทดลองที่ได้ปริมาณถ่านชีวภาพสูงสุด

Analysis	Result
ค่าความเป็นกรด – ด่าง	3
ค่าจุดขุ่นตัว (˚C)	10
ค่าจุดเทไหล (˚C)	-10
ความถ่วงจำเพาะแบบ API (˚API gravity) ที่ 60 ˚F	1.82

4. สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซีสซังข้าวโพด พบว่า ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส และเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 42.7 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ ของเหลวร้อยละ 32.2 โดยน้ำหนัก และแก๊สร้อยละ 25.1 โดยน้ำหนัก โดยปริมาณถ่านชีวภาพจะลดลงเมื่อเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาเพิ่มขึ้น และหากมีการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 500 องศาเซลเซียส โดยเวลาที่ค้างไว้ ณ อุณหภูมิที่ศึกษาเท่ากัน จะทำให้ปริมาณของของเหลวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณถ่านชีวภาพลดลง จากร้อยละ 42.7 เป็น 38.9 โดยน้ำหนัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ (ERDI) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และทุนสำหรับทำการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วีรชัย อาหาญ, “การศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน,” สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2555.

[2] อรสา สุกสว่าง. (2555). *ยุทธศาสตร์ทำหนึ่งได้สาม : ไบโอชาร์เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้ดิน* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupSocial/18-Orasa-su/18-Orasa-su.html.

[3] S.A. Channiwala and P.P Parikh, “A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels,” Fule, 81, 2002, pp 1051-1063

[4] S. Sirijanusorn et al., “Pyrolysis of cassava rhizome in a counter-rotating twin screw reactor unit,” Bioresource Technology, 139, 2013, pp. 343 - 348 .

[5] Shah A. et al., “Physicochemical properties of bio-oil and biochar produced by fast pyrolysis of stored single-pass corn stover and cobs,” Bioresource Technology, 125, 2012, pp. 348 – 352.

[6] C. A. Mullena et al., “Bio-oil and bio-char production from corn cobs and stover by fast pyrolysis,” Biomass and Bioenergy, 34, 2010, pp. 67 – 74.

[7] J. Wannapeera et al., “Product yields and characteristics of rice husk, rice straw and corncob during fast pyrolysis in a drop-tube/fixed-bed reactor,” Songklanakarin J. Sci., 30, 2008, pp. 393 – 404.

[8] อรอริน คุ้มศักดิ์ และคณะ, “อิทธิพลของอุณหภูมิของทอร์รีแฟกชันต่อสมบัติน้ำมันชีวภาพจากไม้กระถินยักษ์,” วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., ปีที่ 34, ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2554, หน้า 341 -353.

[9] A. Zheng et al., “Effect of torrefaction on structure and fast pyrolysis behavior of corncobs,” Bioresource Technology, 128, 2013, pp. 370 – 377.

[10] J. Zhang et al., “Effects of pyrolysis temperature and heating time on biochar obtained from the pyrolysis of straw and lignosulfonate,” Bioresource Technology, 176, 2015, pp. 288 - 291 .

[11] A. Dilek, “Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake,” Bioresource Technology, 128, 2013, pp. 593 - 597.

[12] D. Chen et al., “effects of heating rate on slow pyrolysis behavior, kinetic parameters and products properties of moso bamboo,” Bioresource Technology, 169, 2014, pp. 313 – 319.

[13] C. Pechyen et al., “Investigation of pyrolyzed chars from physic nut waste for the preparation of activated carbon,” Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 4, 2007, pp. 498-507.

[14] L.Demiral et al., “Bio-oil production from pyrolysis of corncob (Zea mays L.),” Biomass and Bioenergy, 36, 2012, pp. 43 - 49.

[15] นคร ทิพยาวงศ์, “เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล,” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร, 2552.

[16] Y. Haoran et al., “Influence of pyrolysis temperature and holding time on properties of biochar derived from medicinal herb (radix isatidis) residue and its effect on soil CO_2 emission,” Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 110, 2014, pp. 277 – 284.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและวิเคราะห์พลังงานของเตาปฏิกรณ์แบบกึ่งต่อเนื่องสำหรับไพโรไลซีสซังข้าวโพด

Design and Energy Analysis of Semi Continuous Reactor for Corn Cobs Pyrolysis

พิชชากร เตชะขะวนิชกุล[†1], อดิศักดิ์ ปัตติยะ[‡2], พฤกษ์ อักกะรังสี[†3]

[†] *ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

[1] pichakorn_te@hotmail.com

[3] pruk.a@cmu.ac.th

[‡] *หน่วยปฏิบัติการวิจัยพลังงานชีวภาพและทรัพยากรหมุนเวียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*

ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44000

[2] adisak_pattiya@yahoo.com

บทคัดย่อ

เนื่องจังหวัดเชียงใหม่มีการเผาไร่ข้าวโพดในปริมาณมากซึ่งทำให้เกิดปัญหาหมอกควันดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำมาเพื่อลดปัญหาหมอกควัน โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์หาอัตราการถ่ายเทความร้อนภายในระบบเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสสำหรับซังข้าวโพดแบบกึ่งต่อเนื่องและทดสอบเพื่อทราบถึงสมดุลทางความร้อนและมวลของเตาปฏิกรณ์ โดยระบบ ประกอบด้วยเตาปฏิกรณ์สองสภาวะต่อเนื่องได้แก่ เตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันซึ่งมีอุณหภูมิ 200 - 300 °C และเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 450 – 550 °C โดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบในการทดลอง กระบวนการวิจัยได้ทำการวัดพลังงานที่ป้อนเข้าสู่ระบบและอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนภายในชุดเตาปฏิกรณ์และวิเคราะห์สมดุลพลังงานของระบบโดยมุ่งเน้นไปที่การทดลองที่สามารถเปลี่ยนรูปซังข้าวโพดเป็นไบโอชาร์ได้มากที่สุด ผลการทดลองพบว่า ในสภาวะคงที่ ชุดเตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันมีอัตราการถ่ายเทความร้อนประมาณ 30 W และในเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสมีอัตราการถ่ายเทความร้อนประมาณ 20-38 W เมื่อวิเคราะห์สมดุลพลังงานของชุดเตาปฏิกรณ์พบว่า ปริมาณความร้อนที่ทำให้ได้ปริมาณไบโอชาร์มากที่สุดคือ 19 MJ/kg หากวิเคราะห์ปริมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์แก๊สที่ออกมาจากกระบวนการ พบว่าปริมาณพลังงานความร้อนสะสมจากผลิตภัณฑ์แก๊สมีมากที่สุดคือ 47 MJ/kg ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่การขยายผลตอบแทนด้านทางพลังงานและการเงินต่อไป

คำสำคัญ: ไพโรไลซีส,สมดุลพลังงาน,การถ่ายเทความร้อน และทอริแฟคชัน

Abstract

Smog in Chiang Mai is the result of burning a massive amount of corn residues. This research aimed to design a pyrolysis reactor system for semi-continuous corn based on heat transfer analysis as well as heat and mass balances of the reactor to help reduce the smog. Determination of the heat and mass balances of the reactor system which consisted of two consecutive stages can lead to future commercial expansions. The system was consisted of 2 continuous reactors including a torrefaction reactor with a temperature range of 200-300 °C and a pyrolysis reactor with a temperature range of 450-550 °C. Corn cobs were used as biomass samples. The energy input into the system and the temperature at different locations were recorded. Data collected in this study was analyzed for heat transfer rate within the reactor and the energy balance of the reactors in the system that can convert the cob to biochar. The results showed that the heat transfer rate of the torrefaction reactor was 30 W and that of the pyrolysis reactor was around 20-40 W. The energy balance analysis on the pyrolysis reactor showed that the heat rate for maximizing biochar was about 19 MJ/kg. The syngas product had a heating value of 47 MJ/kg. The results from this work are beneficial to energy and financial analyses for future commercial expansions.

Keywords pyrolysis, energy balance, heat transfer and torrefaction

1. บทนำ

ปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากประชากรที่เพิ่มขึ้นและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า ซึ่งพลังงานปัจจุบันจะเพียงพอต่อการใช้งานแต่เมื่อมองในด้านของแหล่งพลังงานแล้วนั้น กับมีอัตราที่ลดลงเรื่อยๆและอาจหมดไปได้ในอนาคต ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการใช้พลังงานทดแทนที่มากขึ้น โดยจากสถานการณ์ของการใช้พลังงานในปัจจุบัน พบว่าเพิ่มขึ้นตามการเติบโตของเศรษฐกิจ ซึ่งพลังงานที่ใช้มากที่สุดคือ พลังงานฟอสซิลซึ่งอัตราการใช้งานมีมากถึงร้อยละ 76 [1] ต่อการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆของประเทศไทย และที่เหลือเป็นพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบต่างๆ เช่น พลังงานลม พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ ชีวมวล เป็นต้น ซึ่งจากข้อมูลของกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งได้รายงานเกี่ยวกับสถานการณ์การใช้พลังงานของประเทศไทย โดยในช่วงในช่วงไตรมาสที่ 1 ประจำปี 2557 ของการใช้พลังงานของประเทศไทย พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันสำเร็จรูปเป็นพลังงานที่ถูกใช้มากที่สุดคือร้อยละ 49.4 ของการใช้พลังงานทั้งหมด รองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 17.5 พลังงานหมุนเวียนเป็นร้อยละ 10.9พลังงานหมุนเวียน ถ่านหินคิดเป็นร้อยละ 7.9 ลิกไนต์คิดเป็นร้อยละ 7.2 และก๊าซธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 7.1 ตามลำดับ [1] ชีวมวลคือสารอินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติ หรือจากการเกษตรกรรมต่างๆ ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถที่จะเก็บพลังงานไว้แล้วสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานงานได้ ซึ่งประเทศไทยถือเป็นประเทศเกษตรกรรมแห่งหนึ่งของโลก ดังนั้นประเทศไทยจึงมีการปลูกพืชมากมาย หนึ่งในนั้นคือข้าวโพดซึ่งปริมาณข้าวโพดที่ปลูกได้ปีละ 4.40 ล้านตันต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ เป็นปริมาณ 40 % ของปริมาณที่ผลิตได้ทั้งหมด เมื่อนำข้าวโพดไปแปรรูปแล้วพบว่า มีของเหลือจากการแปรรูปนั้นคือ ซังข้าวโพด ซึ่งมีมากถึง 35,000 ตันต่อปี และถือว่าเป็นชีวมวลชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ในการผลิตพลังงานโดยวิธีการต่างๆ เช่น การนำไปเผาไหม้โดยตรง การนำไปแปรรูปเป็นถ่านและรวมไปถึง กระบวนการไพโรไลซีส ซึ่งซังข้าวโพดเองก็เป็นชีวมวลหนึ่งที่มีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเช่นกัน โดยกระบวนการไพโรไลซีส คือกระบวนการย่อยสลายชีวมวลด้วยอุณหภูมิสูงและไม่มีออกซิเจนมาเกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นภายในเตาปฏิกรณ์ โดยภายในเตาปฏิกรณ์นี้จะเกิดการส่งถ่ายความร้อน ที่อุณหภูมิสูงไปยังชีวมวลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อเข้าสู่กระบวนการแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ คือ ของแข็งและก๊าซ และนำก๊าซมาควบแน่นจะทำให้กลายเป็นเชื้อเพลิงชนิดเหลวได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงจัดทำเพื่อที่จะออกแบบและจัดสร้างเตาปฏิกรณ์สำหรับกระบวนการไพโรไลซีส ซึ่งใช้วัตถุดิบคือซังข้าวโพดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และทำการศึกษาเกี่ยวกับส่งถ่ายความร้อนไปยังชีวมวลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งก็คือของแข็งและแก๊สที่ได้จากกระบวนการ จากนั้นจึงวิเคราะห์ทางด้านสมดุลพลังงาน เพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญในการขยายผลสู่ภาคประชาชนต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 กระบวนการทอริแฟคชันและกระบวนการไพโรไลซีส

ไพโรไลซีสเป็นกระบวนการที่ทำให้องค์ประกอบของชีวมวลเกิดการแตกตัวหรือย่อยสลายที่อุณหภูมิสูง โดยในกระบวนการนี้ควรจะทำภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนหรือทำให้มีออกซิเจนน้อยที่สุด สำหรับการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการไพโรไลซีสนั้นจะเกิดขึ้นในระบบปิดโดยที่ช่วงอุณหภูมิ 200 – 260 °C จะทำให้เฮมิเซลลูโลสถูกย่อยสลาย ที่ช่วงอุณหภูมิ 240 – 340 °C เซลลูโลสจะถูกย่อยสลาย และที่ช่วงอุณหภูมิ 280 – 550 °C ลิกนินจะถูกย่อยสลาย [6] และ [7] โดยช่วงอุณหภูมิที่เกิดการย่อยสลายนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลด้วย สำหรับกระบวนการทอริแฟคชันเป็นกระบวนการที่อยู่ในช่วงระหว่างไพโรไลซีสแบบช้าและกระบวนการไพโรไลซีสแบบเร็วซึ่งจะเกิดในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 225 – 300 °C โดยลักษณะของกระบวนการคือ จะให้ความร้อนคล้ายกับกระบวนการไพโรไลซีสแบบช้า

2.2 การออกแบบสกรูลำเลียง

ระบบสกรูลำเลียง คืออุปกรณ์ในการขนถ่ายวัสดุแบบหนึ่ง ซึ่งการลำเลียงด้วยสกรูนั้นเป็นระบบที่มีการเคลื่อนที่ของวัสดุได้ดีและมีความคล่องตัวโดยวัสดุที่ใช้ลำเลียงเช่น เม็ดอาหาร เมล็ดพืชต่างๆ เป็นต้น โดยวัสดุอื่นก็ใช้ได้เช่นกันซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบใบเกลียวของสกรูให้เหมาะสมกับวัสดุ [3] ระบบสกรูป้อนหลายเกลียวจะมีลักษณะใบเกลียวหลายใบวางอยู่ในแนวราบและจะอยู่ภายในถังที่ใช้บรรจุวัสดุ ในการออกแบบควรที่จะเลือกขนาดของใบสกรู โดยพิจารณาจากขนาดของวัสดุที่ใช้ในการขนถ่าย หลังจากนั้นจึงจะสามารถหาความเร็วรอบของสกรูที่ใช้ในการขนถ่ายได้

จากสมการที่ (1)

$$N=\frac{4m_s CF_1 CF_2 CF_3}{\rho_b \pi (D^2-d^2) kp} \quad (1)$$

โดยที่ N คือ ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อวินาที)
m_s คือ อัตราการขนถ่ายเชิงมวล (kg/hr)
CF_1 คือ แฟคเตอร์ระยะพิตช์
CF_2 คือ แฟคเตอร์ชนิดของใบสกรู
CF_3 คือ แฟคเตอร์จำนวนใบพัด
ρ_b คือ ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3)
D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางใบสกรู (mm)
d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเพลาสกรู (mm)
k คือ แฟคเตอร์ความเต็มราง
p คือ ระยะพิตช์ของสกรู (m)

ดังนั้นเมื่อกำหนดขนาดของความยาวสกรูจากมาตรฐานสกรู จะสามารถหาเร็วที่ใช้ในการลำเลียงได้โดยใช้สมการ (2)

$$t=[(L/p)/N] \quad (2)$$

โดยที่ t คือ เวลาในการเคลื่อนที่ของวัสดุ (hr)
L คือ ความยาวของสกรู (m)
p คือ ระยะพิตช์ (m)
N คือ ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อวินาที)

2.3 อัตราการถ่ายเทความร้อน

ในการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนนั้น จะเกิดจากการที่มีอนุภาคที่มีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอเข้าไปในท่อที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน เมื่ออนุภาคที่เข้าไปในท่อมีการสัมผัสกับผิวท่อจะสมมุติให้อนุภาคที่สัมผัสมีอุณหภูมิเท่ากับผิวท่อซึ่งแสดงว่าเกิดการถ่ายเทความร้อน [4] และ [8] - [10] โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนจะหาได้จากสมการที่ (3)

$$\dot{Q}=\dot{m}C_p(T_{mo}-T_{mi}) \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)
C_p คือ ความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg ˚C)
T_{mi} คือ อุณหภูมิขาเข้า (˚C)
T_{mo} คือ อุณหภูมิขาออก (˚C)

ในส่วนฟลักซ์ความร้อนที่ผิวนั้นจะมีค่าคงที่ เนื่องจากที่ผิวท่อได้รับความร้อนจากฮิตเตอร์ไฟฟ้าในอัตราที่สม่ำเสมอ ซึ่งฟลักซ์ความร้อนที่ตำแหน่งใดๆจะสามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$q_s'' = \frac{\dot{Q}}{A} \quad (4)$$

โดยที่ q_s'' คือ ฟลักซ์ของความร้อน (W/m^2)
$\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)
A คือ พื้นที่ของท่อ (m^2)

2.4 สมดุลความร้อน

สมดุลความร้อนคือ การทำสมดุลพลังงานแบบหนึ่งซึ่งสมดุลความร้อนจะอยู่สภาวะคงตัว ซึ่งสมดุลความร้อนจะเป็นความร้อนสุทธิที่อยู่ในระบบรวมกับความร้อนที่อยู่ในตัววัตถุ ซึ่งจะเท่ากับพลังงานความร้อนที่อยู่ในวัสดุที่ออกจากระบบ [2] โดยจะสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการดังสมการที่ (5)

$$\sum H_R + (-\sum H_{298}^0) + q = \sum H_P \quad (5)$$

โดยที่ $\sum H_R$ คือ ผลรวมของเอนทัลปีทั้งหมดที่เข้าสู่ ปปปปปปปปปปปปปปปปปปปปกระบวนการ

$\sum H_p$ คือ ผลรวมของเอนทัลปีทั้งหมดที่ออกจาก กก กกกกกกกกกกกกกกกกกกกกก กระบวนการ

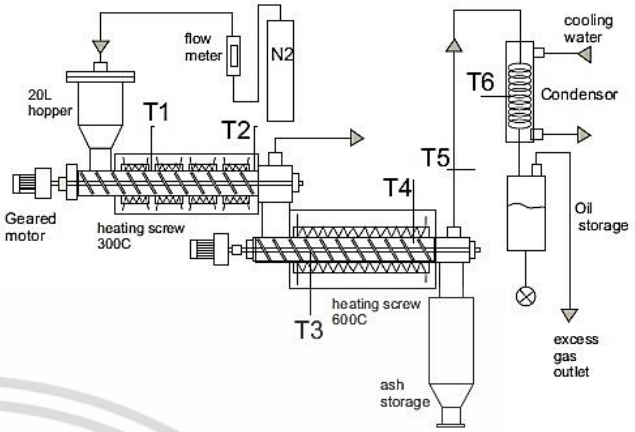
$\sum H_{298}^0$ คือ ค่าความร้อนมาตรฐานของปฏิกิริยา

q คือ ความร้อนสุทธิที่ให้แก่กระบวนการ

3. การออกแบบและวิธีการทดลอง

3.1 การออกแบบชุดเตาปฏิกรณ์

ในส่วนของการออกแบบนั้นจะเป็นการออกแบบเตาปฏิกรณ์แบบชนิดลำเลียงด้วยสกรูเพื่อให้มีการถ่ายเทความร้อนให้แก่ชีวมวลได้มากที่สุด โดยจะแบ่งเตาปฏิกรณ์เป็น 2 ชุดคือ เตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชัน (Torrefaction Reactor) และเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีส (Pyrolysis Reactor) ตามไดอะแกรมที่แสดงในรูปที่ 1 สำหรับรูปที่ 2 จะแสดงชุดเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสแบบกึ่งต่อเนื่องที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 1 ไดอะแกรมของกระบวนการไพโรไลซีสแบบสกรู

รูปที่ 2 ชุดกระบวนการไพโรไลซีสแบบสกรู

3.2 การทดลอง

ในการทดลองจะทำการป้อนไนโตรเจนเข้าสู่ระบบก่อนด้วยอัตรา 5 ลิตร/นาที เข้าสู่เตาปฏิกรณ์ หลังจากนั้นจะป้อนชีวมวลคือซังข้าวโพดที่บดแล้วโดยมีขนาดไม่เกิน 10 mm เข้าเตาปฏิกรณ์ที่มีการลำเลียงด้วยสกรูและมีการให้ความร้อนด้วยฮิตเตอร์ โดยอุณหภูมิฮิตเตอร์ที่ใช้ในเตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันใช้อุณหภูมิ 300 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากที่สุดและที่เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสจะใช้ช่วงอุณหภูมิ 450 , 500 และ 550 °C จากนั้นจึงทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิลและบันทึกข้อมูลด้วยดาต้าล็อกเกอร์ ในการทดลองจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลต่อไป

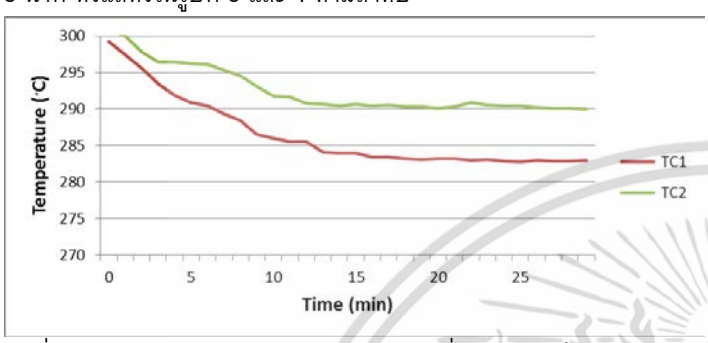
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลของอุณหภูมิของเตาปฏิกรณ์

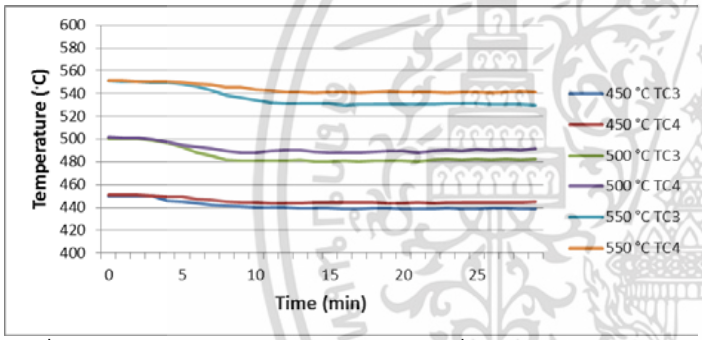
จากการทดสอบชุดเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ ซึ่งทำการควบคุมอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชัน 300 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ได้ปริมาณถ่านชาร์มากที่สุด และเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีส 450 °C 500 °C และ 550 °C เมื่อทำการป้อนซังข้าวโพดเข้าสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชัน อุณหภูมิจะมีแนวโน้มที่จะลดลงเล็กน้อย เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 11 นาที เตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันจะเข้าสู่ช่วง Steady State และที่เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสอุณหภูมิมีแนวโน้มที่จะลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาทีซึ่งเกิดจากซังข้าวโพดเดินทางจากเตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันแล้วเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีส และเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสจะเข้าสู่ช่วง Steady State เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 8 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ



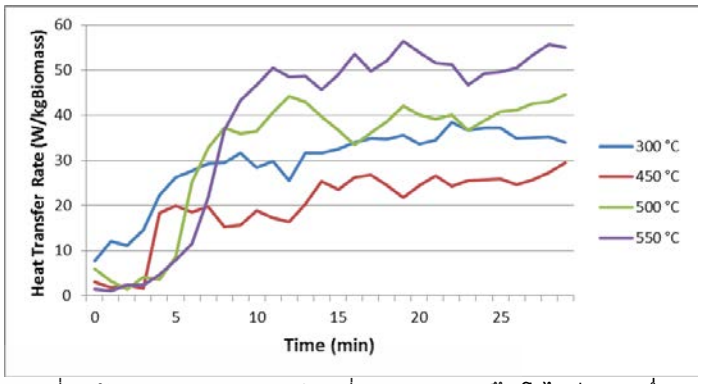
รูปที่ 3 อุณหภูมิเข้า(TC1)-อุณหภูมิออก(TC2)ที่เตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชัน



รูปที่ 4 อุณหภูมิเข้า(TC-3)-อุณหภูมิออก(TC4)ที่เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีส

4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อน

เมื่อทำการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยใช้สมการที่ (3) ซึ่งเกิดขึ้นภายในเตาปฏิกรณ์พบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดในชุดเตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าประมาณ 30 W และในส่วนของเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสในช่วงแรกอัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีแนวโน้มที่จะคงที่และเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาทีอัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นโดยอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิ 450, 500 และ 550 °C มีค่าประมาณ 20, 32 และ 38 kW ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5

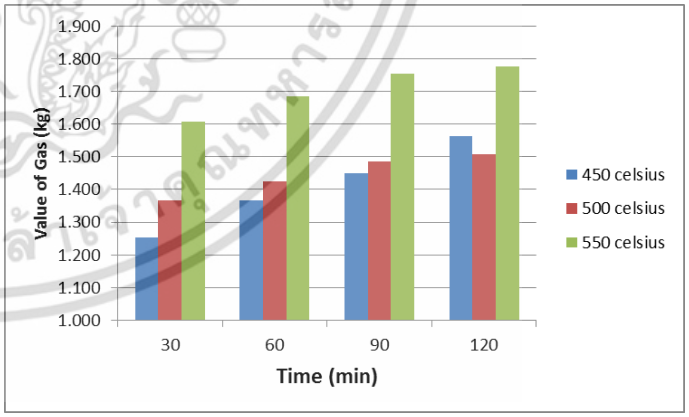


รูปที่ 5 อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ชุดเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสแบบกึ่งต่อเนื่องที่ช่วงอุณหภูมิต่างๆ

ในส่วนของฟลักซ์ความร้อนจะมีปริมาณคงที่ตลอดช่วงท่อ ซึ่งเมื่อเข้าสู่ช่วง Steady State พบว่าเมื่อพลังงานความร้อนที่ได้จากฮิตเตอร์ไฟฟ้าที่เข้าสู่กระบวนการจะอยู่ในช่วงประมาณ 40 – 60 MJ/kg ที่ช่วงอุณหภูมิ 450 – 550 °C ซึ่งเมื่อเทียบกับพลังงานความร้อนสะสมที่ได้มาจากผลิตภัณฑ์แก๊สที่ไม่ควบแน่นพบว่าผลิตภัณฑ์แก๊สที่ที่ได้จะมีพลังงานความร้อนสะสมอยู่ในช่ง 28 – 44 MJ/kg ซึ่งพลังงานความร้อนสะสมนี้สามารถนำไปใช้ต่อในกระบวนการได้

4.2 พลังงานความร้อนสะสมจากผลิตภัณฑ์แก๊ส

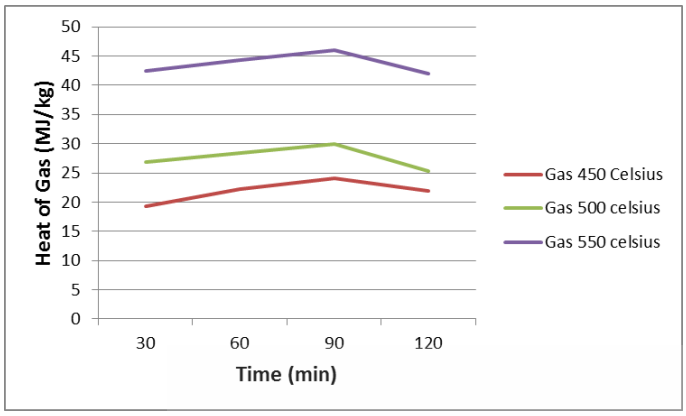
แก๊สที่ออกมาจากกระบวนการจะเป็นแก๊สที่ไม่ควบแน่นกลายเป็นไบโอออยล์ ซึ่งผลิตภัณฑ์แก๊สที่ออกมาจะสามารถนำไปผลิตเป็นความร้อนได้ โดยปริมาณซิงค์แก๊สที่ออกมาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการคงอยู่ของชีวมวลมากขึ้น [5] ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ปริมาณของแก๊สที่ได้จากกระบวนการต่อชีวมวลที่เข้าสู่ระบบในช่วงอุณหภูมิต่างๆ

จากนั้นเมื่อวิเคราะห์พลังงานความร้อนสะสมที่ผลิตภัณฑ์แก๊สสามารถผลิตความร้อนได้โดยใช้สมดุลพลังงานในสมการที่ (5) จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้นและจะทำให้พลังงานความร้อนสะสมที่ผลิตภัณฑ์แก๊สผลิตได้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7

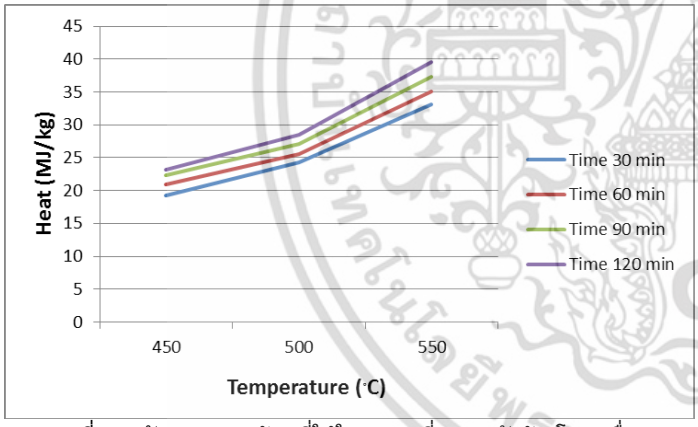
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 พลังงานความร้อนสะสมที่ได้จากผลิตภัณฑ์แก๊ส

4.4 พลังงานความร้อนที่เปลี่ยนรูปซังข้าวโพดเป็นไบโอชาร์

จากการวิเคราะห์พลังงานความร้อนที่ให้แกซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการเปลี่ยนรูปไบโอชาร์พบว่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปซังข้าวโพดเป็นไบโอชาร์ 1 kg จะต้องใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ 19.226 MJ ที่ช่วงอุณหภูมิ 450 °C และเมื่อช่วงอุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานความร้อนเพื่อเปลี่ยนรูปซังข้าวโพดเป็นไบโอชาร์ให้ได้ 1 kg ก็จะมีแนวโน้มที่จะใช้มากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 พลังงานความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปซังข้าวโพดเพื่อเปลี่ยนเป็นไบโอชาร์ 1 kg

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบชุดเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสแบบกึ่งต่อเนื่อง สามารถทำงานได้และเมื่อป้อนซังข้าวโพดสามารถผลิต ไบโอชาร์ ไบโอออยล์ และแก๊สได้ โดยปริมาณความร้อนที่สามารถทำให้ผลิตไบโอชาร์ได้มากที่สุดคือ 19 MJ/kg ซึ่งชุดเตาฏิกรณ์นี้จะมีแบ่งออกเป็น 2 เตาปฏิกรณ์ โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เตาปฏิกรณ์ทอริแฟคชันจะมีค่าประมาณ 30 W ที่อุณหภูมิ 300 °C และในส่วนของเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซีสอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิ 450 – 550 °C จะอัตราการถ่ายเทความร้อน 20 , 32 และ 38 W ตามลำดับ และปริมาณแก๊สที่ออกมาจากระบบจะเป็นแก๊สที่ไม่ควบแน่น เมื่อนำแก๊สที่ได้มาวิเคราะห์พลังงานความร้อนสะสมจะพบว่าผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จะมีพลังงานความร้อนสะสมมากที่สุดคือ 47 MJ/kg ดังนั้นเมื่อนำพลังงานความร้อนสะสมที่ได้จากผลิตภัณฑ์แก๊สมาใช้ทดแทนพลังงานความร้อนที่ได้จากพลังงานไฟฟ้า พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดประมาณ 97 %

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาและออกแบบระบบคอนเดนเซอร์เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ควรมีการออกแบบระบบการป้อนชีวมวลมวลก่อนเข้าชุดเตาปฏิกรณ์
3. ควรมีการปรับปรุงฉนวนกันความร้อนที่ชุดเตาปฏิกรณ์
4. ควรมีการศึกษาผลิตภัณฑ์แก๊สเพื่อผลิตความร้อนเอามาใช้แทนการใช้ความร้อนจากไฟฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ ทางด้านงบประมาณและการวิเคราะห์ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน "สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ไตรมาสที่ 1 /2557 ,"กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2557)

[2] โสภา กลิ่นจันทร์, "สมดุลมวลสาร พลังงานและการถ่ายเทโมเมนตัม," สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544

[3] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, " วิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ,"สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540

[4] สมศรี จงรุ่งเรือง, "ระเบียบวิธีวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน,"จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

[5] Janewit Wannapeera, Bundit Fungtammasan, Nakorn Worasuwannarak "Effects of temperature and holding time during torrection on the pyrolysis behaviors of woodly biomass" , Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, (2011), 99-105

[6] Ramin Azargohar,Kathlene L.Jacobsona, Erin E. Powellb, Ajay K. Dalaia, "Evaluation of properties of fast pyrolysis products obtained from Canadian waste biomass" , Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, (2013), 330–340

[7] Park Won Chan "Determination of Pyrolysis Temperature for Charring Materials" , Proceedings of the Combustion Institute, (2009) 2471–2479

[8] V.N. Daggupati,G.F.Naterer , I.Dincer "Convective heat transfer and solid conversion of reacting particles in a copper(II) chloride fluidized bed" , Chemical Engineering Science 66 , (2011) 460–468

[9] Wasan Kamsanam , Xiaoan Mao, Artur J. Jaworski "Development of experimental techniques for measurement of heat transfer rates in heat exchangers in oscillatory flows" , Experimental Thermal and Fluid Science 62 (2015) 202–215

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] Gabriela Huminic , Angel Huminic , Ion Morjan , Florian Dumitrache “Experimental study of the thermal performance of thermosyphon heat pipe using iron oxide nanoparticles” , International Journal of Heat and Mass Transfer 54 (2011) 656–661

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของขนาดอนุภาคต่อสมบัติของถ่านชีวภาพจากกากกาแฟ

Effect of Particle Size on Properties of Biocoke from Used Coffee Ground

สุพิชญา เชิดเกียรติกูล[†1], ปิ่นทิพย์ ศุภชุติกุล[‡2], จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์[‡3]

[†] *หลักสูตรวิศวรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวิศวรรม), คณะวิศวรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
[1] supitchaya.tni@gmail.com
[‡] *ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีพลังงานขั้นสูง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[2] ps.pintip@gmail.com
[3] jintawat@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการผลิตถ่านชีวภาพ (เชื้อเพลิงแข็งจากเศษวัสดุชีวภาพ) จากกากกาแฟ โดยศึกษาผลกระทบของขนาดอนุภาคของกากกาแฟต่อสมบัติของผลิตถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density, D_B) ความต้านทานแรงอัดสูงสุด (Maximum Compressive Strength) และค่าความร้อน (Calorific Value) กากกาแฟที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 595 - 1,000 micron 400 - 595 micron และขนาดต่ำกว่า 400 micron โดยทำการผลิตถ่านชีวภาพที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 10 นาที จากการศึกษาพบว่าถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาด 595 - 1,000 Micron มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดและค่าความหนาแน่นมากที่สุด โดยมีค่าประมาณ 58.54 MPa และ 1.3 g/cm^3 ตามลำดับ ส่วนค่าความร้อนของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้จะสูงขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคของกากกาแฟเล็กลง โดยที่ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาดอนุภาคเล็กที่สุด (ขนาดเล็กกว่า 400 micron) ให้ค่าความร้อนสูงสุดประมาณ 5,175 kcal/kg

Abstract

In this research, biocoke (the solid fuel made from bio-residues) was successfully produced from used coffee ground. The effect of particle sizes of used coffee ground on properties of the produced biocoke such as bulk density, maximum compressive strength and calorific value. The particle size used as raw materials are in the ranges of 595 - 1,000 micron, 400 - 595 micron and smaller than 400 micron. It is found that the biocoke produced from the particle size in the range of 595 - 1,000 micron has the highest bulk density at 1.3 g/cm^3, and highest maximum compressive strength at 58.54 MPa. However, the calorific values of the produced biocokes increase with the decreasing in particle size. The biocoke produced from the smallest particle size (smaller than 400 micron) has the highest calorific value at 5,175 kcal/kg.

1. บทนำ

เนื่องจากความต้องการการใช้พลังงานที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยจึงมีปริมาณการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมอื่นๆ เพิ่มขึ้น [1] เพื่อนำมาใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นพลังงานมีปริมาณมีราคาสูงขึ้นเรื่อยและมีความจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีแนวโน้มที่จะขาดแคลนในอนาคต โดยใน พ.ศ. 2555 กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยจะสนับสนุนให้มีสัดส่วนการใช้พลังงานพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก เพิ่มขึ้นเป็น 25% ภายในระยะเวลา 10 ปี [2] และมีเป้าหมายที่จะใช้ชีวมวลซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานได้ มาผลิตไฟฟ้าในปริมาณที่สูงถึง 3,630 MW ใน พ.ศ. 2564 ชีวมวลที่สามารถนำมาใช้ในเป็นพลังงานทางเลือกในการผลิตไฟฟ้าและให้พลังงานความร้อนในอุตสาหกรรม ได้แก่ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและเศษวัสดุจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศไทย เช่น ชานอ้อย แกลบ ฟางข้าว กะลามะพร้าว ต้นมันสำปะหลัง และชีวมวลอัดเม็ด (Wood Pallet) เป็นต้น [3] ปัจจุบันเศษวัสดุจากอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่ม เช่น กากกาแฟ ที่เป็นผลมาจากแนวโน้มการผลิตและบริโภคกาแฟที่สูงขึ้น [4] แต่ยังไม่ได้มีการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟอย่างคุ้มค่าและไม่มีการจัดการที่เหมาะสม

ถ่านชีวภาพ (Biocoke) เป็นชีวมวลชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการนำวัตถุดิบ เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เศษอาหารและขยะอุตสาหกรรม มาผ่านกระบวนการอัดร้อนที่ความดันสูง [5] ทำให้สารประกอบลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ที่อยู่ในวัตถุดิบซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบมากในผนังเซลล์ของพืช ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน [6] เกิดการเปลี่ยนสภาพระหว่างกระบวนการ ส่งผลให้เกิดการยึดเกาะตัวกันของวัตถุดิบเกิดเป็นถ่านชีวภาพที่มีลักษณะเป็นเชื้อเพลิงแข็ง และค่าความร้อนสูง สามารถใช้ผสมกับถ่านโค้ก เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านโค้กในอุตสาหกรรมหลอมเหล็กได้ นอกจากนั้นยังสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้

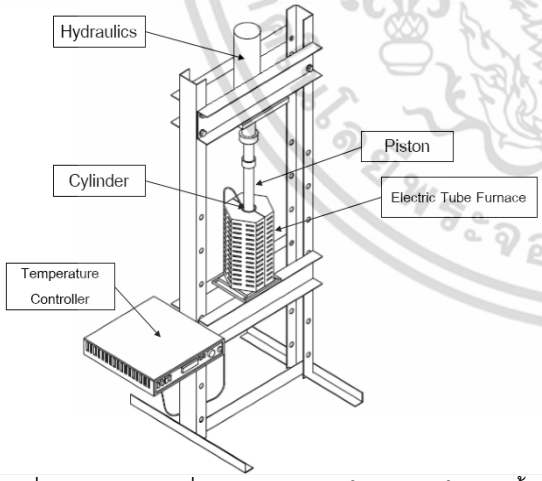
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นของแข็งทรงกระบอก ขนาดของถ่านชีวภาพจะขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิต ข้อดีของถ่านชีวภาพ คือ ช่วยลดปริมาณขยะได้เนื่องจากผลิตจากเศษวัสดุ มีขี้เถ้าและปริมาณกำมะถันน้อย เมื่อเผาไหม้จะเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณต่ำ ช่วยลดมลพิษทางอากาศ มีความหนาแน่นสูง (ประมาณ 1.1 - 1.3 g/cm^3) จึงสามารถลดพื้นที่และพลังงานที่ใช้ในการขนส่งได้ และมีค่าความร้อนสูง (มากกว่า 4,000 kcal/kg) ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ คือ อุณหภูมิและความดันในการผลิต ความชื้นของวัตถุดิบ นอกจากนี้จากงานวิจัยของ T. Sawai และคณะ [7] พบว่าขนาดอนุภาคของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตถ่านชีวภาพมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของถ่านชีวภาพด้วยเช่นกัน ในงานวิจัยนี้จึงทำการผลิตถ่านชีวภาพจากกากกาแฟ โดยศึกษาผลกระทบของขนาดอนุภาคของกากกาแฟต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางกล และคุณสมบัติทางความร้อนของถ่านชีวภาพ

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ขั้นตอนการผลิตถ่านชีวภาพจากเครื่องอัดถ่านชีวภาพโดยการอัดในแนวตั้ง

ในงานวิจัยนี้จะใช้กากกาแฟซึ่งนำมาจากแหล่งเดียวกันเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านชีวภาพ โดยใช้เครื่องอัดถ่านชีวภาพโดยการอัดในแนวตั้ง ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 1

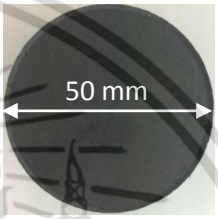
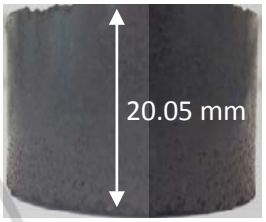
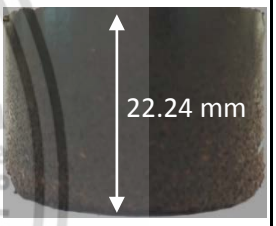


รูปที่ 1 ภาพจำลองเครื่องอัดถ่านชีวภาพโดยการอัดในแนวตั้ง

รูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของเครื่องผลิตถ่านชีวภาพโดยการอัดในแนวตั้ง ซึ่งประกอบไปด้วยระบบไฮดรอลิก กระบอกสูบ ลูกสูบ เตาเผาทรงกระบอก และชุดควบคุมอุณหภูมิ

ขั้นตอนการผลิตเริ่มจากการนำกากกาแฟมาผ่านกระบวนการอบแห้งและร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้ได้กากกาแฟที่มีขนาดอนุภาค 595 - 1,000 micron 400 - 595 micron และขนาดเล็กกว่า 400 micron จากนั้นอบซ้ำเพื่อให้วัตถุดิบมีความชื้นอยู่ที่ระหว่าง 5 - 10% และทำการทดลองที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กากกาแฟปริมาณ 50 กรัมต่อครั้ง ตารางที่ 1 แสดงภาพพื้นผิวด้านบนและด้านข้างของถ่านชีวภาพที่ขนาดอนุภาคของกากกาแฟแต่ละขนาด

ตารางที่ 1 ภาพด้านบนและด้านข้างของถ่านชีวภาพจากกากกาแฟ

Particle Size (Micron)	Top View	Side View
595-1000		
400-595		
<400		

2.2 การตรวจสอบสมบัติของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟ

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของถ่านชีวภาพสามารถทำได้โดยการหาค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density) จากสมการ

$$D_B = \frac{m}{v} \qquad (1)$$

โดย D_B คือ ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density, g/cm^3)

m คือ มวลของถ่านชีวภาพ (g)

v คือ ปริมาตรของถ่านชีวภาพ (cm^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สมบัติทางกล

การตรวจสอบทางกลของถ่านชีวภาพทำได้โดยการหาค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุด (Compressive Strength) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงกด (Compressive Stress) และความเครียดแรงกด (Compressive Stain)

2.2.3 คุณสมบัติทางความร้อน

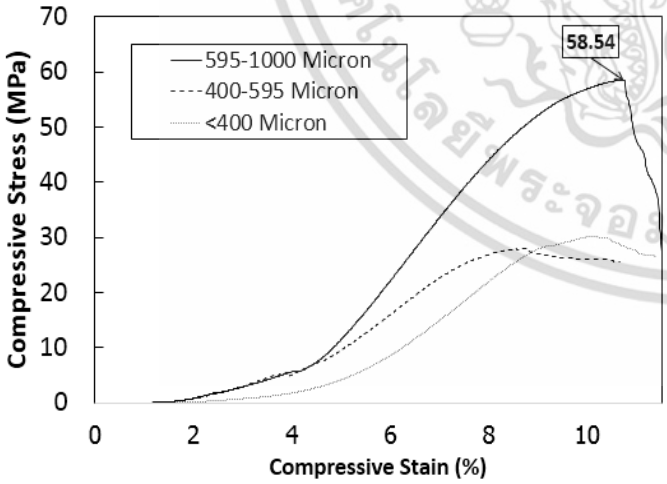
การตรวจสอบคุณสมบัติทางความร้อนของถ่านชีวภาพที่ได้โดยการหาค่าความร้อน (Calorific Value) ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ (Bomb Calorimeter, Parr รุ่น Model 1341 Plain Jacket) .

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ความหนาแน่น (Bulk Density, D_B) ที่วัดได้จากถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาด 595 - 1,000 micron 400 - 595 micron และ< 400 micron มีค่าเท่ากับ 1.30 g/cm^3 1.23 g/cm^{3}และ 1.22 g/cm^3 ตามลำดับ

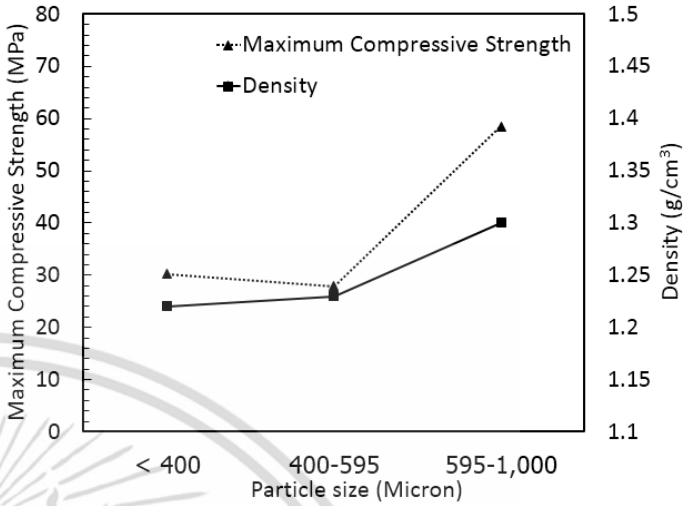
ความต้านทานแรงอัดสูงสุด (Maximum Compressive Strength) ที่ได้จากถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟ 595 - 1,000 micron 400 - 595 micron และ <400 micron มีค่าเท่ากับ 58.54 MPa 27.9 MPa และ 30.25 MPa ตามลำดับ

ค่าความร้อน (Calorific Value) ที่ได้จากถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาด 595 - 1,000 micron 400 - 595 micron และ< 400 micron มีค่าเท่ากับ 4,400.36 kcal/kg 4,812.39 kcal/kg และ 5,176.27 kcal/kg ตามลำดับ



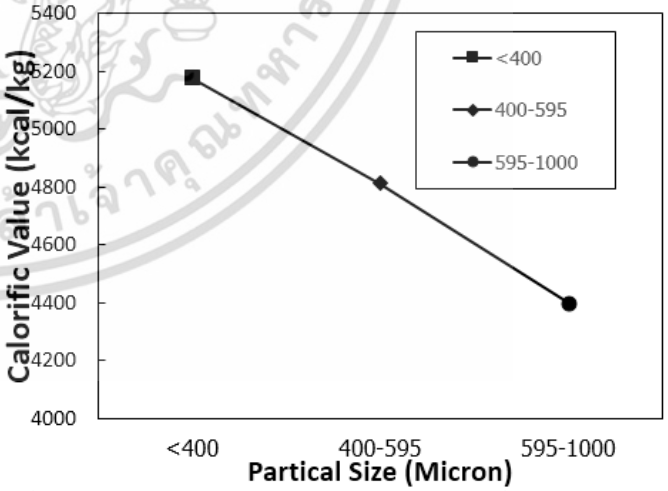
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัด (Compressive Stress) และเปอร์เซนต์การหดตัวของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาดต่างๆ

รูปที่ 2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัดและความเครียดแรงอัด พบว่าถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาด 595 - 1,000 micron มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดมากที่สุด เมื่อมีเปอร์เซนต์การหดตัวที่ประมาณ 12% ในขณะที่ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาด 400 - 500 micron และ <400 Micron มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดสูงสุดและความหนาแน่นของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาดต่างๆ

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดและค่าความหนาแน่นมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันคือเมื่อค่าความหนาแน่นของถ่านชีวภาพจากกากกาแฟสูงจะมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสูดสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดอนุภาคของวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ผิวน้อยเนื่องจากรูพรุนน้อยกว่าทำให้ให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นสูงกว่า และส่งผลให้มีความต้านทานแรงอัดสูงสุดสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัตถุดิบที่มีขนาดเล็กกว่า [8]



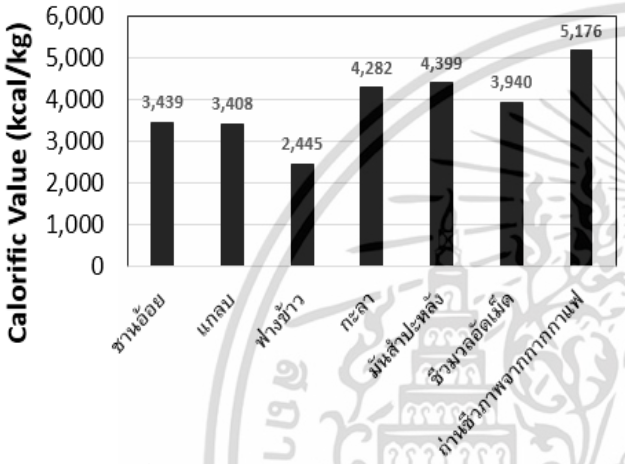
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาดต่างๆ

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับถ่านชีวภาพขนาด 595 - 1,000 micron 400 - 595 micron และ <400 micron ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคของถ่านชีวภาพจากกากกาแฟขนาดเล็กว่า 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Micron จะให้ค่าความร้อนที่สูงที่สุด และขนาด 595 - 1,000 Micron จะให้ค่าความร้อนต่ำที่สุด

จากผลการทดลองเราสามารถนำค่าความร้อน (Calorific Value) ที่ได้จากถ่านชีวภาพจากกากกาแฟไปเรียบเทียบกับค่าความร้อนของชีวมวลชนิดอื่นๆได้ จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนของถ่านชีวภาพจากกากกาแฟขนาด <400 Micron มีค่าสูงกว่าชีวมวลชนิดอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในประเทศไทยในปัจจุบัน [5]



รูปที่ 5 ค่าความร้อนจากชีวมวลชนิดต่างๆ [5]

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลกระทบของขนาดอนุภาคของกากกาแฟซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านชีวภาพต่อค่าความหนาแน่น (Bulk Density) ความต้านทานแรงอัดสูงสุด (Maximum Compressive Strength) และค่าความร้อน (Calorific Value) โดยทำการผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้กากกาแฟจากแหล่งผลิตเดียวกัน และผ่านกระบวนการผลิตเหมือนกันที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 3 ช่วงขนาด ได้แก่ 595 - 1,000 micron 400 - 595 Micron และขนาดเล็กกว่า 400 Micron และควบคุมอุณหภูมิในการผลิตในทุกการทดลองที่ 160 °C เป็นเวลา 10 นาที จากการศึกษาพบว่า ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาด 595 - 1,000 Micron มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดและค่าความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนค่าความร้อนจะสูงขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคของกากกาแฟเล็กลง โดยถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกากกาแฟขนาดอนุภาคเล็กกว่า 400 Micron ให้ค่าความร้อนสูงสุดประมาณ 5,175 kcal/kg จากผลการศึกษาที่ได้นี้สามารถนำไปขยายผลเพื่อสภาวะในการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตถ่านชีวภาพจากกากกาแฟในระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้ อย่างไรก็ตามผลกระทบของปัจจัยการผลิตอื่นๆ เช่น อุณหภูมิและความดันในการผลิตต่อสมบัติของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ยังอยู่ระหว่างการศึกษาโดยคณะผู้วิจัยจะรายงานในโอกาสต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ภายใต้โครงการวิจัย “การผลิตถ่านจากเศษวัสดุทางการเกษตร” และขอขอบคุณ บริษัท อินเตอร์ คลินส์ อินดัสตรีส์ จำกัด ที่ให้คำแนะนำทางเทคนิคในการใช้เตาเผาไฟฟ้าตลอดจนการติดตั้งและซ่อมบำรุง

เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “Thailand Alternative Energy Situation 2013,” [Online] Available: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/report13/alternative%20energy2013%20.pdf. [Accessed: Jan. 3, 2015]

[2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021,” [Online] Available: http://www.enconfund.go.th/pdf/index/aedp25.pdf. [Accessed: Jan. 3, 2015]

[3] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, “ชีวมวล,” [Online] Available: http://www.eppo.go.th/engy/Load/ET08.pdf. [Accessed: Jan. 3, 2015].

[4] International Coffee Organization., “Statistics on Coffee,” [Online] Available: http://www.ico.org/historical/2010-19/PDF/TOTPRODUCTION.pdf. [Accessed: Jan. 3, 2015].

[5] นคร ทิพยาวงค์, “พลังงานชีวภาพ,” เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพ, 2010.

[6] L. J. Jönsson, B. Alriksson, N.O. Nilvebrant, “Bioconversion of lignocellulose: inhibitors and detoxification,” *Biotechnology for Biofuels*, Sweden, Jan. 28, 2013.

[7] T. Sawai et al., “Compressive Strength Properties of Bio-Solid Fuel made form Pruned Branch,” *Journal of High Temperature Society*, vol. 36, pp. 36-40, 2010.

[8] Z. A. ALjubouri and A. M. ALRawas, “Physical properties and compressive strength of the technical plaster and local juss,” *Iraqi Journal of Earth Sciences*, vol. 9, no. 2, pp 49-58, 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตบิวทานอลจากเปลือกถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117

Butanol production from soybean hulls by *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117

มานพ บุญเจริญ[1], ชุติมณฑน์ สถิรพิพัฒน์กุล[2]

หน่วยปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมเคมีเพื่อการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรทางชีวภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพ 10330
[1] Manop.B@student.chula.ac.th
[2] Chutimon.S@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตบิวทานอลจากเปลือกถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 โดยศึกษาสภาวะของการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากการย่อยสลายเปลือกถั่วเหลืองด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจางและผลิตบิวทานอลจากสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส พบว่า การย่อยสลายเปลือกถั่วเหลืองด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจางที่สภาวะเหมาะสม คือ ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกร้อยละ 5 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในหม้อแรงดันสูง โดยผลิตน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 31.86 กรัมต่อลิตร อีกทั้งสารละลายน้ำตาลที่ได้การปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถนำมาใช้ผลิตบิวทานอลด้วยเชื้อ *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 (ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 30 กรัมต่อลิตร) คิดเป็นความเข้มข้นบิวทานอลเท่ากับ 11.82 กรัมต่อลิตร คิดเป็นความเข้มข้นตัวทำละลายรวมเท่ากับ 30.31 กรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: บิวทานอล, ลิกโนเซลลูโลส, การหมัก

Abstract

Butanol production from soybean hulls by *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 was studied the condition of reducing sugar production of soybean hulls and butanol production from sugar solution by sulfuric acid hydrolysis. The optimal condition is solid/liquid ratio of 1:5 in 5%v/v sulfuric acid at 121°C 15 min high pressure and produce maximum reducing sugar concentration of 31.86 g/L. In addition, By cultivation of *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 using hydrolysate medium at the optimal initial sugar concentration (30 g/L) at 35 °C and pH 5.5, butanol concentration of 11.82 g/L and total solvent of 30.31 g/L

Keywords: butanol lignocellulosic biomass fermentation

1. บทนำ

บิวทานอล เป็นสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์ นิยมนำมาใช้เป็นตัวทำละลายในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเคมี และเชื้อเพลง เมื่อเปรียบเทียบกับเอทานอลในด้านเชื้อเพลิง บิวทานอลมีข้อดีหลายประการดังนี้ บิวทานอลมีพลังงานจากการสันดาปที่สูงกว่าเอทานอล สามารถนำไปผสมในน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อเพิ่มค่าออกเทนได้ มีความดันไอต่ำกว่าน้ำมันเบนซินเมื่อผสมกันจึงช่วยให้น้ำมันระเหยได้ยากกว่าการใช้เอทานอลผสม สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ดีกว่าเอทานอล เพราะออกซิเจนสามารถละลายได้มากกว่า ทำให้มีความเป็นพิษต่ำกว่าเอทานอลในขณะเกิดการสันดาป [1]

บิวทานอลจากกระบวนการหมักจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์การลงทุน เช่น ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ, ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงาน, ค่าติดตั้งอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินกระบวนการ สำหรับกระบวนการหมักนั้น ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบถือเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดสำหรับการเลือกกระบวนการผลิต [2] ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือกถั่วเหลืองจึงเป็นวัสดุเหมาะสม เพราะมูลค่าของวัสดุกลุ่มนี้มีราคาไม่แพง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงราคาตามความต้องการ และในกรณีประเทศเกษตรกรรมก็สามารถหาวัสดุดังกล่าวได้ตลอดทั้งปี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการนำเปลือกถั่วเหลืองมาใช้ผลิตสารละลายน้ำตาลด้วยวิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเจือจางและนำสารละลายน้ำตาลที่ได้มาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการผลิตบิวทานอลด้วยเชื้อ *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 ในถังหมักแบบไร้อากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับการหมัก

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 จุลินทรีย์

แบคทีเรีย *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 จาก American Type Culture Collection, Maryland, U.S.A.

2.2 การเตรียมเปลือกถั่วเหลืองและไฮโดรไลซิสด้วยกรด

นำเปลือกถั่วเหลืองมาบดให้มีขนาด 40 mesh และอบไร้ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บในโถดูดความชื้น จากนั้นแช่เปลือกถั่วเหลืองในสารละลายกรดซัลฟิวริก ใช้สัดส่วนน้ำหนักเปลือกถั่วเหลืองแห้ง 1 กรัมต่อน้ำหนักสารละลายกรด 10 กรัม ที่ความเข้มข้นกรดต่างๆ นำไปไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายในหม้อแรงดันสูง สภาวะไฮโดรไลซิสที่ศึกษาแสดงดังตารางที่ 1

2.3 การกำจัดสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ

นำสารละลายน้ำตาลปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8 ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และปล่อยให้เกิดการตกตะกอน 30 นาที กรอง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกตะกอนออก ปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายใสเท่ากับ 5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร

ตารางที่ 1 สภาวะการไฮโดรไลซิสเปลือกถั่วเหลือง

สภาวะ	
ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5
เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (นาที)	15, 30, 45 และ 60
อัตราส่วนน้ำหนักของแข็งต่อน้ำหนักสารละลาย	1:5 และ 1:10

2.4 การเตรียมต้นเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเหลว

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Reinforced clostridium Medium (RCM) แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่ง ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และใช้รังสีอัลตร้าไวโอเลตฆ่าเชื้อเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง จากนั้นนำกล้าเชื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาทำการ heat shock ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาแช่ในถังน้ำแข็งทันที จากนั้นทำการถ่ายเชื้อร้อยละ 10 โดยปริมาตรลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านแก๊สไนโตรเจนในอัตราการไหล 0.1 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 115 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.5 การเตรียมเชื้อในระดับขวดเขย่าและถังหมัก 1 ลิตร

เตรียมสูตรอาหารที่มีส่วนประกอบดังนี้ :สารสกัดยีสต์ 0.504 กรัม, ไอรอนซัลเฟต 0.006 กรัม, แอมโมเนียมอะซิเตต 0.18 กรัม, แมกนีเซียมซัลเฟต 0.018 กรัม และไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.03 กรัม ในน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตรต่อ 1 ฟรากส์ นำไปฆ่าเชื้อตามวิธีข้อ 2.4 แล้วผ่านแก๊สไนโตรเจนเป็นเวลา 15 นาที ก่อนถ่ายเชื้อจากหลอดทดลองที่ร้อยละ 10 โดยปริมาตรในอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 115 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วิธีการเตรียมเชื้อในถังหมัก 1 ลิตร ใช้วิธีคล้ายคลึงกันเพียงแต่แยกการฆ่าเชื้อสารละลายน้ำตาลออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนจะนำมาผสมกันในตู้ปลอดเชื้อ แล้วผ่านแก๊สไนโตรเจน 20 นาที ก่อนจะถ่ายเชื้อร้อยละ 10 โดยปริมาตรเข้าสู่อาหารผสม โดยมีตัวแปรควบคุมดังต่อไปนี้ ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง 5.0 และควบคุมค่าความเป็นกรดด่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 นอร์มอลิตี้ และเก็บตัวอย่างครั้งละ 5 มิลลิลิตร ทุกๆ 6-12 ชั่วโมง

2.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

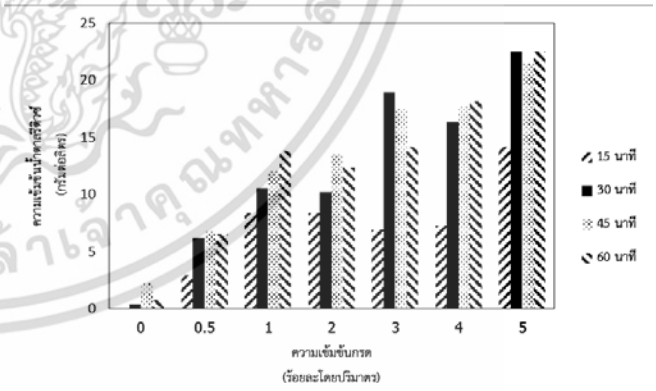
วิเคราะห์ความเข้มข้นเฟอร์ฟูรัลใช้การวิเคราะห์ค่าความขุ่นสารละลายเจือจางด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ค่าความยาวคลื่น 275 นาโนเมตร วิเคราะห์ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ที่ค่าความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร วิเคราะห์ความเข้มข้นเซลล์ด้วยวิธีการวิเคราะห์น้ำหนักเซลล์แห้ง วัดค่าความขุ่นของเซลล์แห้งที่ค่าความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลือง

3.1.1 ผลของความเข้มข้นกรด

การศึกษาผลของความเข้มข้นกรดจากการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 โดยปริมาตร ที่สภาวะเวลาในการทำปฏิกิริยาและอัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรดเท่ากัน พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกรดส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดได้มาก ทำให้มีน้ำตาลรีดิวซ์เป็นผลิตภัณฑ์สูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นกรด ดังรูปที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ R. Aguilar และคณะ [3] พบว่า ผลของความเข้มข้นกรดที่มากขึ้นส่งผลให้ได้น้ำตาลไซโลสที่สูงขึ้นตาม โดยที่ความเข้มข้นกรดเท่ากับร้อยละ 5 โดยปริมาตร เป็นความเข้มข้นกรดให้ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด เพราะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของกรดให้สูงขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นกรดเริ่มต้น แต่การเพิ่มความเข้มข้นกรดเริ่มต้นมีแนวโน้มจะทำให้เกิดสารอนุพันธ์ของเฟอร์ฟูรัลมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ [4] นอกจากนี้ในงานวิจัยของ P. Lenihan และคณะ [5] ได้สรุปว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกรดในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิสูงเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้มากขึ้น ในขณะเดียวกันการใช้กรดความเข้มข้นต่ำในการทำปฏิกิริยาสามารถช่วยให้น้ำตาลที่เกิดขึ้นไม่เกิดปฏิกิริยาเป็นสารข้างเคียง



รูปที่ 1 ผลของความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจากเปลือกถั่วเหลืองที่อัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรด 1 ต่อ 10

3.1.2 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

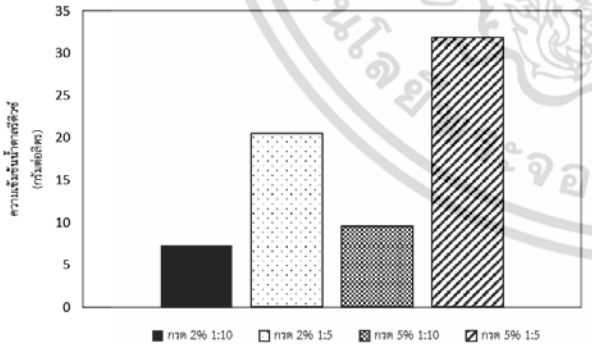
พิจารณาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองที่เวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที เมื่อเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นกรดและอัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรดเท่ากัน พบว่า ช่วงความเข้มข้นกรดต่ำกว่าร้อยละ 2 โดยปริมาตร เวลาในการทำปฏิกิริยามีผลต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าช่วงความเข้มข้นกรดสูงกว่าร้อยละ 2 โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตร ดังรูปที่ 1 และน้ำตาลรีดิวซ์มีความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 22.5 กรัมต่อลิตร จากสภาวะปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่ความเข้มข้นกรดร้อยละ 5 โดยปริมาตร เวลา 30 นาที ซึ่งข้อมูลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abelardo Herrera และคณะ [6] ที่พบว่า ช่วงความเข้มข้นกรดร้อยละ 2 โดยปริมาตร ผลของเวลาการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของกรดมีแนวโน้มการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำกว่าช่วงความเข้มข้นกรดร้อยละ 4 และ 6 โดยปริมาตร และเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้นที่ความเข้มข้นกรดสูงจะมีน้ำตาลบางส่วนที่ถูกย่อยสลายเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เช่น สารประกอบเฟอร์ฟูรัล

3.1.3 ผลของอัตราส่วนน้ำหนักของแข็งต่อสารละลายกรด

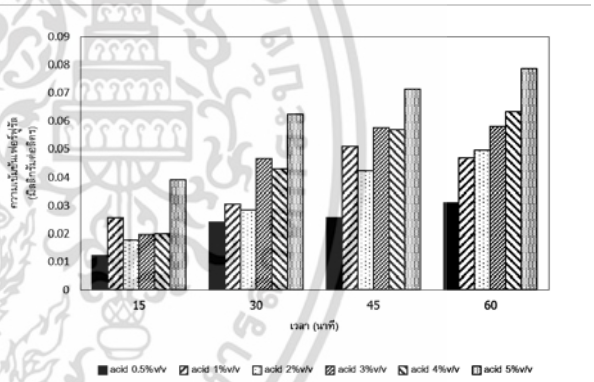
การศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำหนักของแข็งต่อสารละลายกรด จากการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นกรดร้อยละ 2 และ 5 เวลา 15 นาที โดยใช้อัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรดเท่ากับ 1 : 5 และ 1 : 10 แสดงได้ดังรูปที่ 2 พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรดสามารถเพิ่มการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้มากขึ้น และได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดเท่ากับ 31.86 กรัมต่อลิตร ที่สภาวะอัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรดเท่ากับ 1 : 5 ความเข้มข้นกรดร้อยละ 5 โดยปริมาตร ผลของอัตราส่วนน้ำหนักของแข็งต่อสารละลายมีผลต่อความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้เนื่องจากการลดลงของปริมาณสารละลายกรดทำให้ปริมาณตัวทำละลายลดลงตามไปด้วย ซึ่งเป็นผลให้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มสูงขึ้นตามโดยสอดคล้องกับผลการทดลองของการปรับสัดส่วนของแข็งต่อของเหลวในงานวิจัยของ Xue-bing Zhao และคณะ [7] ซึ่งได้อธิบายว่าเป็นผลของการเพิ่มสารตั้งต้นที่เกิดขึ้นจากการการลดลงของตัวทำละลาย ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น



รูปที่ 2 ผลของความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจากเปลือกถั่วเหลืองที่อัตราส่วนของแข็งต่อสารละลายกรด 1 ต่อ 10 และ 1 ต่อ 5

3.1.4 การเกิดสารยับยั้งเชื้อในระหว่างไฮโดรไลซิสด้วยกรด

การศึกษาผลของสภาวะปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส พิจารณาการเกิดสารประกอบเฟอร์ฟูรัล โดยวัดความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์ฟูรัลในแต่ละสภาวะในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองที่กรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยปริมาตร ที่เวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที พบว่า สารประกอบเฟอร์ฟูรัลที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรดมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นกรดแบบแปรผันตรง ในทำนองเดียวกันกับเวลาในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดสารยับยั้งเชื้อจึงเท่ากับ 15 นาที และที่สภาวะของการไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกร้อยละ 5 โดยปริมาตร เวลา 60 นาที ให้สารประกอบเฟอร์ฟูรัลสูงสุดเท่ากับ 0.0789 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งจากงานวิจัยของ Sjolander และคณะ [8] ได้พบว่าสารประกอบเฟอร์ฟูรัลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของวัสดุลิกโนเซลลูโลสเป็นสารยับยั้งเชื้อ *C.acetobutyricum* ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Baugh และคณะ [9] ที่กล่าวว่าการเกิดสารประกอบเฟอร์ฟูรัลระหว่างปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของวัสดุลิกโนเซลลูโลสด้วยสารละลายที่อุณหภูมิสูง พบว่ามีน้ำตาลในเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นเฟอร์ฟูรัล โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบเฟอร์ฟูรัล ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นกรด และเวลาในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส



รูปที่ 3 ความเข้มข้นของสารประกอบเฟอร์ฟูรัลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่สภาวะต่างๆ

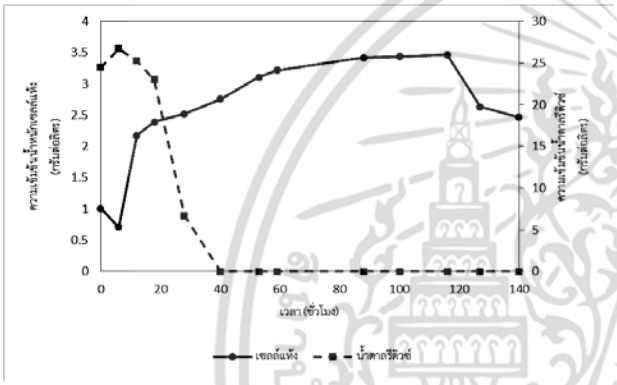
3.2 ผลการศึกษาการผลิตบิวทานอลจากสารละลายไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลือง

การศึกษาการผลิตบิวทานอลจากสารละลายไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองโดย *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 ในกระบวนการหมักแบบกะ ที่ความเข้มข้นน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้นเท่ากับ 30 กรัมต่อลิตร ควบคุมสภาวะการหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 200 รอบต่อนาที ที่สภาวะไร้ออกซิเจน ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.0 เป็นระยะเวลา 132 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ดังนี้

3.2.1 การใช้น้ำตาลรีดิวซ์และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

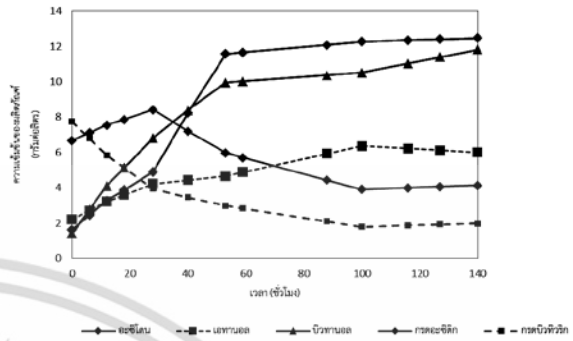
น้ำตาลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลืองถูกใช้ในระหว่างการหมักและการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ แสดงดังรูปที่ 4 พบว่า ช่วงเวลาที่ 0 ถึง 12 ชั่วโมง อัตราการใช้น้ำตาลของเซลล์เป็นช่วงระยะของการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเซลล์ที่ไม่มีการเพิ่มจำนวน จากนั้นมีถึงมีการใช้น้ำตาลลดลงอย่างรวดเร็วที่ช่วงเวลาที่ 18 ถึง 24 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์และสร้างผลิตภัณฑ์ จากเอกสารของ Mitchell [10] อธิบายไว้ว่า น้ำตาลในช่วงระยะเพิ่มจำนวนเซลล์จะถูกเปลี่ยนเป็นไพรูเวตผ่านการเมตาโบไลต์ด้วยกระบวนการเอ็มเดน-เมเยอร์ฮอฟ-พานาส และผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กรดและตัวทำละลายต่อไป สุดท้ายน้ำตาลถูกใช้จนหมดที่ช่วงเวลาที่ 40 ชั่วโมง และเริ่มเข้าสู่มีเซลล์หยุดการเพิ่มจำนวนและมีเซลล์บางส่วนที่เริ่มตาย ที่ช่วงเวลาที่ 116 ชั่วโมง



รูปที่ 4 น้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกใช้และปริมาณเซลล์ที่สร้างขึ้นในระหว่างการหมักน้ำตาลจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 30 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดด่าง 5.0

3.2.2 ผลิตภัณฑ์ในระหว่างการหมัก

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักน้ำตาลที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเปลือกถั่วเหลือง แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าช่วงเวลาที่ 0 ชั่วโมง ตัวทำละลาย(อะซิโตน เอทานอล และบิวทานอล) ยังไม่ถูกผลิต แต่มีความเข้มข้นกรด(อะซิติก และบิวทิวริก)เริ่มต้นที่สูง หลังจากช่วงเวลาที่ 18 ชั่วโมง มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ โดยเซลล์ที่เพิ่มจำนวนจะเปลี่ยนกรดให้เป็นตัวทำละลายส่งผลให้ตัวทำละลายที่ช่วงเวลาดังกล่าวมีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ความเข้มข้นกรดลดลง หลังจากน้ำตาลเริ่มหมดยังคงมีเซลล์บางส่วนที่ช่วงเวลา 40 ถึง 53 ชั่วโมง สามารถเปลี่ยนกรดให้เป็นตัวทำละลายได้บางส่วน แต่เมื่อถึงช่วงเวลาหลังจาก 53 ชั่วโมง เป็นต้นไปเซลล์ไม่สามารถเปลี่ยนกรดให้เป็นตัวทำละลายได้เนื่องจากการขาดน้ำตาลในระบบ ส่งผลให้อัตราการผลิตกรดและผลิตภัณฑ์เริ่มคงที่ โดยพบว่าที่ชั่วโมงที่ 140 ซึ่งเป็นเวลาสุดท้ายของการหมักพบว่ามีปริมาณตัวทำละลายอะซิโตน เอทานอล และบิวทานอลเท่ากับ 12.48, 6.01 และ 11.82 กรัมต่อลิตรตามลำดับ โดยคิดเป็นปริมาณตัวทำละลายรวมเท่ากับ 30.31 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่า มีปริมาณกรดอะซิติก และบิวทิวริกเท่ากับ 4.13 และ 1.98 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นปริมาณกรดรวมเท่ากับ 6.11 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักน้ำตาลจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 60 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดด่าง 5.0

4.สรุป

จากผลการทดลองการผลิตบิวทานอลจากเปลือกถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบด้วยเชื้อ *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 โดยศึกษาสภาวะของการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากการย่อยสลายเปลือกถั่วเหลืองด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจางและผลิตบิวทานอลจากสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยสลาย พบว่า การย่อยสลายเปลือกถั่วเหลืองด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจางที่สภาวะเหมาะสม คือ ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกร้อยละ 5 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในหม้อแรงดันสูง โดยผลิตน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 31.86 กรัมต่อลิตร อีกทั้งสารละลายน้ำตาลที่ได้การปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถนำมาใช้ผลิตบิวทานอลด้วยเชื้อ *Clostridium saccharobutyricum* ATCC BAA117 (ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 30 กรัมต่อลิตร) คิดเป็นความเข้มข้นบิวทานอลเท่ากับ 11.82 กรัมต่อลิตร คิดเป็นความเข้มข้นตัวทำละลายรวมเท่ากับ 30.31 กรัมต่อลิตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Herrera, S. J. Tellez-Luis, Juan J. G. Cabriales, J. A. Ramirez, M.Vazquez. "Effect of the Hydrochloric Acid Concentration on the Hydrolysis of Sorghum Straw at Atmospheric Pressure." *Jounal of Food Engineering* 63, 2004, pp 103-109.

[2] D.T.Jones, D. R.Woods. *Acetone-Butanol Fermentation Revisited*. American Society for Microbiology, 1986.

[3] E. Palmqvist, B.H. Hagerdal. "Fermentation of Lignocellulosic Hydrolysates. Ii: Inhibitors and Mechanisms of Inhibition." *Bioresource Technology* 74, 2000, pp 25-33.

[4] L. T. Fan, Y. H. Lee, M. M. Gharpuray. "The Nature of Lignocellulosics and Their Pretreatments for Enzymatic Hydrolysis." *Adv. Biochem. Eng.* 23, 1982, pp 158-187.

[5] N. Qureshi, X. L. Li, S. Hughes, B. C. Saha and M. A. Cotta. "Butanol Production from Corn Fiber Xylan Using *Clostridium Acetobutylicum*." *Biotechnology Progress* 22, 2006, pp 673-680.

[6] P. Lenihan, A. Orozco, E. O'Neil, M.N.M. Ahmad, D.W. Rooney, G.M. Walker. "Dilute Acid Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass." *Chemical Engineering Jounal* 156, 2010, pp 395-403.

[7] Xue-bing Zhao, L. W. a. D.-h. L. "Effect of several factors on peracetic acid pretreatment of sugarcane bagasse for enzymatic hydrolysis." *Jounal of Chemical Technology and Biotechnology 82*, 2007, pp 1115-1121

[8] Sjolander N.O., Langlykke A.F., Peterson W.H., "Butyl Alcohol Fermentation of Wood Sugar." *Ind. Eng. Chem. 30*, 1938, pp 11.

[9] Baugh, K. D. (1983) Rate of formation/decomposition and methane fermentability of autohydrolysis product from lignocellulose, Standford University.

[10] Mitchell W.J, *Physiology of carbohydrates to solvent conversion by clostridia.* Adv Microb Physio, 39, 1998, pp 31-130.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมวัสดุแหล่งคาร์บอนจากมูลช้างโดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล

Preparation of Carbon-source Material from Elephant Dung by Hydrothermal Process

มานพ ชุมภูแก้ว[†1], จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์[‡2]

[†]*หลักสูตรวิศวรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีวิศวรรม), คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
เลขที่ 1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250
[1] manop@tni.ac.th
[‡]*ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีพลังงานขั้นสูง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น*
เลขที่ 1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250
[2] jintawat@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิ และระยะเวลาในการทำไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิต โครงสร้างพื้นผิว องค์ประกอบเบื้องต้นของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์และค่าความร้อนของวัสดุแหล่งคาร์บอนที่ได้จากมูลช้างด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล จากการศึกษาพบว่าการไฮโดรเทอร์มัลโดยใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 100 ml ที่อุณหภูมิ 200 °C เวลาในการทำปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง จะได้วัสดุแหล่งคาร์บอนที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 1 µm และมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นจากเดิม 66.5%เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของมูลช้างที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

คำสำคัญ: การไฮโดรเทอร์มัล, มูลช้าง

Abstract

In this study, effects of amount of catalyst, temperature and reaction time on the product yield, surface structure, chemical composition and calorific value of the carbon-source material prepared from elephant dung by hydrothermal process were investigated. It is found that the average particle size of the carbon-source material prepared by hydrothermal process using 100 ml of catalyst at 200 °C for 8 hours was approximately 1 µm and its calorific value increased by 66.5% compared to the raw material.

Keywords: Hydrothermal, Elephant Dung.

1. บทนำ

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ เช่น วัสดุที่ได้มาจากพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ โดยทางอ้อมนั้นหมายถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการเพาะปลูกและอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบทางการเกษตรเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ พืชพลังงานเป็นหนึ่งในชีวมวลทางเลือกใหม่ แม้ว่าในปัจจุบันยังไม่ได้ผลิตเชิงธุรกิจก็ตาม เนื่องจากสามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกได้กว้างขวางโดยไม่รบกวนพื้นที่เพาะปลูกเพื่อการบริโภค เช่น หญ้าเนเปียร์ ผักกาดก้านขาว ผักตบชวา สาหร่ายไจแอนต์เคลป์ สาหร่ายคลอเรลล่า นอกจากนี้เศษวัสุเหลือใช้ทางการเกษตรและครัวเรือน เช่น ขี้เลื่อย เศษไม้ ฟางข้าว เปลือกข้าว ขยะมูลฝอยครัวเรือน กากไม้ มูลสัตว์ ก็เป็นชีวมวลที่มีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงได้ดี โดยทั่วไปเศษวัสดุเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปเพื่อให้เกิดประโยชน์ได้หลากหลายต่างกันออกไปตามสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด ปัจจุบันในประเทศไทยมีการนำเศษวัสดุเหลือใช้มาแปรรูปเพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมากมาย เช่น แกลบนำไปเป็นเชื้อเพลิงหรือช่วยในการปรับสภาพดิน ฟางข้าวนำไปเป็นอาหารสัตว์ ชานอ้อยนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ [1] แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการรณรงค์ให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน หรือพลังงานทดแทน โดยการนำเศษวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์หรือแปรรูปเป็นพลังงาน แต่ชีวมวลเหล่านี้ก็ยังไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกเป็นจำนวนมาก นอกจากเป็นการสูญเสียทรัพยากรทางธรรมชาติแล้ว ยังเป็นการสูญเสียเงินทุนเพื่อนำมากำจัดชีวมวลเหล่านี้อีกด้วย มูลช้างเป็นมูลสัตว์ที่มีอยู่ปริมาณมาก โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีปางช้างสำหรับการท่องเที่ยว ปัจจุบันมีการนำมูลช้างไปใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าหลายอย่าง แต่ก็ยังมีส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ และต้องมีการกำจัดเพื่อไม่ให้เกิดปัญหากับชุมชนในอนาคต

กระบวนการไฮโดรเทอร์มัล (Hydrothermal Process, HTC) เป็นกระบวนการเคมีความร้อน (Thermo-Chemical Conversion) ชนิดหนึ่ง โดยใช้น้ำหรือตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นเป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยาอุณหภูมิของกระบวนการจะอยู่ในช่วง 180-250 °C [2] ซึ่งกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายวิธีและจะให้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ โดยนิยมนำมาใช้แปรรูปชีวมวลเป็นวัสดุแหล่งคาร์บอน (Carbon-source Material) เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการพัฒนาวัสดุที่มีสมบัติตามต้องการและใช้ประโยชน์ได้หลากหลายต่อไป เช่น ตัวดูดซับ เชื้อเพลิง เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ได้แก่ วัตถุดิบตั้งต้น อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาและปริมาณความชื้นของมูลช้าง ข้อดีของวิธีนี้ คือ โดยทั่วไปวัสดุชีวมวลที่จะนำมาแปรรูปจากพืชนั้นจะมีความชื้นอยู่ในตัว ซึ่งก่อนทำการแปรรูปจำเป็นต้องนำวัสดุชีวมวลเหล่านั้นมากำจัดความชื้นเสียก่อนโดยอาจทำการอบไล่ความชื้น หรือนำไปตากแดดจนแห้ง จึงจะสามารถนำไปสู่กระบวนการต่อไปได้ ซึ่งจะเป็นการเสียเวลาเนื่องจากกระบวนการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเทอร์มัลจะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยาหรือสารเร่งปฏิกิริยา จึงเป็นกระบวนการที่ราคาไม่สูง และกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลจะให้ปริมาณอัตราส่วนของผลผลิตคาร์บอนมากกว่าวิธีการเผาโดยทั่วไปอีกด้วย [2]

งานวิจัยนี้จึงนำมูลช้างมาแปรรูปเป็นวัสดุแหล่งคาร์บอน ทำการศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา (น้ำกลั่นและกรดซัลฟิวริก) อุณหภูมิ และระยะเวลาในการไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิต โครงสร้างพื้นผิว องค์ประกอบและค่าความร้อนของวัสดุแหล่งคาร์บอนที่ได้จากการเตรียมจากมูลช้างด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล

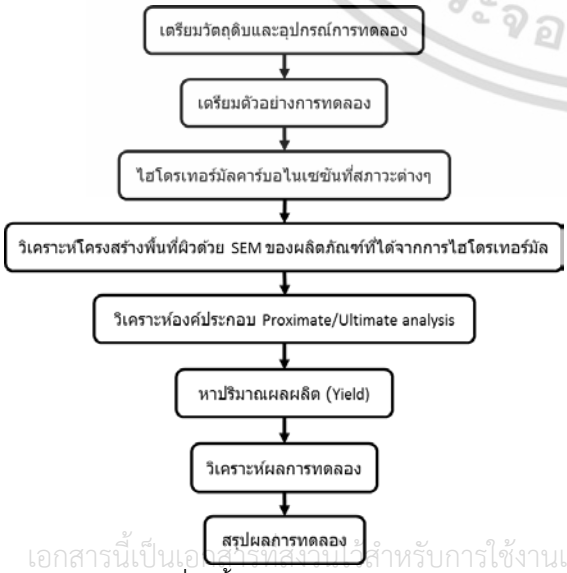
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองแสดงดังรูปที่ 1 เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้วัตถุดิบเป็นมูลช้างจากปางช้างอยุธยา แสดงดังรูปที่ 2 โดยทำการตากแห้งมูลช้าง หลังจากนั้นนำมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบ (ยี่ห้อ Redline รุ่น RF115) ที่อุณหภูมิ 110 ˚C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้แห้งสนิท และใช้วัตถุดิบที่ผ่านการอบแห้งจำนวน 25 กรัมผสมน้ำกลั่นและกรดซัลฟิวริก (ความเข้มข้น 5%) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ปริมาณน้ำที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วจำนวน 30 50 100 ml จากนั้นนำวัตถุดิบที่ผสมแล้วใส่ใน Hydrothermal Chamber แสดงดังรูปที่ 3 และทำการไฮโดรเทอร์มัล โดยใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (Thai burner 89) ที่สภาวะต่าง ๆ ในหัวข้อที่ 2.2 และตารางที่ 1 จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้

2.2 สภาวะที่ทำการทดลอง

สภาวะที่ทำการทดลองโดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มัล แสดงดังตารางที่ 1 โดยกำหนดให้ค่าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิคงที่เท่ากับ 4 ˚C/min ในทุกการทดลอง



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดลอง

ตารางที่ 1 สภาวะที่ทำการทดลองโดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มัล

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (˚C)	เวลาในการทำปฏิกิริยา (h)	ปริมาณสารเร่ง (ml)	อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (˚C/min)
1	180	4	30	4
2	180	6	30	4
3	180	8	30	4
4	180	4	50	4
5	180	6	50	4
6	180	8	50	4
7	180	4	100	4
8	180	6	100	4
9	180	8	100	4
10	200	4	30	4
11	200	6	30	4
12	200	8	30	4
13	200	4	50	4
14	200	6	50	4
15	200	8	50	4
16	200	4	100	4
17	200	6	100	4
18	200	8	100	4
19	240	4	30	4
20	240	6	30	4
21	240	8	30	4
22	240	4	50	4
23	240	6	50	4
24	240	8	50	4
25	240	4	100	4
26	240	6	100	4
27	240	8	100	4

2.3 การวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส จากวิธีและมาตรฐาน

เซลลูโลส หาค่าโดยใช้วิธี TAPPI T203 OM-88

โฮโลเซลลูโลส หาค่าโดยใช้วิธี Browning in method of wood chemistry

เฮมิเซลลูโลส หาค่าโดยหาผลต่างจาก เซลลูโลส – โฮโลเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิกนิน หาค่าโดยใช้วิธี TAPPI T222 OM-98

2) ทำการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM ยี่ห้อ ZEISS รุ่น EVO MA10)

3) ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทั่วไป (Proximate Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยและปริมาณคาร์บอนคงตัวตามมาตรฐาน ASTM D7582

4) ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Ultimate Analysis วิเคราะห์เพื่อศึกษาหาองค์ประกอบธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ คาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ตามมาตรฐาน ASTM D75573 และวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ ตามมาตรฐาน ASTM D4239

5) วิเคราะห์ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการไฮโดรเทอร์มัลด้วย Bomb Calorimeter ยี่ห้อ Parr รุ่น1341โดยกรรมวิธี isoperibol

6) ทำการคำนวณปริมาณผลผลิตทำได้โดยการนำน้ำหนักของผลผลิตมาคำนวณโดยใช้สมการที่ (1)

$$\%Yield = \frac{W_f}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

โดย W_f คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ และ W_i คือ น้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้น

รูปที่ 2 มูลช้าง จากแหล่งข้อมูล (ปางช้างอยุธยา)

รูปที่ 3 Hydrothermal Chamber

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน ของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรเทอร์มัล 200 ˚C 8 h 100 ml ซึ่งพบมีปริมาณขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิดลดลงเป็นผลมาจากการสลายตัวขององค์ประกอบดังกล่าวโดยกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน

ตัวอย่าง	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน
วัตถุดิบตั้งต้น	35.47	26.16	38.79
HTC 200 ˚C 8 h 100 ml	28.32	22.22	37.12

4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิ

จากการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อปริมาณผลผลิตพบว่า ที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากจากการสลายตัวองค์ประกอบต่างๆของวัสดุชีวมวล เช่น สารระเหยต่างๆ แนวโน้มการลดลงของปริมาณผลผลิตแสดงดังรูปที่ 4

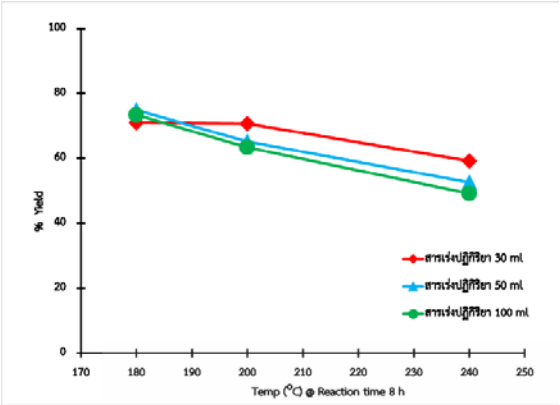
รูปที่ 5 แสดงภาพถ่ายโครงสร้างพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรเทอร์มัล ในสภาวะอุณหภูมิที่ 180 200 และ 240 ˚C โดยระยะเวลาและปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ พบว่าเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นพื้นผิวโครงสร้างมีแนวโน้มในการแตกตัวของผนังเซลล์มากยิ่งขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 180 ˚C ผนังเซลล์มีการแตกตัวเพียงเล็กน้อย ที่อุณหภูมิ 200 ˚C ผนังเซลล์มีการแตกตัวมากขึ้น และที่อุณหภูมิ 240 ˚C ผนังเซลล์มีการแตกมากที่สุดซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของเซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส โดยจะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิช่วง 200-240 ˚C สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. [3]

4.2 ผลกระทบของระยะเวลา

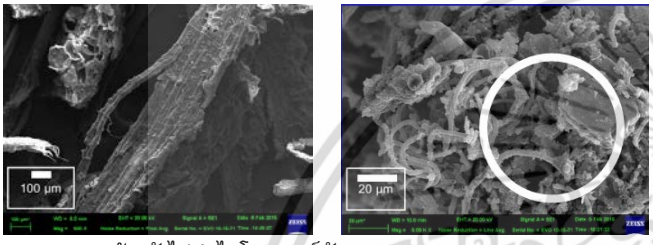
รูปที่ 6 แสดงผลกระทบของระยะเวลาในการไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิตพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการไฮโดรเทอร์มัล ให้นานขึ้น ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนเมื่อถึงระยะเวลาช่วงที่ 6-8 ชั่วโมง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก สาเหตุเพราะ องค์ประกอบที่สลายตัวในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 240 ˚C เช่น ความชื้น สารระเหยต่างๆ รวมถึง เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส สลายตัวไปจนเกือบหมดแล้ว ส่งผลให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. [3] ที่ได้รายงานว่า เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวเกือบทั้งหมดที่อุณหภูมิไม่เกิน 250 ˚C แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตต่อปัจจัยด้านระยะเวลาดัง

รูปที่ 7 แสดงผลของระยะเวลาในการไฮโดรเทอร์มัลต่อพื้นผิวโครงสร้างของวัสดุแหล่งคาร์บอน โดยเป็นการไฮโดรเทอร์มัลที่ระยะเวลาที่ต่างกันคือ 4 และ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิและสารเร่งปฏิกิริยาคงที่ที่ 200 ˚C และ 50 ml ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการไฮโดรเทอร์มัลนานขึ้นโครงสร้างพื้นผิวมีแนวโน้มในการแตกตัวของผนังเซลล์มากยิ่งขึ้น แม้ว่าจากงานวิจัยของ Liu et al. [3] ได้รายงานว่า เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวที่อุณหภูมิช่วง 200-240 ˚C แต่หากระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาไม่นานพอ องค์ประกอบเหล่านั้นก็ไม่สามารถที่จะสลายตัวได้อย่างสมบูรณ์

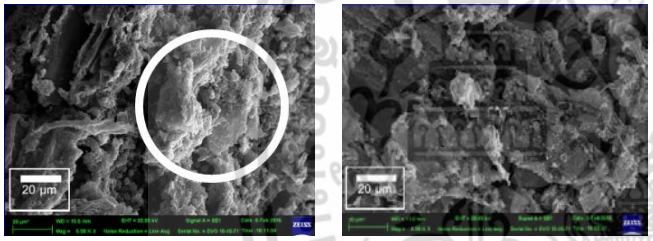
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ผลกระทบของอุณหภูมิในการไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้

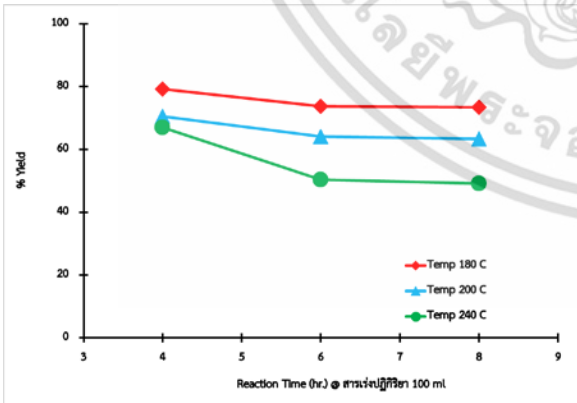


(ก) มูลช้างยังไม่ทำไฮโดรเทอร์มัล (ข) T 180 ˚C 4 h 50 ml



(ค) T 200 ˚C 4 h 50 ml (ง) T 240 ˚C 4 h 50 ml

รูปที่ 5 เปรียบเทียบโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุแหล่งคาร์บอนหลังจากไฮโดรเทอร์มัล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา



รูปที่ 6 ผลกระทบของเวลาในการไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้

4.3 ผลกระทบของปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา

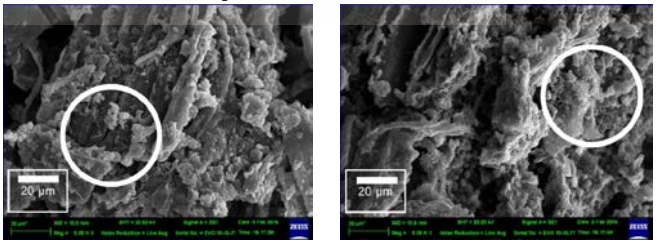
จากการศึกษาถึงผลกระทบจากปัจจัยด้านปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาแล้ว ต่อปริมาณผลผลิต พบว่า ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตเพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 8 จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิต

รูปที่ 9 แสดงภาพโครงสร้างพื้นผิวของผลิตภัณฑ์จากการไฮโดรเทอร์มัลที่มีปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาต่างกันที่ 50 และ 100 ml โดยกำหนดให้อุณหภูมิและระยะเวลาคงที่ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาอนุภาคที่แตกตัวแล้วจะมีขนาดการแตกตัวที่เล็กลงและมีความกลมมากยิ่งขึ้น โดยพบว่าที่สภาวะอุณหภูมิ 200 ˚C ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 100 ml อนุภาคมีการแตกตัวเป็นขนาดเล็กในช่วงประมาณ 1 µm แสดงให้เห็นว่าว่าปริมาณสารเร่งปฏิกิริยามีผลต่อการแตกตัวของโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุชีวมวล โดยส่งผลให้มีการแตกตัวได้ดีและมีความกลมมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ratchahat et al. [4] ที่รายงานว่า สารเร่งปฏิกิริยามีผลต่อขนาดอนุภาคในกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล โดยสารเร่งปฏิกิริยาที่มากขึ้นจะทำให้อัตราการไฮโดรไลซิสสามารถทำได้ดียิ่งขึ้น

4.4 การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทั่วไปองค์ประกอบธาตุของวัตถุดิบตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่จากการเตรียมด้วยการไฮโดรเทอร์มัลที่ 200˚C เป็นเวลา8 ชั่วโมง ใช้สารเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 100 ml แสดงดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 พบว่า การไฮโดรเทอร์มัลส่งผลให้ปริมาณสารระเหยลดลงจากเดิม 76.73 % เป็น 36.50 % และปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มจากเดิม 9.88 % เป็น 10.73 % เนื่องจากระหว่างการไฮโดรเทอร์มัลอาจทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างหรือสารระเหยโดยสลายตัวไปในรูปของเถ้าและก๊าซต่างๆ ส่งผลให้วัสดุแหล่งคาร์บอนที่เตรียมจากมูลช้างโดยการไฮโดรเทอร์มัลมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากขึ้น และปริมาณคาร์บอนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเช่นกัน

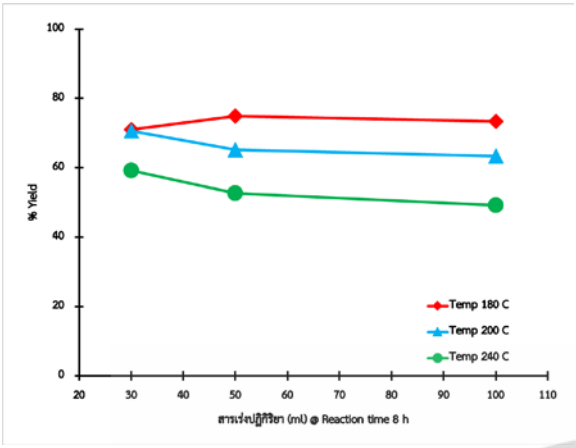
(ก) มูลช้างยังไม่ทำไฮโดรเทอร์มัล



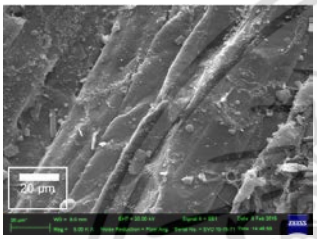
(ข) T 200 ˚C 4 h 50 ml (ค) T 200 ˚C 8 h 50 ml

รูปที่ 7 เปรียบเทียบโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุแหล่งคาร์บอนหลังจากไฮโดรเทอร์มัล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเวลาในการทำปฏิกิริยา

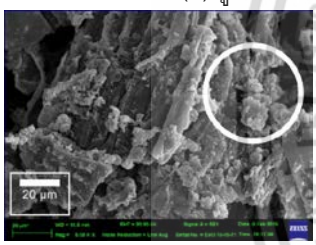
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



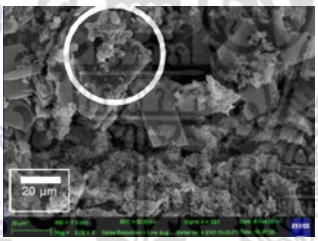
รูปที่ 8 ผลกระทบของปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาในการไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้



(ก) มูลช้างยังไม่ทำไฮโดรเทอร์มัล



(ข) T 200 °C 8 h 50 ml



(ค) T 200 °C 8 h 100 ml

รูปที่ 9 เปรียบเทียบโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุแหล่งคาร์บอนหลังจากไฮโดรเทอร์มัล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยา

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทั่วไปของวัตถุดิบตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรเทอร์มัลที่ 200 °C 8 h สารเร่งปฏิกิริยา 100 ml

ตัวอย่าง	ร้อยละความชื้น	องค์ประกอบแบบประมาณ		
		สารระเหย	เถ้า	คาร์บอนคงตัว
มูลช้าง	7.93	76.23	5.96	9.88
HTC	46.30	36.50	6.47	10.73

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของวัตถุดิบตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรเทอร์มัลที่ 200 °C 8 h สารเร่งปฏิกิริยา 100 ml

ตัวอย่าง	ร้อยละคาร์บอน	ร้อยละไฮโดรเจน	ร้อยละไนโตรเจน	ร้อยละซัลเฟอร์
มูลช้าง	17.05	4.47	0.19	10.88
HTC	18.51	3.90	0.21	11.82

จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของวัสดุแหล่งคาร์บอนจากมูลช้าง พบว่า มูลช้างที่ผ่านการไฮโดรเทอร์มัลที่อุณหภูมิ 200 °C ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 100 ml มีค่าความร้อน เท่ากับ 18.56 MJ/kg โดยเพิ่มขึ้น 66.5% เมื่อเทียบกับมูลช้างที่ใช้เป็นวัตถุดิบซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 11.15 MJ/kg เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่ามีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน โดย Parshetti ; et al. [5] ได้วิเคราะห์ค่าความร้อนของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานน้ำมันปาล์ม ที่ผ่านการไฮโดรเทอร์มัลที่อุณหภูมิ 350 °C ระยะเวลา 20 นาที พบว่ามีค่าการเผาไหม้ที่มากที่สุดเท่ากับ 27 MJ/kg โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 49% และที่อุณหภูมิ 250 °C มีค่าการเผาไหม้เท่ากับ 22.1 MJ/kg ปริมาณผลผลิตเท่ากับ 62%

5. สรุป

จากการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการไฮโดรเทอร์มัลต่อปริมาณผลผลิตพบว่าที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นและการใช้เวลานานขึ้นทำให้ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มที่ลดลง ขณะที่ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยามีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้เล็กน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เวลานานขึ้นและใช้ปริมาณสารเร่งมากขึ้นจะส่งผลของโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุมากขึ้น โดยเมื่อใช้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 100 ml ที่อุณหภูมิ 200 °C เวลาทำปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง จะได้วัสดุแหล่งคาร์บอนที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 1 µm และมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นจากเดิม 66.5% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของมูลช้างที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้ ได้แก่ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ซึ่งสนับสนุนทุนวิจัยส่วนหนึ่งในโครงการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยกระบวนการวัสดุขั้นสูง และขอขอบคุณ บริษัท อินเตอร์ คลินส์ อินดัสตรีส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการติดตั้งและซ่อมบำรุงเตาเผาที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน, ชีวมวล, [Online] Available: http://www.eppo.go.th/energy/Load/ET08.pdf. [Accessed: Apr. 30, 2556].

[2] J.A. Libra et al., “Hydrothermal carbonization of biomass residuals a comparative review of the chemistry processes and applications of wet and dry pyrolysis,” Biofuels, vol. 2, no. 1, pp. 89-124, January 2011.

[3] Z. Liu et al., “Production of solid biochar fuel from waste biomass by hydrothermal carbonization,” Fuel, vol. 103, no. 1, pp. 943-949, April 2009.

[4] S. Ratchahat et al., “Synthesis of carbon microspheres from starch by hydrothermal process,” Science Journal of Ubon Ratchathani University, vol. 2, no. 1, pp. 40-45, November 2010.

[5] G. Parshetti et al., “Chemical structural and combustion characteristics of carbonaceous products obtained by hydrothermal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

carbonization of palm empty fruit bunches," Biosource Technology, vol. 135, no. 1, pp. 683-689, April 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสอนฟังภาษาอังกฤษโดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1

Using Communicative Approach to Uplift TOEIC Proficiency Test on Listening Skill for the 1st Year Engineering Students

บุญชัย คงศักดิ์ตระกูล
สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สภาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง สวนหลวง กทม.10250
boonchai@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 (English for Communication 1) ในปีการศึกษา 2556 จำนวน 60 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling Technique) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ 1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนประจำคาบเรียนการสอนฟังภาษาอังกฤษแบบเน้นการสื่อสาร จำนวน 80 ข้อ 2) แบบทดสอบ TOEIC วัดความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 100 ข้อ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษแบบเน้นการสื่อสาร สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การทดสอบที (t-test) ผลการวิจัย พบว่า การสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) สามารถยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ได้ โดยหลังการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารนักศึกษามีคะแนนที่สูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ นักศึกษามีระดับความพึงพอใจต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32

คำสำคัญ: การสอนฟังภาษาอังกฤษ, วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร, ข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง

Abstract

The purposes of this research were 1) to test the efficiency of communicative approach teaching for TOEIC listening test, 2) to compare students' English listening ability before and after using communicative approach teaching and 3) to study students' opinions toward the teaching materials and methods by using communicative approach teaching. The 60 samples were randomly selected from the 1st year students in faculty of Engineering who enrolled in English for Communication 1 (ENL101) course in 2013 academic year. The research instrument consisted of 1) 80 items of pre-test and post test for 4 types of exercises 2) 100 items of pre-test and post test for TOEIC proficiency test on listening skill 3) the questionnaire surveyed about the students' opinions toward the teaching materials and methods. The t-test was used to analyze the data in order to access the students' English listening ability before and after using communicative approach teaching for TOEIC Listening Test. In addition, the mean and standard deviation were used to evaluate the students' opinions toward the teaching materials and methods. The results of the study were the efficiency in English teaching by using communicative approach was able to uplift 1st year engineering students' proficiency in TOEIC listening skill test taking. The test results which compare the efficiency in English teaching by using communicative approach found that after using communicative approach teaching, the students' post-test score categorized by 4 types of exercises were higher than the students' pre-test score which had statistically significant difference at 0.05 level. In addition, the students' level of satisfaction toward the teaching materials and methods by using communicative approach teaching was at very high level (0.90).

Keywords: Teaching Listening Skills, Using Communicative Approach, TOEIC Proficiency Test on Listening Skill

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เป็นสถาบันการศึกษาที่ได้เปิดสอนเพื่อพัฒนาและผลิตบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถและมีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังได้มีนโยบายให้นักศึกษาพัฒนาศักยภาพในด้านการสื่อสารทั้งภาษาญี่ปุ่นและภาษาอังกฤษ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจึงให้ความสำคัญเป็นอย่างมากกับการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้โดยสถาบันได้เปิดสอนรายวิชาภาษาอังกฤษซึ่งเป็นวิชาบังคับ 3 รายวิชาให้แก่นักศึกษาทุกคณะของสถาบันฯนอกจากนี้ยังเปิดให้นักศึกษาได้เลือกเรียนภาษาอังกฤษในแต่ละสาขาวิชาอีกด้วย (สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 2554: 20) โดยสำนักวิชาพื้นฐานและภาษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นรับผิดชอบในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาภาษาญี่ปุ่นและภาษาอังกฤษให้กับนักศึกษาในทุกคณะของสถาบัน นอกจากนี้ยังได้มีการจัดการเรียนวิชาปรับพื้นฐานภาษาอังกฤษในช่วงก่อนเข้าเรียนจริงและเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ 1 2 3 และวิชาเลือกเสรีภาษาอังกฤษอื่น ๆ เช่น การเตรียมสอบวัดระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษ (ENL-412) เพื่อให้นักศึกษาได้ยกระดับความสามารถทั้งด้านการฟังและการอ่านเพื่อนำไปใช้ในการสอบ TOEIC

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านการฟังโดยใช้เทคนิคการสอนแบบแน้นการสื่อสารหรือ Communicative Approach ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษในรายวิชาอื่นๆ ในการทำการวิจัยครั้งต่อไปเพื่อให้สามารถทำคะแนนการสอบด้านการฟังจากแบบวัด TOEIC ในระยะต่อไปได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร(Communicative Approach)

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร(Communicative Approach)

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร(Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟังของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โดยมีประชากร กลุ่มตัวอย่างและตัวแปรที่ศึกษาดังนี้

ประชากร

นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 (ENL-101) ในปีการศึกษา 2556 จำนวน 300 คน

กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 (ENL-101) ในปีการศึกษา 2556 จำนวน 60 คนได้มาด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling Technique)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ผลการสอนฟังภาษาอังกฤษโดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร

2. ความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟังภาษาอังกฤษของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 (English for Communication1)

3. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารอยู่ในระดับมาก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนประจำคาบเรียนการสอนฟังภาษาอังกฤษแบบเน้นการสื่อสารเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC สำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 8 ชุดซึ่งประกอบด้วย

1. Sentences about Photographs	20 items
2 Stimuli-Response	20 items
3. Short-Conversation	20 items
(10 conversations with 3 questions each)	
4. Short Talks	20 items
(10 talks with 3 questions each)	
Total Score for Listening	80 scores

2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษ 1 ฉบับ จำนวน 100 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 45 นาทีซึ่งประกอบด้วย

1. Sentences about Photographs	10 items
2. Stimuli-Response	30 items
3. Short-Conversation	30 items
(10 conversations with 3 questions each)	
4. Short Talks	30 items
(10 talks with 3 questions each)	
Total Score for Listening	100 scores

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษแบบเน้นการสื่อสาร(Communicative Approach) เพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC สำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ผลการศึกษาผลการสอนการฟังด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิค ด้านทักษะการฟัง

ผลการศึกษาผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) โดยให้กลุ่มตัวอย่างหรือนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1 (ENL-101) ในปีการศึกษา 2556 จำนวน 60 คน ทำแบบทดสอบซึ่งเป็นข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษ TOEIC ด้านทักษะการฟัง (Listening Comprehension) จำนวน 80 ข้อ ประกอบด้วยแบบทดสอบ 4 ส่วนคือ Sentences about Photographs, Stimuli-Response, Short-Conversation และ Short Talks ผลวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคะแนนเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและอันดับคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษ TOEIC ด้านทักษะการฟังประจำคาบเรียน

แบบวัด	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ	อันดับ
Sentences about Photographs	20	16.53	3.03	82.67	1
Stimuli-Response	20	12.58	3.70	62.92	2
Short-Conversation	20	9.93	3.75	49.67	4
Short Talks	20	12.55	4.17	62.75	3

จากผลการวิเคราะห์ ผลการสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษ TOEIC ด้านทักษะการฟัง (Listening Comprehension) พบว่า กลุ่มตัวอย่างทำคะแนนเฉลี่ยสูงเกิน 75.0% ในแบบวัด Sentences about Photographs ซึ่งได้ ร้อยละ 82.67 สูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมา คือ แบบวัด Stimuli-Response ร้อยละ 62.92 และ Short Talks ร้อยละ 62.75 โดยน้อยสุด คือ Short-Conversation ร้อยละ 49.67

ส่วนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำแบบทดสอบโทอิค ด้านทักษะการฟังประจำคาบเรียน

แบบวัด		N	$\overline{X}$	SD.	ผลต่าง $\overline{X}$	ผลต่าง SD.	t.	df	Sig.
Sentences about Photographs	ก่อนเรียน	60	11.33	3.64	5.20	2.56	-15.756	59	0.000*
	หลังเรียน	60	16.53	3.03					
Stimuli-Response	ก่อนเรียน	60	7.97	3.30	4.62	2.82	-12.695	59	0.000*
	หลังเรียน	60	12.58	3.70					
Short-Conversation	ก่อนเรียน	60	6.97	3.24	2.97	2.40	-9.574	59	0.000*
	หลังเรียน	60	9.93	3.75					
Short Talks	ก่อนเรียน	60	8.30	4.64	4.25	2.65	-12.409	59	0.000*
	หลังเรียน	60	12.55	4.17					

* นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการเปรียบเทียบผลของวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิค ด้านทักษะการฟัง พบว่าคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งตรงกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่าความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟังหลังการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟังสูงกว่าก่อนเรียน

ตารางที่ 3 ผลต่างคะแนน TOEIC ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach)

นักศึกษาคนที่	คะแนน TOEIC (495) ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง (D)	นักศึกษาคนที่	คะแนน TOEIC (495) ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง (D)
1	220	265	45	31	110	205	95
2	145	175	30	32	120	165	45
3	105	140	35	33	185	290	105
4	180	195	15	34	175	165	-10
5	185	200	15	35	260	320	60
6	160	210	50	36	210	325	115
7	130	200	70	37	175	160	-15
8	220	240	20	38	135	165	30
9	120	245	125	39	175	230	55
10	130	175	45	40	160	290	130
11	220	280	60	41	115	210	95
12	180	220	40	42	100	290	190
13	160	185	25	43	185	325	140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	110	145	35	44	220	265	45
15	265	310	45	45	130	265	135
16	115	190	75	46	200	335	135
17	190	200	10	47	180	180	0
18	120	185	65	48	135	315	180
19	180	180	0	49	180	210	30
20	145	220	75	50	225	245	20
21	95	155	60	51	205	340	135
22	145	180	35	52	205	325	120
23	135	175	40	53	140	190	50
24	115	200	85	54	180	310	130
25	140	160	20	55	175	305	130
26	160	225	65	56	140	180	40
27	75	190	115	57	120	205	85
28	190	265	75	58	155	265	110
29	195	205	10	59	180	210	30
30	165	195	30	60	155	185	30
คะแนนรวม					9,725	13,580	3,855

ผลการวิเคราะห์ผลต่างคะแนน TOEIC ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) พบว่า หลังเรียนมีคะแนนสูงสุดอยู่ที่ 335 คะแนน และมีคะแนนเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 190 คะแนน และต่ำสุด คือ คะแนนลดลงจากก่อนเรียน 15 คะแนน โดยผลการศึกษา พบว่า มีนักศึกษาจำนวน 2 คน ที่มีผลคะแนนหลังเรียนลดลง และ จำนวน 2 คน ที่มีผลคะแนนเท่าเดิม คิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นคะแนน TOEIC หลังเรียน ร้อยละ 39.64

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนน TOEIC ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach)

คะแนน TOEIC การทดสอบ	N	$\overline{X}$	SD.	ผลต่างคะแนน $\overline{X}$	SD.	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	60	162.08	40.80	64.25	47.61	-10.4 53	59	0.000*
หลังเรียน	60	226.33	56.18					

* นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความแตกต่าง พบว่า ก่อนเรียนนักศึกษามีคะแนน TOEIC เฉลี่ยอยู่ที่ 162.08 คะแนน และหลังเรียนนักศึกษามีคะแนน TOEIC เฉลี่ยอยู่ที่ 226.33 คะแนน ซึ่งก่อนเรียนและหลังเรียนนักศึกษา มีค่าเฉลี่ยคะแนน TOEIC แตกต่างกันที่ 64.25 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 47.61 คะแนน ผลการทดสอบเปรียบเทียบคะแนน TOEIC ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 พบว่า มีค่า t = -10.453, Sig. = 0.000 < 0.05 หรือกล่าวได้ว่า คะแนน TOEIC ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) สามารถยกระดับความสามารถในการสอบ TOEIC ด้านทักษะการฟังของนักศึกษาได้จริง

ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90 เมื่อพิจารณารายคาบ พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทั้ง 8 คาบ โดยสูงสุดอันดับหนึ่ง คือ คาบที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 4.37 รองลงมาคือ คาบที่ 5,6,7 มีค่าเฉลี่ย 4.34

สรุปผลงานวิจัย

ผลการศึกษาวิจัย เรื่องการสอนฟังภาษาอังกฤษโดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิค ด้านทักษะการฟัง พบว่า กลุ่มตัวอย่างทำคะแนนเฉลี่ยสูงเกิน 75.0% ในแบบวัด Sentences about Photographs ซึ่งได้ ร้อยละ 82.67 สูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมา คือ แบบวัด Stimuli-Response ร้อยละ 62.92 และ Short Talks ร้อยละ 62.75 โดยน้อยสุด คือแบบวัด Short-Conversation ร้อยละ 49.67 ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) พบว่า นักเรียนส่วนมากมีความสามารถในการทำคะแนน TOEIC เพิ่มขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนที่ 33.42 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย TOEIC เท่ากับ 162.08 คะแนน ส่วนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มเป็น 44.18 คะแนน และคะแนนเฉลี่ย TOEIC เพิ่มเป็น 226.33 คิดเป็นอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของคะแนนจากก่อนเรียนร้อยละ 32.22 และอัตราการเพิ่มขึ้นคะแนน TOEIC ร้อยละ 39.64 คะแนน TOEIC วัดความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลทดสอบค่าเฉลี่ยความแตกต่าง พบว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนคะแนน TOEIC มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างที่ 64.25 คะแนน และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 47.61 คะแนน ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษด้วยวิธีการสอน

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเน้นการสื่อสาร สามารถยกระดับความสามารถในคะแนน TOEIC นักศึกษาได้จริงอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากผลงานวิจัย พบว่า การสอนฟังภาษาอังกฤษโดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร สามารถยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดของ สุมิตรา อังวัฒนากูล (2535 ก : 8) ที่กล่าวว่าการฟังเป็นกระบวนการของสมองหลายขั้นตอนที่ต่อเนื่องมาจากการได้ยิน ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญาและเป็นความสามารถที่จะรับรู้สิ่งที่ได้ยิน จับความ และตีความของสิ่งที่รับรู้ได้ รวมถึงจดจำนำไปใช้ได้ โดยผลการทดสอบเปรียบเทียบผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิค ด้านทักษะการฟัง พบว่า ก่อนเรียนและหลังเรียนมีคะแนนที่แตกต่างกันโดยหลังจากเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารนักศึกษามีคะแนนที่สูงขึ้น

2. จากผลการวิเคราะห์ ผลการสอนด้วยวิธีการสอนการฟังแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) ในการทำข้อสอบโทอิค ด้านทักษะการฟัง พบว่า นักศึกษาทำคะแนนเฉลี่ยสูงเกิน 75.0% ในแบบวัด Sentences about Photographs ซึ่งได้ ร้อยละ 82.67 สูงสุด เป็นอันดับหนึ่ง รองลงมา คือ แบบวัด Stimuli-Response และ Short Talks โดยน้อยสุด คือ Short-Conversation ตามลำดับ ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดของ แคทลีน (Kathleen 1986 : 76) ที่กล่าวว่า ความแตกต่างของการฟังและการได้ยินว่า การฟังเป็นทักษะที่ได้รับการพัฒนาแล้วโดยที่การฟังจะเกิดขึ้นเมื่อมีสัญญาณเสียงส่งไปยังสมอง สมองรับสัญญาณเสียงนั้นแล้วแปลสัญญาณออกมาเป็นข้อความที่มีความหมาย ทำให้ผู้ฟังเกิดความเข้าใจ ซึ่งนักศึกษาจะทำแบบทดสอบได้ก็ต้องฟังแล้วแปลสัญญาณออกมาเป็นข้อความที่มีความหมาย ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจ

3. จากผลการวิเคราะห์ พบว่า นักศึกษาโดยรวมมีความสามารถในการทำคะแนน TOEIC เพิ่มขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดของ วีณา จันทนาโกเมษ (2530 : 105) ซึ่งกล่าวว่า ในการฟัง ผู้ฟังจะต้องใช้ทักษะความรู้เพื่อช่วยให้เข้าใจสิ่งที่ได้ยินได้ฟังดีขึ้นซึ่งหนึ่งในทักษะนั้นคือ ทักษะในการคาดการณ์ล่วงหน้า (Predictive Skill) โดยมากแล้ว ผู้ฟังจะสามารถเดาได้ว่าผู้พูดนี้ กำลังจะพูดอะไรต่อจากการพูดค้างไว้ โดยเฉพาะการพูดเกี่ยวกับสำนวนต่างๆ สุภาษิต คำพังเพย และการพูดที่มีคำเชื่อม เพราะคำเชื่อมจะแสดงความสัมพันธ์ของเนื้อความในประโยคหน้าและประโยคหลัง ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ทักษะการคาดการณ์ล่วงหน้ารวมถึง การที่ผู้ฟังจะคาดการณ์อย่างคร่าวๆ ว่าตนกำลังจะได้ฟังเรื่องอะไร หรือบทสนทนาเกี่ยวกับอะไร โดยอาจคาดการณ์ได้จากหัวข้อ เรื่อง รูปภาพ ตาราง และความรู้รอบตัวที่ผู้ฟังมีอยู่ โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิมทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ฟังและอ่าน จดจำสิ่งที่เรียนดีขึ้นและสามารถทำคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากเกณฑ์กำหนด โดยผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร (Communicative Approach) มีอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของคะแนนจากก่อนเรียนร้อยละ 32.22 และอัตราการเพิ่มขึ้นคะแนน TOEIC ร้อยละ 39.64

4. จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ความสามารถในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง หลังการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารในการทำข้อสอบโทอิคด้านทักษะการฟัง โดยผลการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร พบว่า คะแนนความสามารถในการฟังภาษาอังกฤษก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสาร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดของ วอลเลตและดิสิค (Valette and Disick,1972:168) ที่กล่าวว่า วิธีการสอนภาษาอังกฤษที่ออกแบบมาเป็นวิธีการเรียนการสอนที่เน้นการฝึกหัดตามความรู้ความสามารถของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความชำนาญในทักษะภาษาที่ต้องการทำให้สามารถทำแบบทดสอบหลังการเรียนได้เพิ่มมากขึ้น

5. จากการวิเคราะห์ พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนแบบเน้นการสื่อสารอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC ในระดับดีมากที่สุด ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ โอ (Ou,1993:2348-A) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการฟังภาษาอังกฤษ กับแรงจูงใจของนักศึกษา พบว่า แรงจูงใจมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาบางเรื่อง กล่าวคือ การเรียนบางเรื่องอาจต้องใช้แรงจูงใจมากกว่าการเรียนเรื่องอื่น ประสิทธิภาพการสอนของครูมีผลต่อการส่งเสริมแรงจูงใจของผู้เรียน โดยผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อวิธีการสอนฟังภาษาอังกฤษเพื่อยกระดับความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC อยู่ในระดับมากที่สุด โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90

โดยผลวิเคราะห์ด้านสื่อการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด โดยในรายด้าน พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 2 ประเด็น โดยสูงสุด คือ ด้านขนาดตัวอักษรของสื่อที่นำมาสอนอ่านง่าย รองลงมา สื่อการเรียนการสอนมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลากหลาย และมีความพึงพอใจในระดับมาก คือ รูปภาพที่นำมาประกอบการเรียนการสอนชัดเจนและเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดของวีณา จันทนาโกเมษ (2530 : 105) ซึ่งกล่าวว่า ในการฟัง ผู้ฟังจะต้องใช้ทักษะ ความรู้เพื่อช่วยให้เข้าใจสิ่งที่ได้ยินได้ฟังดีขึ้น อันได้แก่ สื่อทางตาที่จะช่วยในการฟัง (Visual Help) ผู้ฟังมีสื่อทางตาหลายชนิดที่จะช่วยเสริมสร้างให้มีความเข้าใจเนื้อหาที่ฟังหรือการสนทนาได้ดีขึ้น อันได้แก่ รูปภาพ ภาพถ่าย ภาพนิ่ง แผนที่ และแผนภูมิ แล้วยังรวมหมายถึงสีหน้า ท่าทาง อากัปกิริยาอื่นๆ ของผู้พูดด้วย และพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดของ รอสท์ (Rost 1994 : 146) ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะในการสอนทักษะการฟังแก่ครูผู้สอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศว่า ควรจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้เป็นกันเอง พยายามให้หัวเรื่องที่สอนอยู่ในความสนใจของนักเรียน ให้นักเรียนมั่นใจว่าใช้ภาษาอังกฤษได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะฟัง หาโอกาสให้นักเรียนได้ฟังการพูดจากเจ้าของภาษาอาจฟังจากตัวผู้พูดหรือจากสื่อต่างๆ ฟังเพื่อความเข้าใจสิ่งที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน ให้ผู้เรียนมีอิสระที่จะเลือกฟังด้วยตนเองนอกห้องเรียน ซึ่งปัจจุบันมีสื่อนอกชั้นเรียนมากมายที่เป็นประโยชน์ในการฝึกทักษะการฟังภาษาอังกฤษ โดยเฉพาะในอินเตอร์เน็ทที่นักศึกษาสามารถฝึกทักษะการฟังนอกชั้นเรียนได้และมีอิสระที่จะเลือกฟังด้วยตนเองตามความสนใจของแต่ละคน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ มอร์เลย์ (Morley 1971, quoted in Paulston and Bruder 1979 :129) ซึ่งเสนอหลักเกณฑ์ทั่วๆไปในการสร้างแบบฝึกการฟังว่า บทเรียนการฟังควรมีการวางแผนการสร้างอย่างระมัดระวัง ซึ่งมอร์เลย์กล่าวว่า ภาระงานการฟังควรเริ่มจากง่ายไปยากตามความสามารถด้านภาษาของผู้เรียน

เอกสารอ้างอิง

[1] วีณา จันทนาโกเมษ. “จะสอนอะไรในชั่วโมงการฟัง.” ภาษาปริทัศน์ 8, 1 (ภาคต้น ปีการศึกษา 2530) : 104 – 114

[2] สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. (2554). *คู่มือนักศึกษาประจำปีการศึกษา 2554*. กรุงเทพมหานคร.

[3] สุมิตรา อังวัฒนกุล. ก *วิธีการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

[4] Ou, Hung-Chang. “A study of the relationship between T English listening Comprehension and student motivation.” Dissertation Abstracts International 33 (September 1993): 2348-A

[5] Paulston, Christina Bratt, and Marry Newton Bruder. Teaching English as a Second Language Techniques and Procedures. Cambridge : Wintrop Publisher Inc., 1979.

[6] Rost, Micheal. Listening in Action. London: Prentice-Hall Ltd., 1994

[7] Valette R.M. and R.S. Disick. Modern Language Performance Objectives and Individualizations. New York : Harcourt Brace Jovanovich Inc., 1972

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

วิภาณี เพ็งเนตร
สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง แขวงสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
wipanee@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยเสริมในการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ การฟัง การพูด การอ่านและการเขียน ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 2) เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยเสริมในการเรียนภาษาอังกฤษตามเพศ และคณะที่ศึกษา และ3) เพื่อศึกษาข้อเสนอแนะเพิ่มเติมนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ภาคการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 296 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling Technique) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษามีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก 2) นักศึกษาเพศชายและนักศึกษาเพศหญิงมีความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษโดยรวมไม่แตกต่างกัน 3) นักศึกษาที่ศึกษาคณะแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 4) นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ดังนี้ การนำข่าวภาษาอังกฤษมาสอนในชั้นเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ ควรจัดกิจกรรมออกค่ายภาษาอังกฤษกับมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อฝึกภาษาอังกฤษในสถานการณ์จริง และควรมีการแข่งขันทางภาษาอังกฤษต่างๆ

คำสำคัญ: ปัจจัยเสริมในการเรียนภาษาอังกฤษ, การเรียนการสอนภาษาอังกฤษ

Abstract

The purposes of this research were as follows: 1) to study enhanced factors to uplift TNI students' four skills of English communication 2) to compare enhanced factors according to genders and faculties and 3) to study supplemental opinions and suggestions towards English teaching-learning techniques. Research samples were 296 students at Thai-Nichi Institute of Technology in 2012 academic year, derived through Simple Random Sampling Technique. The instrument used for gathering the data were the questionnaire with rating-scale and open-ended questions. Statistic used for analyzing the data were frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, F-test and content analysis. Research findings were as follows: 1) In overall, students had a high level of enhanced factors to uplift TNI students' four skills of English communication; 2) Students with different genders had no statistically significant differences in overall and in each aspect; 3) Students with different faculties had statistically significantly differences in all and in each aspect at .01 level; and 4) The students gave various suggestions as follows: using English news in classroom will be useful for English teaching-learning process; English camp is recommended to help students practice English in real situation; and contests in English, such as speech contest, will uplift students' English skills.

Keywords: Learning Factors, Teaching-Learning Process

1. บทนำ

ชีวิตของคนไทยต้องเกี่ยวข้องกับภาษาอังกฤษเกือบตลอดเวลาอย่างไม่มีทางหลีกเลี่ยง ดังนั้นการเรียนรู้ภาษาอังกฤษจึงจำเป็นสำหรับเยาวชนไทยอย่างมาก ภาษาอังกฤษจึงเข้ามามีบทบาทในหลักสูตรทุกระดับ ไม่ว่าในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษา ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาศักยภาพของทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพทางด้านวิชาการให้ทัดเทียมกับมาตรฐานสากล โดยมุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนภาษาต่างประเทศโดยเฉพาะภาษาอังกฤษให้มีคุณภาพเพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าวิทยาการใหม่ๆ เพื่อการเล่าเรียนและการประกอบอาชีพในอนาคต ทั้งนี้เพื่อให้สถาบันอุดมศึกษาต่างๆ สามารถผลิตบัณฑิตที่มีความรู้กว้างขวาง มีโลกทัศน์กว้างไกล เป็นผู้ใฝ่รู้ สามารถคิดอย่างมีเหตุผล ใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต [1] จึงกล่าวได้ว่า การที่บุคคลมีความรู้ความสามารถทางภาษาอังกฤษจึงได้เปรียบทุกด้าน โดยเฉพาะประเทศไทยที่มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ การเมือง และสังคม จึงมีความจำเป็นต้องใช้ภาษาอังกฤษในการติดต่อสื่อสารกับต่างประเทศมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับเมอเร่ [2] ที่กล่าวไว้ว่า นักศึกษาไม่สามารถประสบความสำเร็จในการศึกษาได้ หากการเรียนรู้ภาษากับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนรู้เนื้อหาวิชาถูกแยกจากกันโดยสิ้นเชิง เพราะภาษาไม่ใช่เพียงแค่สื่อในการถ่ายทอดเนื้อหา แต่ภาษาเป็นสิ่งที่ควรเรียนรู้พร้อมๆ กับการเรียนรู้เนื้อหา กล่าวโดยสรุปคือ การที่นักศึกษาเข้าใจภาษาจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้นและเกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้เมื่อนักศึกษามีความตั้งใจที่จะนำวิธีการเรียนรู้จากวิชาหนึ่งไปต่อยอดกับอีกวิชาหนึ่ง

ปัจจัยเสริมในการเรียนภาษานั้น ประยุกต์มาจากทฤษฎีของ Frederick Herzberg มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น “motivation-maintenance theory” หรือ “dual factor theory”หรือ“the motivation-hygiene theory” ซึ่งแบ่งออกเป็นปัจจัยหลายๆอย่างที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ปัจจัยจูงใจ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนโดยตรง เป็นการกระตุ้นให้เกิดความพึงพอใจแก่นักศึกษาให้เรียนภาษาอังกฤษได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะเป็นปัจจัยที่ตอบสนองความต้องการภายในได้ด้วย

2. ปัจจัยค้ำจุน หมายถึง ปัจจัยที่จะค้ำจุนให้แรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษามีอยู่ตลอดเวลา

ตัวอย่างปัจจัยเสริมในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษที่มีประสิทธิภาพคือ เอ็มเลินนิ่ง (m-Learning) หรือการเรียนการสอนผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ดังนั้น เอ็มเลินนิ่ง จึงหมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยอาศัยโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นสื่อในการเรียนรู้ที่ติดต่อระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ซึ่งสามารถสื่อสารได้ด้วยเสียง ภาพ ภาพเคลื่อนไหว ที่หน้าจอภาพของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เป็นการศึกษาทางไกลแบบสองทาง ซึ่งการจัดการเรียนการสอนผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นสิ่งท้าทายใหม่ในระบบการศึกษาไทยในโลกยุคที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาเป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารที่มีประจำตัวกันทุกคน การจัดการศึกษาผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่จึงมีช่องทางมากมาย เป็นสื่อเสริมการเรียนรู้ให้นักศึกษาได้อยู่บนฐานของการเรียนรู้

จากการเรียนการสอนภาษาอังกฤษที่ผ่านมาในอดีตจนถึงปัจจุบัน อาจารย์ภาควิชาภาษาอังกฤษ สำนักวิชาพื้นฐานและภาษาได้ให้ความสำคัญกับทักษะทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ทักษะการฟัง ทักษะการพูด ทักษะการอ่าน และทักษะการเขียน อย่างไรก็ตามความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ ฉะนั้นหากไม่ปรับวิธีการเรียนการสอนภาษาอังกฤษจะเป็นปัญหากับนักศึกษาไทยต่อไป

จากสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผนวกกับอยู่ระหว่างการเตรียมตัวเข้าสู่ประชาคมอาเซียน (ASEAN Economic Communities) ในปี พ.ศ. 2558 ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของภาษาอังกฤษและเห็นว่าปัญหาของการจัดการเรียนการสอนภาษาอังกฤษมีมานาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการสำรวจประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เพื่อให้อาจารย์ของแผนกวิชาภาษาอังกฤษ สำนักวิชาพื้นฐานและภาษาทุกคน พัฒนาคุณภาพด้านการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ ซึ่งหลังจากการสำรวจผู้วิจัยนำข้อมูลมาประมวลผลเพื่อที่จะได้นำไปประยุกต์กับการการเรียนการสอนภาษาอังกฤษในชั้นเรียนเพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ภาษาอังกฤษในการดำรงชีวิตประจำวันได้ดีขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยเสริมในการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ การฟัง การพูด การอ่านและการเขียนของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

2. เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยเสริมในการเรียนภาษาอังกฤษตามเพศ และสาขาวิชาเอก

3. เพื่อศึกษาข้อเสนอแนะเพิ่มเติมนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2555 กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Krejcie & Morgan [3] โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ ตามสัดส่วนของนักศึกษาในแต่ละสาขาวิชาเอก ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 296 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เพื่อสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นต่อประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ เป็นแบบสอบถามจำนวน 1 ชุด แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น แบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check Lists)

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เป็นคำถามที่ครอบคลุมเนื้อหา 4 ด้าน ได้แก่ ปัจจัยเสริมด้านทักษะการฟัง ปัจจัยเสริมด้านทักษะการพูด ปัจจัยเสริมด้านทักษะการอ่านและปัจจัยเสริมด้านทักษะการเขียน โดยแบบสอบถามเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) มี 5 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ตาราง 1 แสดงจำนวนแล ะร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศและคณะที่ศึกษา

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
- ชาย	176	59.50
- หญิง	120	40.50
รวม	**296**	**100**
2. คณะที่ศึกษา		
- วิศวกรรมศาสตร์	93	31.40
- บริหารธุรกิจ	104	35.20
- เทคโนโลยีสารสนเทศ	99	33.40
รวม	**296**	**100**

จากตาราง 1 พบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เป็นเพศชาย จำนวน 176 คน คิดเป็นร้อยละ 59.50 ที่เหลือเป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นเพศหญิง จำนวน 120 คน คิดเป็นร้อยละ 40.50

ส่วนใหญ่ เป็นนักศึกษาที่ศึกษาคณะบริหารธุรกิจ จำนวน 104 คน คิดเป็นร้อยละ 35.20 คน เป็นนักศึกษาที่ศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 99 คน คิดเป็นร้อยละ 33.40 และน้อยที่สุด เป็นนักศึกษาที่ศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 31.40

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน

ด้าน	รายการ	n = 296 $\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1.	ปัจจัยเสริมด้านทักษะการฟัง	3.82	0.62	มาก
2.	ปัจจัยเสริมด้านทักษะการพูด	3.66	0.69	มาก
3.	ปัจจัยเสริมด้านทักษะการอ่าน	3.79	0.63	มาก
4.	ปัจจัยเสริมด้านทักษะการเขียน	3.83	0.65	มาก
	รวม	**3.77**	**0.59**	**มาก**

จากตาราง 2 พบว่านักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.77) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกด้าน ด้านสูงสุด ได้แก่ ปัจจัยเสริมด้านทักษะการเขียน ($\bar{x}$ = 3.83) รองลงมาได้แก่ ปัจจัยเสริมด้านทักษะการฟัง ($\bar{x}$ = 3.82) ปัจจัยเสริมด้านทักษะการอ่าน ($\bar{x}$ = 3.79) และ ปัจจัยเสริมด้านทักษะการพูด ($\bar{x}$ = 3.66) ตามลำดับ

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามเพศ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน

ด้าน	รายการ	ชาย (n = 176) $\bar{x}$	S.D.	หญิง (n = 120) $\bar{x}$	S.D.	t	Sig.
1.	ทักษะการฟัง	3.84	0.59	3.78	0.66	0.47	0.37
2.	ทักษะการพูด	3.70	0.66	3.59	0.73	0.45	0.19
3.	ทักษะการอ่าน	3.81	0.62	3.76	0.65	0.84	0.51
4.	ทักษะการเขียน	3.84	0.64	3.81	0.67	0.38	0.68
	รวม	**3.80**	**0.58**	**3.73**	**0.61**	**0.72**	**0.36**

จากตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามเพศ พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักศึกษาเพศชายมีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษโดยรวม ในระดับสูงกว่านักศึกษาเพศหญิง ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ ในด้านต่างๆ แตกต่างกัน

ตาราง 4 ผลการทดสอบความแตกต่างของความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามคณะที่ศึกษา เป็นรายคู่

รายการ	ENG (n = 93) $\bar{x}$	S.D.	BA (n = 104) $\bar{x}$	S.D.	IT (n = 99) $\bar{x}$	S.D.	F	Sig.
การฟัง	3.80	0.59	3.64	0.60	4.02	0.61	10.35	0.00*
การพูด	3.60	0.73	3.48	0.68	3.90	0.59	10.50	0.00*
การอ่าน	3.77	0.65	3.60	0.64	4.01	0.54	11.01	0.00*
การเขียน	3.78	0.67	3.68	0.69	4.02	0.54	7.62	0.00*
รวม	**3.74**	**0.60**	**3.60**	**0.59**	**3.99**	**0.51**	**12.01**	**0.00***

จากตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามคณะที่ศึกษา โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาที่คณะต่างกันมีความต้องการปัจจัยเสริมในการเรียนภาษาอังกฤษในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน ส่วนรายด้าน พบว่าทั้ง 4 ด้าน นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหา และการจัดลำดับความถี่ ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	จำนวน	ความถี่	ร้อยละ
ความคิดเห็น	**35**		44.30
1.มีการสอนนอกเวลาทุกอาทิตย์เพื่อเสริมความเข้าใจในการเรียนภาษาอังกฤษให้มากยิ่งขึ้น		13	16.45
2. การนำข่าวภาษาอังกฤษมาสอนในชั้นเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ		10	12.66
3. มีการทดสอบหลักการเขียนให้ถูกต้องและแม่นยำและสามารถนำไปใช้กับการใช้ไวยากรณ์ของภาษาอังกฤษได้ดียิ่งขึ้น		7	8.86
4. มีการสอนฟังกับอาจารย์ชาวต่างชาติให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มทักษะการฟัง		5	6.33
ข้อเสนอแนะ	**44**		55.70
6. ควรใช้ภาพยนตร์เป็นสื่อในการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกฟังสำเนียง		17	21.52
7. ควรจัดกิจกรรมออกค่ายภาษาอังกฤษกับมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อฝึกภาษาอังกฤษในสถานการณ์จริง		12	15.19
8. ควรจัดประกวดการเขียนเรียงความเป็นภาษาอังกฤษ		9	11.39
9. ควรบังคับให้ใช้ภาษาอังกฤษกับเพื่อนในห้องทุกคาบ		4	5.06
10. ควรเพิ่มชั่วโมงการสนทนากับอาจารย์ชาวต่างชาติ		2	2.54

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ปัจจัยเสริมด้านทักษะการเขียน ปัจจัยเสริมด้านทักษะการฟัง ปัจจัยเสริมด้านทักษะการอ่าน และปัจจัยเสริมด้านทักษะการพูด

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามเพศ พบว่านักศึกษาเพศชายและนักศึกษาเพศหญิง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาเพศชายและนักศึกษาเพศหญิง มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ ในด้านต่างๆ แตกต่างกัน

3. ผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามคณะที่ศึกษา พบว่านักศึกษาที่ศึกษาคณะต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษโดยภาพรวมทั้ง 4 ด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาที่ศึกษาคณะต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษในด้านต่างๆ แตกต่างกัน โดยภาพรวม นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่นมีความคิดเห็นโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวน 2 คู่ ได้แก่

คู่ที่ 1 นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาตร์กับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

คู่ที่ 2 นักศึกษาคณะบริหารธุรกิจกับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

3. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ สรุปได้ดังนี้

นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำนวน 79 คน โดยแบ่งเป็นความคิดเห็น 35 คน คิดเป็นร้อยละ 44.30 และข้อเสนอแนะ 44 คน คิดเป็นร้อยละ 55.70

นักศึกษาส่วนใหญ่ได้ให้ความคิดเห็นว่า ให้มีการสอนนอกเวลาทุกอาทิตย์เพื่อเสริมความเข้าใจในการเรียนภาษาอังกฤษให้มากยิ่งขึ้น จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 16.45 รองลงมา ได้แก่ การนำข่าวภาษาอังกฤษมาสอนในชั้นเรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.66 และน้อยที่สุด คือ มีการสอนฟังกับอาจารย์ชาวต่างชาติให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มทักษะการฟัง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 6.33

ด้านข้อเสนอแนะ นักศึกษาส่วนใหญ่เสนอว่าควรใช้ภาพยนตร์เป็นสื่อในการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกฟังสำเนียง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 21.52 รองลงมา ได้แก่ ควรจัดกิจกรรมออกค่ายภาษาอังกฤษกับมหาวิทยาลัยต่างๆ เพื่อฝึกภาษาอังกฤษในสถานการณ์จริง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 15.19 และน้อยที่สุด คือ ควรเพิ่มชั่วโมงการสนทนากับอาจารย์ชาวต่างชาติ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิปรายผล

จากสรุปผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. จากผลการวิจัยความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.77) ซึ่งปัจจัยเสริมที่แสดง จึงอาจกล่าวได้ว่าการสาธิตหรือฝึกทักษะให้เห็นกระบวนการหรือวิธีการจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจการเรียนได้ดียิ่งขึ้น ช่วยจูงใจในการเรียนรู้และทำให้จำหัวข้อสำคัญหรือเนื้อหาวิชาได้มากขึ้น

2. จากผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามเพศ พบว่า นักศึกษาที่มีเพศต่างกันมีความคิดเห็นต่อต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษโดยภาพรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลวิจัยไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า นักศึกษาเพศชายและนักศึกษาเพศหญิง มีความคิดเห็นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษในด้านต่างๆ แตกต่างกัน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของอรุณี วิริยจิตรา [4] ที่กล่าวว่า ความแตกต่าง ระหว่างเพศจริงๆ มีน้อยมาก อาจารย์ผู้สอนต้องสอนนักศึกษาทั้งเพศชายและเพศหญิงให้มีความสามารถเท่าเทียมกัน และไม่ควรตั้งความคาดหวังว่าเพศหนึ่งเพศใดจะดีเด่นกว่ากัน สอดคล้องกับ สเตรฟเฟ่น [5] ที่ศึกษาเรื่องกิจกรรมเสริมในการเรียนภาษาอังกฤษ ด้านทักษะการฟัง การพูด การอ่านและการเขียน ที่พบว่า การเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการสอนฟังภาษาอังกฤษจะต้องคำนึงถึงตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งการที่ผู้เรียนได้ฟังสิ่งที่ตรงกับความต้องการและเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนจะทำให้การเรียนการสอนฟังบรรลุจุดประสงค์ได้รวดเร็วขึ้น

3. จากผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามคณะที่ศึกษา พบว่า นักศึกษาที่คณะต่างกัน นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ได้ตั้งไว้ว่า นักศึกษาที่คณะต่างกันมีความต้องการปัจจัยเสริมในการเรียนภาษาอังกฤษในแต่ละด้านและโดยรวมแตกต่างกัน ส่วนรายด้าน พบว่าทั้ง 4 ด้าน นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะว่านักศึกษามีความคิด ทัศนคติ และแรงจูงใจแตกต่างกัน เพราะว่าแรงจูงใจเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความพร้อมในการเรียนและช่วยให้ผู้เรียนสามารถไปสู่จุดหมายปลายทางที่คาดหวังได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเอ็นท์วิสเทิล [6] ที่ให้ความเห็นว่า แรงจูงใจ ผู้เรียนจะประสบผลสำเร็จในการเรียนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับแรงจูงใจกล่าวคือผู้เรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนสูงนอกจากจะสามารถเรียนรู้ได้แล้ว ยังประสบผลสำเร็จในการเรียนได้มากกว่าผู้เรียนที่ขาดแรงจูงใจหรือมีแรงจูงใจในการเรียนต่ำ

ข้อเสนอแนะ

จากผลวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณาและมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อพิจารณาเพื่อเป็นประโยชน์ต่ออาจารย์ผู้สอนระดับมหาวิทยาลัยและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการที่จะสร้างปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยรวมและในแต่ละด้าน ดังนี้

1.1 เนื่องจากผลวิจัยพบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษโดยภาพรวมทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าอาจารย์สำนักวิชาพื้นฐานและภาษามีความรู้เชี่ยวชาญในเรื่องเนื้อหารายวิชาที่สอน มีการฝึกสร้างสถานการณ์จำลองในห้องเรียนเพื่อฝึกการฟัง มีการใช้อุปกรณ์ช่วยในการฝึกพูดภาษาอังกฤษในชั้นเรียน เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องเล่น VCD/DVD มีกลยุทธ์ในการฝึกอ่านที่หลากหลาย และมีการฝึกการเขียนอย่างเป็นอิสระมากกว่าการควบคุมเพื่อให้นักศึกษาได้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ดังที่สุภัทรา อักษรานุเคราะห์ [7] กล่าวว่า วัตถุประสงค์หลักของการสอนภาษาอังกฤษนั้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้ภาษาที่เรียนได้อย่างคล่องแคล่ว และสามารถใช้ภาษานั้นได้เป็นที่เข้าใจ ซึ่งการทำความเข้าใจรูปแบบของภาษาต่างประเทศเป็นงานที่ยากที่สุดอย่างหนึ่งของผู้เรียนภาษา ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องเตรียมการสอนอย่างรอบคอบ เนื่องจากทักษะภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน มีความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพในการสื่อสาร

1.2 จากผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามเพศ พบว่า นักศึกษาเพศชายและเพศหญิงมีความคิดเห็นต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ โดยภาพรวมและรายด้านมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น อาจารย์ผู้สอนภาษาอังกฤษจึงควรหากลยุทธ์และวิธีในการพัฒนาปัจจัยเสริมด้านทักษะการฟัง พูด อ่านและเขียนยิ่งขึ้นไป

1.3 จากผลการเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีต่อปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ จำแนกตามคณะที่ศึกษา โดยภาพรวม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านทักษะการฟัง ด้านทักษะการพูด ด้านทักษะการอ่านและด้านทักษะการเขียน นักศึกษามีความคิดเห็นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น อาจารย์ผู้สอนภาษาอังกฤษจึงควร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาเทคนิคและกิจกรรมเสริมเพื่อสอนภาษาอังกฤษทั้ง 4 ทักษะให้กับนักศึกษาในแต่ละคณะอย่างเหมาะสม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยเปรียบเทียบปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการยกระดับความสามารถในการเรียนภาษาอังกฤษ ตามความคิดเห็นของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยอื่นๆ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ต่างจังหวัด

2.2 ควรมีการวิจัยคุณลักษณะของอาจารย์ในแต่ละด้านในรูปแบบเชิงลึก เช่น คุณลักษณะด้านการเรียนการสอนก็ควรมีการศึกษาถึงรูปแบบ วิธีการเรียนและเทคนิคการสอนที่มีความเหมาะสมกับคุณลักษณะของเนื้อหาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านภาษาอังกฤษและภาษาญี่ปุ่นเนื่องจากมีรูปแบบการเรียนการสอนที่ค่อนข้างแตกต่างกันอย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] อดุลย์ วิริยเวชกุล. **สะท้อนแนวความคิดการศึกษาไทย: ปัจจุบันและอนาคต.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เจริญดีการพิมพ์, 2541.

[2] Murray, Donald**. Write to Learn**. New York: Holt, Rinehard and Weber, 1987.

[3] บุญชม ศรีสะอาด. **การวิจัยเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2553.

[4] อรุณี วิริยจิตรา. **การเรียนการสอนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2532.

[5] Strevens, P. **Teaching English as an International Language: From Practice to Principle**. New York: Pergamon Press, 1980.

[6] Entwistle, N.J. **Supporting students' frameworks for conceptual understanding: knowledge objects and their implications in Improving Student Learning: Improve Students as Learners**, Ed. C. Rust, pp. 206-214, Oxford: Oxford Brookes University, 1988.

[7] สุภัทรา อักษรานุเคราะห์. **การสอนทักษะทางภาษาและวัฒนธรรม.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factors Affecting English Speaking Problems among Engineering Students at Thai-Nichi Institute of Technology

Supatsorn Jindathai

College of General Education and Languages
Thai-Nichi Institute of Technology
1771/1 Pattanakarn Road, Suanluang, Bangkok 10250 Thailand
supatsorn@tni.ac.th

***Abstract*— The aim of this study is to identify the factors which affect English speaking problems among engineering students at Thai-Nichi Institute of Technology (TNI). This study looked at five aspects: attitude, motivation, personality, exposure to English, and management in teaching and learning English. The study also examines the comparison of the causes of English speaking problems according to students' gender. Self-compiled questionnaires were distributed to 154 first-year and second-year engineering students and conducted during the first semester of the academic year of 2013 at TNI. Stratified random sampling technique was applied. Statistics used for analysing the data were frequency, percentage, mean, standard deviation, and t-test. The findings showed that the main causes of the students' English speaking problems were management in teaching and learning English, exposure to English, and personality. These factors were identified at a moderate level. However, motivational and attitude factors were identified at a low level of problem. This present study discusses these findings and makes implications for increasing students' opportunity to acquire a higher level of English speaking proficiency.**

***Keywords*— factors affecting English speaking problems, causes of English speaking problems, teaching and learning English speaking, engineering students, speaking and listening problems**

I. Introduction

This year, in 2015, Thailand will be officially integrated with ASEAN Economic Community (AEC). AEC 2015 is significant to the Thai economy as entrepreneurs in ten member countries can invest anywhere in these countries. Consequently, there will be a free flow of goods, services and skilled workforce [1]. In terms of a common language of communication for AEC members, all ten members have agreed to use English as an official language for business. Moreover, English is cited as the major language of international business, diplomacy, science and professionals [2]. In the field of engineering English language is an important language tool for communication between different cultures where English is not a native tongue [3].

However, there are numerous articles, reports, research, etc. from various Thai and foreign organisations that have criticised English language communication abilities of graduate employees. For example, one of the directors of the Academic Training Section of the Tourist Authority of Thailand stated that Thai graduates have a weak command of English. Another case in the information technology sector, Dr. Rom Hiranyapruk, director of Thai Software Park, stated that Thais have high proficiency in technology but their English competence is below the average level. Lastly, companies that have employed graduates from TNI and other universities have also made comments about the low level of English communication ability of these graduate employees.

What has caused the difficulties in learning English, more specifically English speaking among Thai learners? Research in Thailand has been carried out to investigate the factors which affect a low proficiency level of English communication skills among school and university students. Examples are Mokkarawat [4], Muangmood [5], Wanthanasut [6], etc. however the samples of these studies were not in the field of engineering. There has been very little empirical research investigating the factors which affect the English speaking problems of engineering students. This research decided to undertake an investigation to identify the causes of speaking difficulties faced by engineering students. This could serve as a reference for instructors and syllabus designers at TNI to improve teaching and learning English with regard to speaking skills.

This study seeks to investigate and answer the following questions.

1. Which factors affect English speaking problems among engineering students at Thai-Nichi Institute of Technology?
2. Are there any differences in the factors affecting English speaking problems between male and female students at Thai-Nichi Institute of Technology?

II. Literature Review

There are several factors that lead to a poor English speaking performance even though the students have been studying English for more than ten years. This present study considers five causes of problem. The first is the students'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

attitude, the second is the students' motivation, next is the students' personality, followed by the level of the students' exposure to English, and finally management in teaching and learning English.

1. Attitude

Rubin & Thomspson [7] defines attitude as one of the key factors that influences success or failure for language learners. There is a clear relationship between attitude and achievement in learning a language. A positive attitude will help learners to achieve their goals. Holmes [8] concludes in his study that when language learners have a positive attitude towards a target language, they will be successful in acquiring a target language. On the other hand, Gardner & Lambert [9] state that learners with a negative attitude do not put in the effort required to learn the language. Moreover, Littlewood [10] concludes that a bad attitude produced a barrier to the learning process. Consequently, they will lose interest in learning. Studies in Thailand have supported the adverse consequences of Thai learners, Mokkarawut [4], Muangmood [5], Wanthanasut [6]. For example, Mokkarawut's research revealed that a negative attitude could lead Thai learners to avoid speaking activities in the classroom. As a result, their communication skills were limited and that they were afraid to speak English.

2. Motivation

The term motivation has been defined differently by different schools of thought. In second and foreign language learning, Gardner [11] defines motivation as 'the extent to which an individual works or strives to learn the language because of a desire to do so and the satisfaction experienced in this activity (p.10)'. Oxford & Shearin [12] consider motivation as an important part of acquiring and retaining a new language. Language learners are different in terms of goals to achieve. McDonough [13] states that some wish to become linguists, some wish for better jobs, and others wish to be accepted in foreign countries.

According to Harmer [14], motivation can be categorised as intrinsic motivation and extrinsic motivation. Intrinsic motivation refers to several factors which occur inside the classroom, such as teacher's personality, teacher's teaching techniques, classroom environment, etc. On the other hand, extrinsic motivation is defined as factors outside the classroom. This type of motivation can be further classified into integrative motivation and instrumental motivation, Harmer (ibid). Integrative motivation is the desire to learn a language in order to integrate into the culture of the second or foreign language group and engage in the community. In contrast, instrumental motivation refers to the desire to learn a language because it fulfills certain goals such as future career, better status, or getting a place at university.

3. Personality

Personality is another factor that influences progress in language learning. Therefore, scholars like Ehrman [15], Krashen [16], Skehan [17], etc. have conducted studies relating to the relation of personality and language learning. The results revealed a clear relationship between personality and second language acquisition. This is because personality determines things that learners feel comfortable with. Consequently, they are able to express themselves better at the given skills, Ehrman, p.101[15]. There are a number of personality characteristics that may affect second or foreign language learning. Extrovert language learners are more comfortable in group activities, McDonough [18], and produce more language output, Swain [19] than introvert counterparts. Rubin & Thompson [7] conclude that learners who are shy and inhibited are worried about their oral abilities. They tend to show less willingness to participate in the classroom and in daily-life communication. Language learners who are not afraid to make mistakes and are willing to take risk are more successful.

4. Exposure to English

There are various factors which affect learning a second or foreign language. It is undeniable that one of the most important factors is an opportunity to use a target language. According to Briere [20], the amount of time in exposure to a target language in formal and informal linguistic environments influences second language acquisition. In addition, language exposure is related to a proficiency level as a study by Lubega shows[21]. He concludes that language learning should be in a formal and informal linguistic situation, learners who had only formal exposure will achieve a lower level of language proficiency than those who had both formal and informal exposure. Numerous researchers in Thailand have suggested that extra language activities inside and outside classrooms should be encouraged Lunpraphan [22], Onkoa [23, Sirilukkananan [24], Wanthanasut [6], etc. in order to promote better oral performance.

5. Management in teaching and learning English

This is the last factor which may influence students' difficulties in acquiring communicative skills in language learning. This factor includes teachers' techniques, classroom activities, extra curriculum activities, and the course syllabus.

The teacher is a very important factor in teaching language learning. A good language teacher depends on two factors: his level of proficiency in the language, and his knowledge and expertise in language teaching techniques, Wilkin [25]. Fun and interesting inside classroom activities are closely related to teachers' skills and techniques in handling the classroom. The last two factors, extra classroom activities and the course syllabus are related to management policy within the department. These factors indirectly affect students' problems in English speaking.

III. Methodology

A. Population and samples

Thai-Nichi Institute of Technology is a Private Higher Education Institute. It has four faculties: Engineering Faculty, Business Administration Faculty, Information Technology Faculty, and College of General Education and Languages. All students are non-English majors and are required to take

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

three compulsory English subjects including ENL-101: English for Communication 1, ENL-102: English for Communication 2, and ENL-201: English for Communication 3.

The total number of the population of this study was 606 engineering students (391 were first-year students and 215 were second-year students) in the 2013 academic year. They were taking ENL-101: English for Communication 1 and ENL-201: English for Communication 3 respectively. The core curriculum contains four skills: reading, writing, listening, and speaking. Thai instructors teach two sessions per week (one and a half hours for each session) and mainly train students in grammatical aspects, reading, and writing. Extra inside classroom activities depend on each teacher's teaching techniques. Foreign instructors teach only one session per week (one hour).

The samples of this study consisted of 154 engineering students, 77 were freshmen, 75 were sophomore, and 2 who did not indicate their year of study. Stratified Random Sampling Techniques were used to select the participants. Their gender: 121 were males, 32 were females, and 1 who did not indicate their gender. Their average age was 19 years old. They engaged in five majors which are Automotive Engineering (AE), Production Engineering (PE), Computer Engineering (CE), Industrial Engineering (IE) , and Electrical Engineering (EE).

B. Research instruments

This research employed a self-compiled questionnaire and contained two parts: the first part contained open-ended questions which were about personal information including gender, age, years of study, and majors. The second part was close-ended questions and contained 37 questions. Each question was measured in a five-point Likert scale which asked participants to express their opinions in relation to levels of problems in attitude, motivation, personality, exposure to English, and management in teaching and learning. The criteria used for evaluating the degree of problems are: lowest level (1.00-1.49), low level (1.50-2.49), moderate level (2.50-3.49), high level (3.50-4.49), and highest level (4.50-5.00).

The questionnaire was piloted prior to the actual data collection. The reliability according to Cronbach's Alpha was 0.932.

C. Data analysis

The statistical analysis was conducted utilising the Statistical Package of Social Science (SPSS) 13.0 for Window. The descriptive statistics were utilised to rank the problems from the highest problems to the least problems. Then, a t-test was utilised to determine the differences of the mean scores between two variables.

IV. RESULTS

Research question 1: Which factors affect English speaking problems among engineering students at Thai-Nichi Institute of Technology?

The first purpose of the present study is to investigate the factors which affect English speaking problems among engineering students. The findings of this study showed that the overall students' problems in acquiring English speaking were identified at a moderate level. When considering each factor it was found that the students identified management in teaching and learning English, exposure to English, and personality as problems at a moderate level. However, they expressed a low degree for motivation and attitude problems in acquisition of English speaking.

TABLE I
FACTORS AFFECTING ENGLISH SPEAKING PROBLMES REPORTED BY ENGINEERING STUDENTS AT THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY (N = 154)

Factors Affecting English Speaking Problems	**Total (N=154)**		
	Mean	**SD.**	**Frequency of problem levels**
1. Attitude	2.31	0.74	Low
2. Motivation	2.18	0.67	Low
3. Personality	2.71	0.88	Moderate
4. Exposure to English	2.89	0.97	Moderate
5. Management	3.09	0.99	Moderate
Total	**2.55**	**0.61**	**Moderate**

Table 1 indicates the descriptive statistics of a level of English speaking problem and average frequency of the level of problems expressed by 154 engineering students. The results showed that the overall factors which affected English speaking problems were at a moderate level (Mean = 2.55). Three out of five factors were rated as problems at a moderate level, these were management in teaching and learning English (Mean = 3.09), followed by the factor in exposure to English (Mean = 2.89), and finally their personality (Mean = 2.71). A low level of problems contained two factors that were students' attitude (Mean = 2.31) and their motivation (Mean = 2.18.

Research question 2: Are there any differences in the factors affecting English speaking problems between male students and female counterparts at Thai-Nichi Institute of Technology?

This part presents the comparison of five causes affecting English speaking problems between male students and female peers. A t-test was carried out to identify the significance level of the difference. The criterion set for the value of significance is <.05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 2
COMPARING FIVE FACTORS AFFECTING ENGLISH SPEAKING PROBLEMS BETWEEN MALES AND FEMALES ENGINEERING STUDENTS AT THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY (N=154)

Factors Affecting English Speaking Problems	Gender					
	Males		Females			
	Mean	SD.	Mean	SD.	t	P
1. Attitude	2.33	0.76	2.20	0.63	0.91	0.366
2. Motivation	2.22	0.66	2.02	0.65	1.55	0.122
3. Personality	2.71	0.89	2.72	0.85	-0.04	0.965
4. Exposure to English	2.93	0.99	2.73	0.87	1.02	0.308
5. Management	3.05	1.05	3.22	0.75	-0.83	0.407
Total	**2.57**	**0.64**	**2.48**	**0.50**	**0.74**	**0.464**

** Statistical significant at .05 level*

Table 2 shows that the mean scores of overall factors affecting English speaking problems indicated by male students were higher than that of female counterparts, but not at a significant level p <.05. In other words, the problems in English speaking reported by male students and female peers were not significantly different.

V. Discussion and Conclusion

The results of this study show that there was no item in any of the factors that students rated as a high level problem. Three out of five factors were expressed as a moderate level problem, these were management in teaching and learning English, exposure to English, and personality. Attitude and motivation factors were rated at a low level.

Firstly, the factor concerned in management in teaching and learning consists of teachers' techniques, classroom activities, extra curriculum activities, and the course syllabus.
The highest concern expressed by the students was in the extra curriculum activity item such as a field trip with foreign instructors (mean = 3.41), next was about outside classroom activities such as summer camping or a short course broad (mean = 3.25. This may imply that students prefer to be exposed to real-life situations where they can practise English speaking with foreign speakers. The students were also concerned about the limited time of speaking sessions with foreign instructors (mean = 3.17). This concern confirms their preference in exposure to foreigners.

The students' next concern is about the opportunity to speak English, they expressed the highest concern in practising English speaking with their parents and siblings (mean = 3.20). It could be inferred that they want to practice speaking with their family who support and boost their self-confidence. Unfortunately, they did not have adequate time to do so due to the heavy burden of their studies. The next item was their concern in practicing speaking with their peers (mean = 2.98). It may be inferred that they are well aware of the importance of having the opportunity to practice their speaking English. The students also expressed their concern about the lack of chance to study abroad (mean = 2.96).

The next factor is student's personality, their highest rated problem was about being worried to make mistakes (mean = 3.12) and being laughed at when making grammatical mistakes in the language (mean = 2.93). This present study supports the finds of Toosiri [26], Vithikul [27] which report that Thai students lacked self-confidence when speaking English. These obstacles can prohibit the speaking progress when learning a foreign language as stated in the study by Rubin & Thomson [7].

The forth factor affecting students' English speaking was attitude. It was indicated as a problem at a low level. In other words, several students expressed positive attitudes in the importance of learning to speak English (mean = 1.74). This finding concurs with Thaneeyapanich [28] who reveal that Thai students showed positive attitudes in learning English. However, students expressed negative attitudes in terms of putting little effort in self-studying during free-time (mean = 3.36). This present result also supports Thaneeyapanich [28] who discovered that Thai students had high motivation in learning English but they had bad attitudes in devoting their time to practising outside the classroom.

The final factor concerns the students' motivation, their highest level problems were about the lack of improvement in their English speaking abilities (mean = 2.89) and a lack of self-confidence in communicating with foreigners (mean = 2.86). Fortunately, even though they faced several problems, they did not think that learning to speak English was a waste of time. They were well aware of the importance of English for their future careers (mean = 1.61). This may imply that they are fully aware of the importance of speaking English for further education and better career opportunities.

Discussion of Finding Two

The findings of this study demonstrates that there was not a significant difference in overall English speaking problems between male and female engineering students at a confidence level of .05. This present study supports the research of Jindathai [29] and Ghazvini & Khajehpour [30] which stated that there was no significant difference between males and females in second and foreign language learning.

Implications of the study

According to the present findings, the students' highest concern was about participating in outside classroom activities. So teachers can give more opportunities for students to acquire English language through an informal acquisition by arranging an interview trip with foreigners at popular a tourist attraction such as JJ Market, a floating market, etc. Another interesting activity is having a short duration English camp for a few days during a summer term. English games and fun activities should assist students to feel relaxed and feel less worried about making mistakes. In the area of studying abroad, a language school in an ASEAN country such as Malaysia or Indonesia can be used as a safe place for students who want to expand their experience and increase their exposure to English in a real-life situation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Even though outside classroom activities are useful and provide a lot of advantages for students to acquire informal language learning, formal classroom activities are also helpful in terms of providing training for learners in a classroom setting before being faced by a real-context situation. Therefore a simple activity such as story telling or role-play in pairs or in groups in relation to a daily-life conversation should be organised regularly in order to increase students' confidence. Furthermore, challenging and interesting materials should be introduced and implemented to avoid boredom.

VI. References

[1] THE NATION (2013), Preparing for the AEC Era. [Online]. Available: http://www.nationmultimedia.com/opinion/Preparing-for-the-AEC-Era-30181887.html/

[2] K. Kitao. (1996) Why do we teach English? *The Internet TESL J.*,2, 4, p.1 -3. [Online]. Available: http://www.aitech.ac.jp/-iteslj/

[3] S. El-Raghy, Quality engineering education: student skills and experiences. *Global J. of Engng. Educ.*, 3,1, p.25-29, 1999.

[4] S. Mokkarawut, "An investigation of factors affecting English speaking", (unpublished case study), King Mongkut's institute of Technology NorthBangkok, Thailand, 2006.

[5] Y. Muangmood, "Factors effecting entering students' ability to speak English", (unpublished research paper), Ayuthaya: Rajamangalar University of Technology Suvanabhumi Phranakhon Si Ayuthaya Wasakri campus, Ayuthaya, Thailand, 2005.

[6] L. Wanthansut, "The problems of English speaking of Mattayom Suksa 1 students at Phosai Pittayakarn school, Uhonrachathani Educational Service Area 2", (unpublished Master's thesis), Ubonrachathani Rajabhat University, Ubonrachathani, Thailand, 2008.

[7] J. Rubin and I. Thompson, *How to be more successful language learner*, USA: Heinle, 1994.

[8] J. Holmes, *An introduction of sociolinguistics*, New York: Longman Group UK Limited, 1992.

[9] R.C. Gardner and W.E. Lambert, *Attitudes and motivation in second language learning*. Rowley, Massachusetts: Newbury House, 1972.

[10] W. Littlewood, *Foreign and second language learning, language acquisition research and its implications for the classroom*. New York: Cambridge University Press, 1983.

[11] R.C. Gardner, *Social psychology and second language learning: The role of attitude and motivation*, London: Edward Arnold, 1985.

[12] R. Oxford and Shearin, "Language learning motivation: Expanding the theoretical framework," *The Modern Language Journal*, 1994.

[13] S.H. McDonough, *Fundamental concepts of language teaching*, London: Allen & Unwin, 1981.

[14] J. Harmer, *The practice of English language teaching, (3rd impression, 1992)*, England: Longman, 1991.

[15] M. E. Ehrman, *Understanding second language learning difficulties*, Thousand Oaks, California: SAGE Publication, 1996.

[16] S. Krashen, *The input hypothesis: Issues and implication*, London: Longman, 1985.

[17] P. Skehan, *Individual differences in second language learning*, London: Edward Arnold, 1989.

[18] S.H. McDonough, *Psychology in foreign language teaching*, London: George Allen & Unwin, 1986.

[19] M. Swain, Communicative competence: Some roles of comprehensible input and comprehensible output in its development. In S.M. Gass and C.G. Madden (eds.), *Input in second language acquisition*, Rowley, MA: Newbury House, 1985.

[20] J.E. Briere, "Variables affecting native Mexican children learning Spanish as a second language," *Language Learning*, vol. 28, no.1, 1987.

[21] H.S. Lubega, "The effect of the nature and amount of exposure on language: a study based on English language proficiency of students in six Uganda schools", Diss, University of York, 1979.

[22] S. Lunpraphan, "A study on problems in learning English of diploma in vocational education students at ST. Joan of ARC's technology school, (unpublished Master's thesis), Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand, 2007.

[23] J. Onkoa, "A survey study of the factors affecting learning to speak English of the employees at Star Microelectronic (Public) Co., Ltd", (unpublished Master's research paper), Thammasat University, Bangkok, Thailand, 2009.

[24] K. Sirilukkananan, "A survey of the attitudes of nursing students at Saint Louis College concerning the need and problems in English communication", (unpublished Master's Art degree), Naresuan University, Thailand, 2007.

[25] D.A.Wilkin, *Second-language learning and teaching*, United Kingdom: Billing & Sons, 1975.

[26] T. Toosiri, "A survey study of the problems in learning to speak English of second-year students, Business English program at North Bangkok college', (unpublished Master's degree thesis), Language Institute, Thammasat University, Bangkok, Thailand, 2005.

[27] S. Vithikul, "A survey study of the problems in learning speaking English of Matthayom 6 Science and Art program students at Satriwithaya school", (unpublished Master's degree thesis), Language Institute, Thammasat University, Bangkok, Thailand, 2005.

[28] M. Thaneeyapanich, "A study of motivation and attitudes of high school students learning English as the second language," (unpublished Master's degree thesis), Language Institute, Thammasat University, Bangkok, Thailand, 2012.

[29] S. Jindathai and A.G. McAdam, "Problems in learning to speak English of university students at Thai-Nichi Institute of Technology", ICBIR 2014, Bangkok, Thailand.

[30] S.D. Ghazvini amd M. Khajehpour, "Attitudes and motivation in learning English as second language in high school students," *Science Direct*, vol. 5, 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ (Streaming Video) ในการสอนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน

The Effects of Using Streaming Video in Teaching a Fundamental English Course

กัลยา บูรณ์สิริจรุงรัฐ
คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
kalaya_boon@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน และเพื่อศึกษาเจตคติของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่มีต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน รวมทั้งเพื่อศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งลงทะเบียนเรียนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 53 คน และอาจารย์ผู้สอนกระบวนวิชาดังกล่าวอีก 2 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอซึ่งเป็นวิดีโอคลิปบันทึกภาพและเสียงของอาจารย์ผู้สอนรวมถึงภาพและตัวอักษรประกอบคำบรรยายเนื้อหาวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 จำนวน 2 บท แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนภาษาอังกฤษของนักศึกษา แบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการสอน แบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติต่อการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียน และแบบสัมภาษณ์เพื่อวัดเจตคติต่อการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ และทำแบบวัดเจตคติหลังเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test ส่วนข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของกลุ่มตัวอย่างและการสัมภาษณ์ถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ในเนื้อหาภาษาอังกฤษเพิ่มขึ้น มีเจตคติเชิงบวกต่อสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการสอนและต่อการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

คำสำคัญ: การสอนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ, การสอนภาษาอังกฤษ

Abstract

The purposes of this study were to explore the effects of using streaming video in teaching a fundamental English course and to examine the attitudes of students and teachers towards the effectiveness of the streaming video used in teaching Fundamental English along with investigating the students' attitudes towards the course study via streaming video. The subjects were 53 first-year Chiang Mai University students who enrolled Fundamental English 2 in the first semester of 2012 as well as their two teachers. The research instruments consisted of offline streaming video delivering Fundamental English 2 lectures of units eight and nine along with pictures and text clips that complement the lectures, an English achievement test, two sets of attitude questionnaires, an observation form, and an interview form. The achievement test was administered before and after the experiment, whereas the attitude questionnaires were completed after the experiment only. The subjects were also observed and interviewed. Mean, standard deviation and t-test were used to analyze the quantitative data whereas content analysis and interpretation were used for the qualitative data. It was found that the subjects had a higher English achievement and positive attitudes towards both the effectiveness of the streaming video used and the course study via streaming video.

Keywords: streaming video teaching, English teaching

1. บทนำ

การก้าวเข้าสู่ยุคแห่งสารสนเทศในปัจจุบันทำให้รูปแบบและวิธีการศึกษาเรียนรู้แตกต่างจากการเรียนการสอนในลักษณะเดิม กล่าวคือ จากการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่ให้ความสำคัญกับผู้สอน กลายเป็นการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางที่ให้ผู้เรียนมีบทบาทมากขึ้น และเปลี่ยนการเรียนรู้จากการฟังการบรรยายไปเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ผ่านการทำด้วยตนเอง [1] นอกจากนี้ ยังมีการเปลี่ยนแปลงมุมมองที่มีต่อการเรียนรู้ โดยเปลี่ยนจากความเชื่อเดิมที่ว่า การเรียนรู้คือการจดจำข้อมูล มาเป็นการเรียนรู้คือการค้นพบและการใช้ข้อมูล [2] และมีการเน้นการเรียนรู้แบบสร้างประสบการณ์โดยให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง (Learning by Discovery) รวมถึงการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Learning How to Learn) โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในหลากหลายรูปแบบ [3] และเนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นภาพลักษณ์ของกระแสนิยมและความทันสมัย การใช้คอมพิวเตอร์ในการสอนภาษาจึงช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากอย่างหนึ่งที่ช่วยให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ภาษา [4] สอดคล้องกับความเชื่อที่ว่า การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในสิ่งที่เรียน สามารถช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดี เนื่องจากแรงจูงใจเป็นตัวกำหนดวัตถุประสงค์และพฤติกรรมของคน [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ การใช้คอมพิวเตอร์ในการสอนภาษายังช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสประสบความสำเร็จในการเรียนได้มากกว่าการเรียนแบบธรรมดาในห้องเรียน เนื่องจากผู้เรียนสามารถกำหนดเวลาในการเรียน สถานที่เรียน และลำดับของเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ตามที่ตนเองต้องการ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างอิสระตามความต้องการของผู้เรียน [3]

การใช้สื่อคอมพิวเตอร์ในลักษณะของสตรีมมิ่งวิดีโอ (Streaming Video) เป็นการนำสื่อในรูปแบบสตรีมมิ่งมีเดีย (Streaming Media) ซึ่งเป็นการจัดทำไฟล์ภาพและเสียงในรูปแบบบีบอัดบนอินเตอร์เน็ตเพื่อให้ผู้ชมไม่ต้องเสียเวลาคอยในการดาวน์โหลดไฟล์ มาใช้ในการบรรยายเนื้อหาของบทเรียน ช่วยให้ผู้เรียนได้ฟังเนื้อหาบทเรียนที่ผู้สอนบรรยายไปพร้อม ๆ กับการได้เห็นตัวอักษร ภาพนิ่ง หรือภาพแอนนิเมชั่น (Animation) ควบคู่กันไปด้วย ซึ่งสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอสามารถนำมาใช้ได้ทั้งในรูปแบบออนไลน์ (online) หรือออฟไลน์ (offline) ที่เป็นการบันทึกภาพลงเทปวิดีโอหรือแผ่นดีวีดีในลักษณะของวิดีโอคลิปเพื่อรักษาคุณภาพและความสม่ำเสมอของการบรรยายบทเรียน สำหรับข้อดีของการสอนในลักษณะนี้คือ ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการเรียนรู้จากการได้ยินหรือการอ่านข้อความเพียงอย่างเดียว [6] เนื่องจากสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดและกระบวนการที่ยากต่อการอธิบายด้วยตัวหนังสือและรูปภาพที่ใช้ในการเรียนการสอนแบบทั่วไป (Klass, 2003 อ้างใน [6]) นอกจากนี้ การสอนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนจดจำข้อมูลที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น และช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Grades and performance) ความพร้อมในการเรียน (School readiness) ความสามารถในการเรียนแบบร่วมมือ (Student's collaborative abilities) พัฒนาการทางการศึกษาโดยรวม (Overall academic development) และเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงาน (Workforce preparation) [4]

การใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอนมีจุดประสงค์หลักเพื่อลดข้อจำกัดที่มีในการสอนแบบบรรยาย และเป็นการตอบสนองรูปแบบการเรียนของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่ ผู้เรียนสามารถเรียนหรือฝึกบทเรียนซ้ำได้ตลอดเวลาที่ต้องการ นอกจากนี้ สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้มากกว่าสื่อการเรียนการสอนทั่วไป เนื่องจากมีภาพลักษณ์ที่ทันสมัย ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น [7]

จากข้อดีของการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้มีการศึกษาผลของการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอนในหลายสถาบันการศึกษา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนกระบวนวิชาวิศวกรรมศาสตร์ในระดับปริญญาตรีที่ Technical School of Industrial Engineering and Aeronautical Engineering of Terrassa [8] และงานวิจัยที่ทดลองใช้เทคโนโลยีสตรีมมิ่งมีเดียในการสอนวิชาชีววิทยาระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัย North Carolina ทั้งในแบบออนไลน์และในห้องเรียน [9] ส่วนที่มหาวิทยาลัย Manchester Royal Infirmary มีการศึกษาการทดลองใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอออนไลน์ในการบรรยายเนื้อหาทางการแพทย์ [10] และที่ The University of Melbourne มีการศึกษาการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 [1] ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงขึ้น และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 ในลักษณะออฟไลน์ (offline) โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

- เพื่อศึกษาผลของการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2
- เพื่อศึกษาเจตคติของอาจารย์ผู้สอนประจำกระบวนวิชาและนักศึกษา ที่มีต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2
- เพื่อศึกษาเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 โดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

2. ขั้นตอนการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองโดยใช้การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ลงทะเบียนเรียนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 53 คน และอาจารย์ผู้สอนประจำกระบวนวิชา จำนวน 2 คน มีขั้นตอนในการทำวิจัยดังนี้

2.1 สร้างเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งได้แก่

2.1.1 จัดทำสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ ด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาศึกษาเนื้อหากระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 และกำหนดวัตถุประสงค์ในการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอน จากนั้นจึงทำแผนการสอนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอจำนวน 6 แผน สำหรับ 6 คาบเรียน และจัดทำสตอรี่บอร์ด (Storyboard) เพื่อกำหนดลำดับขั้นตอนการสอนตามแผนการสอน โดยเน้นให้มีการแสดงคำบรรยายและข้อความสำคัญประกอบคู่ขนานไปกับภาพวิดีโอ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจคำศัพท์และประเด็นที่ผู้สอนกล่าวถึงได้มากขึ้น แล้วจึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของคำบรรยายที่แสดงคู่ขนานไปกับภาพวิดีโอ แล้วจึงปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และถ่ายทำสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ และบันทึกลงแผ่นดีวีดี

2.1.2 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนภาษาอังกฤษซึ่งเป็นคำถามแบบอัตนัย ที่ให้ผู้เรียนระบุคำคุณศัพท์ที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบในขั้นกว่า (Comparative) และขั้นสูงสุด (Superlative) ตอบคำถามจากการอ่านกราฟ (Graphs) แก้ไขประโยคภาษาอังกฤษที่มีข้อผิดพลาดที่พบบ่อย (Common mistakes) และจดบันทึกย่อ (Note taking) จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา รวมถึงความยากง่ายของแบบทดสอบ และความชัดเจนทางภาษา แล้วจึงนำแบบทดสอบกลับมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักศึกษา 3 คน เพื่อหาความเป็นปรนัยของเครื่องมือ

2.1.3 สร้างแบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติที่มีต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอจำนวน 10 ข้อ สำหรับอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษากลุ่มตัวอย่างประเมิน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จากทั้งสองฝ่าย โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเจตคติ แล้วสร้างแบบสอบถามให้ครอบคลุมหัวข้อเกี่ยวกับคุณภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ เนื้อหาที่ใช้สอน และวิธีการสอน จากนั้นจึงนำแบบสอบถามไปให้ที่ปรึกษาโครงการวิจัยประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ความเป็นปรนัย และความชัดเจนทางภาษา แล้วจึงปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของที่ปรึกษาโครงการวิจัย และนำแบบวัดเจตคติไปทดลองใช้กับนักศึกษา 3 คน เพื่อตรวจสอบความชัดเจน ความเหมาะสม และความถูกต้องของภาษาอีกครั้งหนึ่ง สำหรับการกำหนดการแปลความค่าคะแนนเจตคติเฉลี่ยของข้อความมีดังนี้

3.51 – 4.00	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงบวกมาก
2.51 – 3.50	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงบวก
1.51 - 2.50	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงลบ
0.00 – 1.50	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงลบมาก

2.1.4 สร้างแบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอจำนวน 7 ข้อ โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเจตคติ แล้วจึงสร้างแบบสอบถามโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) และนำแบบวัดเจตคติไปให้ที่ปรึกษาโครงการวิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ความเป็นปรนัย และความชัดเจนทางภาษา แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของที่ปรึกษาโครงการวิจัย และนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา 3 คน เพื่อตรวจสอบความชัดเจน ความเหมาะสม และความถูกต้องของภาษาอีกครั้งหนึ่ง ส่วนการกำหนดการแปลความค่าคะแนนเจตคติเฉลี่ยของข้อความมีดังนี้

3.51 – 4.00	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงบวกมาก
2.51 – 3.50	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงบวก
1.51 - 2.50	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงลบ
0.00 – 1.50	แปลได้ว่า	มีเจตคติเชิงลบมาก

2.1.5 สร้างแบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนซึ่งครอบคลุมหัวข้อดังนี้ บรรยากาศในการเรียน (สังเกตจากความสนใจและตั้งใจทำแบบฝึกหัดตลอดจนการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น) ความสนใจที่มีต่อการเรียนภาษาอังกฤษโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ (สังเกตจากพฤติกรรมการตั้งใจฟัง รวมถึงการจดบันทึกข้อมูลหรือคำศัพท์) การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน (สังเกตจากการตอบคำถาม การปรึกษากันในการทำแบบฝึกหัด และการซักถามข้อสงสัย) และความเข้าใจในบทเรียน (สังเกตจากการสนทนากับเพื่อนร่วมชั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน ความถูกต้องในการตอบคำถาม ความสามารถในการทำแบบฝึกหัด และการใช้เวลาตามกำหนดในการทำแบบฝึกหัด) จากนั้นจึงให้ที่ปรึกษาโครงการวิจัยประเมินความเหมาะสมของหัวข้อในการสังเกตพฤติกรรม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของที่ปรึกษาโครงการวิจัย

2.1.6 สร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อวัดเจตคติต่อการเรียนภาษาอังกฤษด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ โดยตั้งประเด็นคำถามสำหรับการสัมภาษณ์เพื่อมุ่งหารายละเอียดของคำตอบที่ได้จากแบบวัดเจตคติที่มีต่อการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ รวมถึงปัญหาและข้อเสนอแนะ จากนั้นจึงนำประเด็นคำถามที่ตั้งไว้ไปให้ที่ปรึกษาโครงการวิจัยตรวจสอบความตรงทางด้านเนื้อหาและความชัดเจนของคำถาม และปรับปรุงตามคำแนะนำ

2.2 เลือกกลุ่มตัวอย่างจากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555

2.3 ทดสอบภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง

2.4 ใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 ในห้องเรียนแทนการสอนด้วยอาจารย์ ใช้เวลา 6 คาบ ซึ่งเนื้อหาของสื่อสตรีมมิ่งวีดีโอครอบคลุมหัวข้อดังนี้ การใช้คำคุณศัพท์ (Adjectives) ในการเปรียบเทียบ การอ่านกราฟ (Graphs) การแก้ไขข้อผิดพลาดที่พบบ่อย (Common mistakes) ในภาษาอังกฤษ และการจดบันทึกย่อ (Note taking)

2.5 บันทึกพฤติกรรมการเรียนของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการเรียน

2.6 ทดสอบภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างหลังการทดลอง

2.7 วัดเจตคติของอาจารย์ผู้สอนประจำกระบวนวิชาและนักศึกษากลุ่มตัวอย่างต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2

2.8 วัดเจตคติของกลุ่มตัวอย่างต่อการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 ด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

2.9 สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง 6 คน เกี่ยวกับเจตคติที่มีต่อการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

2.10 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ t-test ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

3. ผลการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 สูงขึ้นหลังการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ รายละเอียดตามตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สถิติทดสอบ t-Test	P-value
ก่อนเรียน	30	15.62	5.30		
หลังเรียน		20.57	4.48	6.959	0.000*

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

3.2 กลุ่มตัวอย่างมีเจตคติเชิงบวกต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 รายละเอียดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เจตคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2

ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
2.92	6.69	ดี

ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างมีเจตคติเชิงบวกต่อคุณภาพของเสียงบรรยายในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอมากที่สุด ตามด้วยเนื้อหาที่ใช้ในการสอน และความชัดเจนของภาพในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ ในขณะที่ให้คะแนนกับความชัดเจนของตัวอักษรบรรยายน้อยที่สุด รายละเอียดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เจตคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2

ข้อความ	Mean	ความหมาย
1. ความชัดเจนของภาพในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	3.05	เชิงบวก
2. ความชัดเจนของตัวอักษรบรรยายในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	2.62	เชิงบวก
3. การจัดวาง lay out หรือรูปแบบของภาพและคำบรรยายในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	2.96	เชิงบวก
4. คุณภาพของเสียงบรรยายในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	3.24	เชิงบวก
5. เนื้อหาที่ใช้ในการสอนในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	3.19	เชิงบวก
6. วิธีการสอนที่ใช้ในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	2.64	เชิงบวก
7. ระดับภาษาที่ใช้ในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	2.90	เชิงบวก
8. ระดับความเร็วที่อาจารย์ผู้สอนบรรยาย	2.81	เชิงบวก
9. ความชัดเจนของคำอธิบายในประเด็นต่าง ๆ ในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	2.90	เชิงบวก
10. ระยะเวลาที่ให้นักศึกษาในการทำแบบฝึกหัด	2.88	เชิงบวก

3.3 กลุ่มตัวอย่างมีเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 โดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ รายละเอียดตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เจตคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 โดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมาย
2.51	1.92	เชิงบวก

ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีเจตคติเชิงบวกต่อการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ โดยเชื่อว่าการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ดีไม่น้อยไปกว่าการสอนแบบปกติด้วยอาจารย์ และสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ อีกทั้งยังเห็นว่าการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอทำให้สามารถเพิ่มจำนวนนักศึกษาต่อห้องได้ อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีเจตคติเชิงลบต่อประเด็นอื่น ๆ ทั้งหมด รายละเอียดตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เจตคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 โดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
1. สื่อ Streaming video ทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจมากขึ้น	2.68	เชิงบวก
2. การเรียนด้วยสื่อ Streaming video ทำให้บรรยากาศในการเรียนน่าเบื่อ	2.28	เชิงลบ
3. การสอนด้วยสื่อ Streaming video ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ดีไม่น้อยไปกว่าการสอนแบบปกติด้วยอาจารย์	2.77	เชิงบวก
4. การสอนด้วยสื่อ Streaming video ทำให้อาจารย์ไม่สามารถคุมนักศึกษาในชั้นเรียนให้ตั้งใจเรียนได้	2.40	เชิงลบ
5. การใช้สื่อ Streaming video ในการสอนภาษาอังกฤษพื้นฐานทำให้สามารถเพิ่มจำนวนนักศึกษาต่อห้องได้	2.59	เชิงบวก
6. การสอนด้วยสื่อ Streaming video ไม่สามารถทดแทนการสอนด้วยอาจารย์ตามปกติได้	2.41	เชิงลบ
7. ควรมีการใช้สื่อ Streaming video ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานอย่างเต็มรูปแบบ	2.43	เชิงลบ

อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างได้แสดงความเห็นไว้ในแบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติต่อการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอว่า การเรียนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอทำให้ผู้เรียนไม่สามารถถามคำถามระหว่างเรียนได้ เนื่องจากเป็นการสื่อสารทิศทางเดียว (One-way communication)

นอกจากนี้ จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนพบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้เวลาในการปรับตัวในการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอซึ่งเป็นการเรียนแบบใหม่ที่ยังไม่คุ้นเคยในช่วง 2 คาบแรก โดยในช่วงคาบเรียนที่ 3 จนถึงคาบเรียนสุดท้ายของการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเริ่มคุ้นเคยกับการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ และตั้งใจเรียนเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากบรรยากาศในการเรียนซึ่งค่อนข้างเงียบมากในช่วงระหว่างที่มีการบรรยายเนื้อหา กลุ่มตัวอย่างสนใจฟังและดูสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเป็นอย่างดีตลอดจนมีการจดบันทึก และตั้งใจทำแบบฝึกหัดดีมากตลอดการทดลอง

ในส่วนของการสัมภาษณ์พบว่า ความรู้สึกของผู้ให้สัมภาษณ์ 6 คนที่มีต่อการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 โดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอมีดังนี้ นักศึกษา 2 คนชอบสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ ในขณะที่อีก 2 คนไม่ชอบ และอีก 2 คนคิดว่าสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอมีทั้งข้อดีและข้อเสีย โดยสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนโดยอาจารย์ในห้องเรียนได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ข้อดีและข้อเสียของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนโดยอาจารย์ในห้องเรียน

การสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ	การสอนโดยอาจารย์ในห้องเรียน
- เหมาะกับการสอนไวยากรณ์ (Grammar) หรือเนื้อหาที่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนมีสมาธิในการเรียน หรือนั่งฟังเงียบ ๆ - อาจารย์ผู้สอนในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอไม่สามารถสังเกตได้ว่านักศึกษาเข้าใจบทเรียนหรือไม่ - ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาจารย์และนักศึกษา - นักศึกษาสามารถถามคำถามได้เฉพาะท้ายคาบเรียนเท่านั้น ไม่สามารถถามคำถามในระหว่างเรียนได้ - รายละเอียดของเนื้อหาที่สอนมีความครบถ้วน	- เหมาะกับการสอนทักษะฟัง-พูด ที่เน้นการสื่อสารระหว่างอาจารย์ผู้สอนกับนักศึกษา และทักษะอ่าน-เขียน เนื่องจากนักศึกษาสามารถถามคำถามอาจารย์ได้ - อาจารย์ผู้สอนสามารถสังเกตได้ว่านักศึกษาเข้าใจบทเรียนหรือไม่ โดยดูจากท่าทีของนักศึกษาในการเรียน - นักศึกษามีปฏิสัมพันธ์กับอาจารย์ ทำให้รู้สึกตื่นเต้นในการเรียนมากกว่า - นักศึกษาสามารถถามคำถามได้ตลอดเวลา - อาจารย์อาจพลาดรายละเอียดของเนื้อหาที่ต้องสอน ทำให้สอนเนื้อหาบางส่วนได้ไม่ครบถ้วน

อย่างไรก็ตาม นักศึกษา 1 คนเห็นว่า การสอนภาษาอังกฤษจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าเป็นการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอหรือเป็นการสอนด้วยอาจารย์ในห้องเรียน หากแต่ขึ้นอยู่กับตัวอาจารย์ผู้สอน ในขณะที่นักศึกษาอีก 1 คนเห็นว่า การสอนโดยอาจารย์ในห้องเรียนมีประสิทธิภาพดีกว่าการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ เนื่องจากสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอนั้นทำให้บรรยากาศในห้องเรียนเงียบเกินไป อีกทั้งในการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอนั้น ไม่มีอาจารย์กระตุ้นให้เรียน

นอกจากนี้ ยังเป็นที่น่าสังเกตอีกด้วยว่า นักศึกษาทุกคนเห็นด้วยกับการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนเสริมภาษาอังกฤษ โดยมีความเห็นตรงกันว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อนักศึกษาที่ขาดเรียนและนักศึกษาที่สนใจต้องการเรียนบทเรียนซ้ำเพื่อทบทวน โดยเห็นว่าควรอัพโหลดสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอไว้ในเว็บไซต์ เพื่อให้นักศึกษาสามารถเลือกดูได้ในทุกเวลาและสถานที่ตามต้องการ ในส่วนของอาจารย์ผู้สอน นักศึกษา 3 คนต้องการให้เป็นอาจารย์ชาวไทย เนื่องจากไม่คุ้นเคยกับสำเนียงของอาจารย์ชาวต่างชาติเจ้าของภาษา ในขณะที่ 2 คนต้องการให้มีทั้งอาจารย์ชาวไทยและชาวต่างชาติ โดยต้องการให้อาจารย์ชาวไทยสอนไวยากรณ์และอาจารย์ชาวต่างชาติสอนทักษะฟังและพูด และให้มีคำบรรยายไทยขึ้นในทุกคำที่อาจารย์ชาวต่างชาติพูด มีนักศึกษาเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ต้องการอาจารย์ชาวต่างชาติ โดยต้องการให้พูดช้า ๆ และให้มีคำบรรยายภาษาอังกฤษขึ้นประกอบทุกคำที่อาจารย์พูด

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยดังกล่าว มีประเด็นสำคัญที่อาจนำมาอภิปรายได้ดังนี้

4.1 ปัจจัยซึ่งทำให้คะแนนภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นภายหลังจากการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอได้แก่

- สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอช่วยให้ผู้เรียนจดจำสิ่งที่เรียนได้ดี เนื่องจากมีทั้งภาพและตัวอักษรประกอบการบรรยาย ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสได้ยินและได้เห็นเนื้อหาที่เรียนไปพร้อม ๆ กัน ส่งผลให้เข้าใจและจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ดีกว่าการเรียนโดยการบรรยายเพียงอย่างเดียวในห้องเรียนตามปกติ ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นที่ว่าสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอช่วยเสริมสร้างกระบวนการถ่ายโอนความรู้ ดึงดูดความสนใจและช่วยส่งเสริมความจำของผู้เรียนได้ดีกว่าสื่อการสอนประเภทอื่น เนื่องจากสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอมีรูปภาพ เสียง ตัวอักษร และการเคลื่อนไหว [4]
- สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายกว่าสื่อที่ใช้ในการสอนทั่วไป เนื่องจากมีภาพและตัวอักษรประกอบการบรรยายของผู้สอน ซึ่งนอกจากจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในบทเรียนได้ดีขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผู้เรียนจดจำบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งตรงกับผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัย North Carolina และมหาวิทยาลัย Manchester Royal Infirmary ที่พบว่าสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอช่วยให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงขึ้น [9]

นอกจากนี้ การที่กลุ่มตัวอย่างมีเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอยังเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้คะแนนภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นภายหลังจากการเรียนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ ดังจะเห็นได้จากความเชื่อที่ว่า เจตคติที่ดีต่อการเรียนภาษาอังกฤษสามารถช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของผู้เรียนได้ [11]

4.2 อาจารย์ผู้สอนประจำกระบวนวิชาและนักศึกษากลุ่มตัวอย่างมีเจตคติเชิงบวกต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 2 เนื่องจากในการจัดทำสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอนั้น มีการเตรียมเนื้อหาที่ใช้ในการสอนไว้เป็นอย่างดี โดยจัดทำเป็น Storyboard และมีผู้เชี่ยวชาญตรวจทานความถูกต้องและครบถ้วน ดังจะเห็นได้จากผลจากการสัมภาษณ์ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเชื่อว่าเนื้อหาที่ถ่ายทอดผ่านการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอมีความครบถ้วนถูกต้อง

4.3 ปัจจัยที่ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนการสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ ได้แก่ การที่สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเป็นสื่อที่มีภาพลักษณ์ของความทันสมัย จึงช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียน [4] ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลงานวิจัยซึ่งทดลองใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนกระบวนวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และพบว่านักศึกษามีแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มขึ้น [8]

5. สรุป

การใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนวิชาภาษาอังกฤษช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ผู้เรียนมีเจตคติเชิงบวกต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่ใช้ในการเรียนการสอน และต่อการเรียนการสอนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ ข้อดีของการเรียนการสอนด้วยสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือทำให้ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาที่ครบถ้วน ส่วนข้อเสียคือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาจารย์และผู้เรียน

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ และการทำวิจัยเกี่ยวกับการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษดังนี้

5.1 ข้อเสนอแนะในการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอน

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ควรมีการจัดกลุ่มผู้เรียนตามระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดทำสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในหลายประการ เช่น การกำหนดเวลาในการทำแบบฝึกหัด และการกำหนดขอบเขตเนื้อหาว่าควรอธิบายละเอียดเพียงใด นอกจากนี้ ข้อมูลคำตอบของคำถามปลายเปิดในแบบสอบถามเพื่อวัดเจตคติต่อประสิทธิภาพของสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอและข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ชอบให้ผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์กับนักศึกษาในระหว่างการสอน มากกว่าให้ผู้สอนเป็นผู้พูดแต่เพียงฝ่ายเดียว ดังนั้น จึงควรให้อาจารย์ผู้สอนในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอพูดคุยกับผู้เรียนด้วย เพื่อทำให้บรรยากาศเป็นกันเองมากขึ้น เป็นการเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียน อีกทั้งควรมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ในสื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ เช่น การทำตัวอักษรกระพริบ การใช้รูปภาพหรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการบรรยาย

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.1 ควรมีการทำวิจัยเกี่ยวกับการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการสอนเสริมกระบวนวิชาภาษาอังกฤษ โดยให้มีการสำรวจความต้องการของนักศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาที่ต้องการให้สอนเสริม โดยให้นักศึกษาสามารถเลือกเวลาและสถานที่ในการเรียนด้วยตนเอง เนื่องจากการที่ผู้เรียนได้มีโอกาสเลือกเวลา สถานที่ และเนื้อหาที่จะเรียนเอง ทำให้การเรียนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [6]

5.2.2 ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ในการเรียนภาษาอังกฤษของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในห้องเรียน และผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติในห้องเรียน

5.2.3 ควรมีการศึกษาการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอเพื่อสอนกระบวนวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานแทนการสอนแบบปกติในห้องเรียน โดยทำวิจัยในลักษณะเพื่อการพัฒนา (Research and development) เพื่อให้ได้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด

5.2.4 ควรมีการศึกษาการใช้สื่อสตรีมมิ่งวิดีโอในการเรียนการสอนกระบวนวิชาอื่น ๆ ทั้งในด้านการสอนเสริม และการสอนในห้องเรียน

เอกสารอ้างอิง

[1] M. McCrohon, V. Lo, J. Dang and C. Johnston. (2013, 5 Aug.). *Video streaming of lectures via the Internet: An experience*. Available: www.ascilite.org.au/conferences/ melbourne01/pdf/ papers/mccrohonm.pdf

[2] R. Garris, R. Ahlers and J. E. Driskell, “Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model,” *Simulation & Gaming,* vol. 33, no. 4, pp. 441-467, 2002.

[3] K.-w. Lee. (2013, 15 Mar.). English Teachers' Barriers to the Use of Computer-assisted Language Learning [Electronic Version]. *The Internet TESL Journal VI*. Available: http://iteslj. org/ Articles/Lee-CALLbarriers.html

[4] A.D. Greenberg and J. Zanetis. (2013, 15 Mar.). *The impact of broadcast and streaming video in education: Executive summary*. Available: http://www.cisco.com/ web/strategy/ docs/education/ciscovideos.pdf

[5] E. B. Fry and J. E. Kress, “The Reading Teacher's Book of Lists,” San Francisco: Jossey-Bass, 2006, pp. 10-11.

[6] T. Hartsell and S. C.-Y. Yuen, “Video Streaming in Online Learning,” *AACE Journal,* vol. 14, no. 1, pp. 31-43, 2006.

[7] พีรพงศ์ แจ่มรังษี, “ผลของรูปแบบการนำเสนอสตรีมมิ่งมีเดียการสอนแบบบรรยายในการเรียนอีเล็กทรอนิกส์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต,” กรุงเทพฯ, ประเทศไทย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547, หน้า 25-28.

[8] P. Simo et al., “Video stream and teaching channels: quantitative analysis of the use of low cost educational videos on the web,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* vol. 2, no. 2, pp. 2937-2941, 2010.

[9] V. Michelich. (2012, 17 Sept.). Streaming Media to Enhance Teaching and Improve Learning. *The Technology Source.* January/February, 2002. Available: http://ts.mivu.org/default. asp?show=article&id=1034

[10] J. Strom. (2013, 14 Feb.). *Streaming Video: Overcoming Barriers for Teaching and Learning.* Available: http://cde. athabascau.ca/ISEC2002/papers/strom.pdf

[11] เฉลิมพงค์ ทำงาน, “การใช้วิธีสอนแบบโยนิโสมนสิการเพื่อพัฒนาความสามารถของการพูดภาษาอังกฤษและส่งเสริมเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนภาษาอังกฤษของพระนิสิต,” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552, หน้า 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

A Study of English Reading Proficiency of Graduate Students at Thai-Nichi Institute of Technology

บัณฑิต อนุญาหงษ์
สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง สวนหลวง กทม. 10250
bundit@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1)เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ให้ได้ตามเกณฑ์ 75/75 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2520: 135) 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ตามเกณฑ์ที่กำหนด 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ก่อนและหลังการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษ 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำแนกตามสาขาวิชาที่ศึกษา และ 5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ภาคการศึกษาที่3 ปีการศึกษา2556 จำนวน 54 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้การอ่านภาษาอังกฤษพร้อมบทเรียน 5 บท แบบทดสอบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษก่อนและหลังเรียน แบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษ

การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง 14 คาบเรียนๆละ 120 นาที รวมทั้งสิ้น 14 สัปดาห์ ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษ และให้ทำแบบสอบถามความพึงพอใจก่อนเรียน เมื่อเรียนจบในแต่ละบทให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบประจำบท ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน และทำแบบสอบถามความพึงพอใจหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test แบบจับคู่เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษก่อนและหลังเรียนจากบทเรียน และเพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจก่อนและหลังเรียน ใช้สถิติ F-test เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการอ่านภาษาอังกฤษตามสาขาวิชาที่ศึกษา ใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละวิเคราะห์ระดับประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษ

ผลการวิจัยพบว่า

1. บทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.07/53.92 แสดงว่าบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้

2. ประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อยู่ในระดับปานกลาง

3. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้รับการเรียนด้วยวิธีการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ มีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีสาขาวิชาที่ศึกษาต่างกัน มีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. นักศึกษาที่ได้การเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีความพึงพอใจต่อการเรียนการอ่านอังกฤษสูงขึ้น

คำสำคัญ: *ประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษ, บทเรียนการอ่านภาษาอังกฤษระดับบัณฑิตศึกษา*

Abstract

The purposes of this research were 1) to study the efficiency of English reading lessons for graduate students at Thai-Nichi Institute of Technology according to criteria 75/75 2) to study efficiency in EFL reading of graduate students at TNI 3) to compare the students' English reading achievement before and after English reading learning 4) to compare English reading ability of graduate students according to majors 5) to study graduate students' satisfaction with this type of English reading method.

The 54 graduate students at TNI were taught with 5 reading lessons, English reading achievement test, and a questionnaire to survey their satisfaction with the English reading instruction. The results were as follows;

1. The English reading lessons were highly effective, with the students scoring 80.07 on the formative test and 53.92 on the post-test.

2. The effects of English reading efficiency of graduate students were moderate level.

3. The students' reading achievement after the lesson was significantly higher than before, with lessons constructed at 0.05 level.

4. There were statistically significant differences between majors at 0.05 level.

5. The students' satisfaction towards studying English reading after the experiment was significantly highly at 0.05 level.

Keywords: *English reading lessons, English Reading Proficiency of Graduate Students*

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการสอนอ่านภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สองหรือภาษาต่างประเทศให้มีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการอ่าน เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอ่านมาประยุกต์ใช้ในวิธีสอนอ่านแบบต่าง ๆ เนื่องจากการสอนอ่านภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สอง และภาษาต่างประเทศได้รับอิทธิพล ความคิดและทฤษฎีในการสอนอ่านจากการสอนอ่านภาษาอังกฤษเป็นภาษาแม่อย่างมาก [1]

การอ่านภาษาอังกฤษเป็นปัญหาที่ยิ่งใหญ่ เวลาอ่านภาษาอังกฤษคืออ่านแล้วไม่เข้าใจ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไม่เข้าใจความหมายของคำศัพท์ที่มีอยู่ในข้อความที่กำลังอ่านได้ จึงทำให้เกิดความรู้สึกว่าการอ่านเป็นเรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยากลำบาก น่าเบื่อหน่าย และยิ่งไปกว่านั้นยังทำให้เกิดความหวั่นไหวไม่มีความเชื่อมั่นในตัวเอง ฉะนั้นในการอ่านเพื่อความเข้าใจ การรู้คำศัพท์จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น จะมองข้ามไปไม่ได้เป็นอันขาดแม้ว่าจะสามารถใช้ทักษะหรือเทคนิคอื่นๆ เพื่อการอ่านได้ดีเพียงใดก็ตาม แต่ถ้าหากไม่ทราบความหมายของคำในข้อความที่กำลังอ่านก็คงไม่เข้าใจสิ่งที่อ่านนั้นได้ตลอดหรือถูกต้อง แต่กลับทำให้เสียเวลาและไม่ได้ประโยชน์อะไรจากการอ่านนั้นเลย [2]

ในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาษาอังกฤษจัดเป็นภาษาต่างประเทศที่เป็นเครื่องมือสำคัญยิ่งในการศึกษาค้นคว้าทั้งจากตำรา บทความ และสื่ออินเตอร์เน็ต ในราชกิจจานุเบกษา เรื่อง แนวทางการบริหารเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรอุดมศึกษา ระบุว่า หลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษาควรให้ความสำคัญภาษาอังกฤษ เนื่องจากตำราต่างๆ ที่จะให้นักศึกษาต่อยอดองค์ความรู้ในระดับสากลด้วยตนเอง ส่วนใหญ่จะเป็นภาษาอังกฤษ ดังนั้นนักศึกษาจำเป็นต้องมีความสามารถทักษะภาษาอังกฤษในระดับที่เหมาะสมตามข้อกำหนดของสถาบันการศึกษา จึงเห็นได้ว่านักศึกษาจำเป็นต้องค้นคว้าหาข้อมูลจากตำรา และสื่อต่างๆ ที่เป็นภาษาอังกฤษ เพื่อประกอบการเรียนในชั้นเรียนเพิ่มพูนความรู้ ประสบการณ์ และพัฒนาศักยภาพ ดังนั้น การใช้ภาษาอังกฤษได้ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นักศึกษาจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะภาษาอังกฤษ เพื่อนำไปปฏิบัติได้จริง นอกชั้นเรียนรวมทั้งสถานการณ์ต่างๆ ตามความต้องการของนักศึกษาได้อย่างเหมาะสม [3]

สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นตระหนักถึงความสำคัญของภาษาอังกฤษในการศึกษาระดับสูง และเห็นความจำเป็นที่จะทำให้บัณฑิตที่มีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันให้มีความรู้ความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษ และมีความพร้อมทางด้านการใช้ภาษาเพื่อการศึกษาและการทำงานของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

เนื่องจากในปัจจุบัน ยังไม่มีการทำวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้วิจัยมีความประสงค์ศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อให้การเรียการสอนในระดับบัณฑิตศึกษามีประสิทธิภาพมากขึ้น และนำผลที่ได้จากการวิจัยมาพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนในระดับปริญญาโท ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นให้มีการยกระดับมากขึ้นกว่าเดิม และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนภาษาอังกฤษด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ให้ได้ตามเกณฑ์ 75/75 [4]

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการอ่านภาษาอังฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ก่อนและหลังการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษ

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถการอ่านภาษาอังฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำแนกตามสาขาวิชาที่ศึกษา

5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ความสำคัญของการวิจัยครั้งนี้

1. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

2. ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบความพึงพอใจของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ทั้ง 3 สาขาวิชา ได้แก่ สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ (MET) สาขาการจัดการอุตสาหกรรม (MIM) และสาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร (EEM) ปี 2557 จำนวน 120คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ทั้ง 3 สาขาวิชา ได้แก่ สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ (MET) สาขาการจัดการอุตสาหกรรม (MIM) และสาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร (EEM) ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาENL-501 (English for Graduate Student) และENL-600 (Advanced Level English) ในภาคเรียนฤดูร้อน ระหว่างวันที่ 20 มีนาคม 2557- 25 พฤษภาคม 2557 จำนวน 54 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยแบ่งตามสาขาวิชาละ 18 คน ดังนี้

สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ (MET)	จำนวน 18 คน
สาขาการจัดการอุตสาหกรรม (MIM)	จำนวน 18 คน
สาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร (EEM)	จำนวน 18 คน
รวมเป็น	จำนวน 54 คน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยทำการศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ในภาคเรียนฤดูร้อน ปี พ.ศ 2557 ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่ 20 มีนาคม 2557 ถึง วันที่ 25 พฤษภาคม 2557 โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 7สัปดาห์ รวมทั้งหมด 14 คาบเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการสอนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษ ของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความพึงพอใจในการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สมมติฐานการวิจัย

1. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เรียนการอ่านภาษาอังกฤษ มีความสามารถการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้น
2. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เรียนในสาขาวิชาที่แตกต่างกันมีความสามารถด้านการอ่านแตกต่างกัน
3. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่เรียนการอ่านภาษาอังกฤษ มีความพึงพอใจในการเรียนการสอนภาษาอังกฤษสูงขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้การอ่านภาษาอังกฤษ
2. แบบทดสอบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษ
3. แบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษ

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ทดสอบความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาก่อนทำการทดลองโดยใช้แบบวัดความสามารถด้านการอ่านภาษาอังกฤษ ผู้สอนกำหนดให้นักศึกษาทำแบบทดสอบ
2. ดำเนินการสอนตามแผนการสอน เป็นระยะเวลา 10 คาบเรียน โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ผู้วิจัยใช้นักศึกษาจำนวน 54 คน โดยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 60 ข้อ 60 คะแนน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 120 นาที

2.2 ให้นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ศึกษาจากบทเรียนการอ่านภาษาอังกฤษและทำแบบฝึกหัดประจำบทเรียน

2.3 ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ คะแนนเต็ม 60 คะแนน เป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกันกับก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 120 นาที

3. นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษให้กลุ่มตัวอย่างทำหลังการทดลองเพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนด้วยวิธีการนี้
4. รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ ตามเกณฑ์ 75/75 โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 54 คน สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ก่อนและหลังการเรียนด้วยบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น หลังการเรียนด้วยบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ จำแนกตามสาขาวิชาที่ศึกษา

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาก่อนและหลังการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ ตามเกณฑ์ 75/75 [5] ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 54 คน ทำแบบทดสอบประจำบทเรียนหลังจากเรียนจบในแต่ละบททั้ง 5 บท ซึ่งแต่ละบท มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และค่าร้อยละของคะแนนและจัดอันดับคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบประจำบทของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษแต่ละบท ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และอันดับคะแนนเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบแต่ละบทของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ

บทที่	ชื่อบทเรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ร้อยละ	ลำดับที่
1	Letters, Email and Memo	10	7.77	0.92	77.77	5
2	Notice	10	8.00	0.84	88.00	3
3	Advertisement	10	7.87	0.80	78.70	4
4	Short and Long Passage	10	8.05	0.83	80.55	2
5	Education	10	8.33	0.99	83.33	1

จากตารางที่ 1 พบว่า แบบทดสอบประจำบทของบทของการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษที่กลุ่มตัวอย่างทำคะแนนเฉลี่ยได้สูงเกิน 75 % ทุกบท และบทที่กลุ่มตัวอย่างได้คะแนนมากที่สุดได้แก่ บทที่ 5 Education (83.33%) ส่วนบทที่กลุ่มตัวอย่างได้คะแนนน้อยที่สุดได้แก่ บทที่ 1 Letters, Email and Memo (77.77 %)

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยการหาค่าร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบประจำบท ของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ ทั้ง 5 บท และค่าร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 54 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ผลรวมของคะแนนจากการทำแบบทดสอบประจำบทของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 54 คน เท่ากับ 2,162 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.07 และผลรวมของคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 1,747 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.92 ดังนั้น ประสิทธิภาพของบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ในขั้นทดลองภาคสนาม มีค่าเท่ากับ 80.07/53.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 เฉพาะ เกณฑ์ 75 แรกเท่านั้น ส่วน เกณฑ์ 75 อันหลังไม่ผ่านเกณฑ์ จึงแสดงว่าบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีประสิทธิภาพใช้ได้ ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยรวมมีค่าเฉลี่ยของร้อยละ อยู่ที่ระดับปานกลาง (53.92%) ส่วนนักศึกษาที่มีค่าเฉลี่ยของร้อยละสูงสุด ได้แก่ 41 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.33 และนักศึกษาที่มีค่าเฉลี่ยของร้อยละต่ำสุด ได้แก่ 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 41.66

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถทางการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ก่อนและหลังการเรียนบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 54 คน ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษ ก่อนและหลังการบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจำนวน 60 ข้อ คะแนนเต็ม 60 คะแนน ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกัน จากนั้นจึงหาผลต่างของคะแนน (D) จากการทดสอบก่อนและหลังเรียนจากบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น แล้วนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งมาเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างทุกคนสูงขึ้นหลังจากที่เรียนด้วยบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นทั้ง 5 บท ค่าผลต่างของคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น สูงสุดเท่ากับ 18 และต่ำสุดมีค่า เท่ากับ 3 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนผลต่างเฉลี่ย และค่าทดสอบ t ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 54 คน

การทดสอบอ่าน	คะแนนเต็ม	($\bar{x}$)	S.D	($\overline{D}$)	t	Sig
ก่อนเรียน	54	23.37	4.59	8.98	37.382	0.000*
หลังเรียน	54	32.35	4.91		48.332	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05*

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig = 0.000 < 0.05) โดยคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 32.35 ซึ่งสูงกว่าความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษก่อนเรียนที่มีค่าเท่ากับ 23.37 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คะแนนผลต่างเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังเรียนเท่ากับ 8.92 ค่า t ที่ได้จากการคำนวณคะแนนก่อนเรียน มีค่า 37.382 และคะแนนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 48.332 ดังนั้นแสดงว่าความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษหลังเรียนด้วยบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นสูงกว่าความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น หลังการเรียนด้วยบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ จำแนกตามสาขาวิชาที่ศึกษา

ตารางที่ 3 คะแนนต่ำสุด คะแนนสูงสุด คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 54 คน ตามสาขาวิชาที่ศึกษา

สาขาวิชาที่ศึกษา	N	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
EEM	18	26	41	34.94	5.10
MET	18	25	40	31.94	4.59
MIM	18	26	41	30.16	3.98
รวม	**54**	**26**	**41**	**32.35**	**4.91**

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามสาขาวิชาที่ศึกษา 3 สาขา ได้แก่ สาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร (EEM) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 34.94 สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ (MET) มีค่าเฉลี่ยรองลงมา 31.94 และ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม (MIM) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 30.16 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำแนกตามสาขาวิชาที่ศึกษาพบว่า นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีชั้นปีที่ศึกษาต่างกัน มีความความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่

คู่ที่ 1 นักศึกษาจากสาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร (EEM) มีความสามารถในการอ่านแตกต่างจาก นักศึกษาจากสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ (MET)

คู่ที่2 นักศึกษาจากสาขาการจัดการวิสาหกิจสำหรับผู้บริหาร (EEM) มีความสามารถในการอ่านแตกต่างจากสาขาการจัดการอุตสาหกรรม (MIM)

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาก่อนและหลังการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษทั้งก่อนและหลังได้รับการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้แบบทดสอบวัดความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกระบวนการ เป็นข้อความจำนวน 15 ข้อ จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอนการอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาอังกฤษมาหาค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจก่อนและหลังการเรียน

ผลการวิจัยพบว่า ระดับความพึงพอใจที่มีต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการเรียน กล่าวคือ ระดับความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาก่อนได้เรียนด้วยวิธีการสอนการอ่านภาษาอังกฤษอยู่ในระดับ ดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 และมีความพึงพอใจต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษหลังได้รับวิธีการสอนการอ่านอยู่ในระดับ ดีมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 แสดงว่าการสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีผลต่อระดับความพึงพอใจในการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษให้สูงขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการวัดความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาทั้งก่อนและหลังการเรียน มาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนโดยใช้สถิติ t-test แบบDependent Sample ผลดังตารางดังนี้

ตาราง 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบถามความพึงพอใจต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาก่อนและหลังที่ได้รับการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ

ระดับความพึงพอใจต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ	N	$\overline{X}$	S.D.	t	df	P
ก่อนการทดลอง	54	3.77	0.89	27.693		
หลังการทดลอง	54	4.69	0.56	52.461	53	.000*

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05*

จากตาราง 4 แสดงผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบถามความพึงพอใจต่อการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาก่อนและหลังได้รับการเรียนด้วยวิธีการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้ t-test Dependent samples พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ มีค่าเฉลี่ยคะแนนของความพึงพอใจของนักศึกษาสูงกว่าคะแนนความพึงพอใจก่อนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการทดลองเท่ากับ 3.77 และหลังการทดลองเท่ากับ 4.69 แสดงว่า วิธีการสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีผลต่อความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัย เรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น สรุปได้ดังนี้

1. บทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.07/53.92 แสดงว่าบทเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้

2. ประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อยู่ในระดับปานกลาง

3. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้รับการเรียนด้วยวิธีการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ มีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่มีสาขาวิชาที่ศึกษาต่างกัน มีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. นักศึกษาที่ได้การเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีความพึงพอใจต่อการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จากสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่4 สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากผลการวิจัยข้อที่ 1 บทเรียนการสอนอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.07/53.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เฉพาะ 75 แรก แต่ 75 หลังไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจาก ข้อสอบหลังเรียนมีความยากมากกว่า ข้อสอบประจำบท นักศึกษาจึงทำคะแนนได้น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพราะการทำข้อสอบการอ่านนั้น ผู้รียนต้องมีความรู้เบื้องหลังเกี่ยวกับเรื่องที่อ่าน สามารถเดาความหมายจากบริบทได้ สามารถเข้าใจใจความสำคัญของการเรื่องที่อ่าน สามารถบอกหัวข้อได้ สามารถบอกรายละเอียดได้ สามารถความเข้าใจในการอ่านนั้น คือ ความเข้าใจในประโยคหรือในย่อหน้า (Paragraph) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจในรูปแบบการจัดหรือการเรียบเรียงเรื่อง เข้าใจในรูปแบบหรือโครงสร้างของข้อเขียน (Rhetorical Organization) นอกจากนั้นความสามารถในการทำความเข้าใจความหมายของคำและภาษาที่เขียนซึ่งถือได้ว่าเป็นวัตถุประสงค์หลักของการอ่าน ถ้าไม่เกิดความเข้าใจนั่นหมายความว่า ไม่เกิดการอ่าน [6], [7], [8], [9], [10]

2. นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่เรียนด้วยการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับ [11], [12], [13], [14], [15], [16] ซึ่งทั้งหมดศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ และการพัฒนาบทเรียนการอ่านภาษาอังกฤษ และผลวิจัยพบว่าผู้เรียนมีความสามารถในการอ่านเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลอาจเนื่องมาจาก เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เป็นเนื้อหาที่นำมาจากสื่อการเรียนรู้ทางด้านการทำงาน ด้านธุรกิจ และในชีวิตประจำวันและเป็นสิ่งที่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจะต้องรู้และบางคนได้ทำงานในอุตสาหกรรมโรงงานอยู่แล้ว จึงทำให้เกิดความสนใจและเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจึงปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตั้งใจทำให้ความสามารถในการอ่านสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของวิลเลี่ยมส์ [17] ที่กล่าวว่า ถ้าผู้เรียนมีประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่อ่านจะทำให้มีความเข้าใจเรื่องที่อ่านได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ดังนั้นเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานจึงเป็นสื่อการสอนอ่านที่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาที่สอดคล้องกับความต้องการและเหมาะสมกับสภาพสังคมและการทำงานในอนาคตของผู้เรียนโดยเฉพาะเนื้อหาการอ่านจดหมายติดต่อซื้อขายสินค้าเมื่อได้เรียนรู้แล้วก็สามารถนำความรู้นั้นมาใช้ในชีวิตการทำงานได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของฮาร์เมอร์ [18] ที่กล่าวไว้ว่า ผู้สอนต้องมุ่งจัดกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนแต่ละคนให้เต็มความสามารถของเขา และการจัดการเรียนการสอน ควรให้ผู้เรียนแสดงออกทางภาษาโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและเพื่อนๆในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมีประสบการณ์ตามสถานการณ์ที่สมจริง ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและจดจำเนื้อหาได้มากขึ้น พร้อมทั้งได้มีการฝึกฝนการเรียนรู้นั้นบ่อยๆก็จะทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้และเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์และมีการพัฒนา และเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งที่คุ้นเคยและมีความรู้เดิมอยู่แล้วจะก่อให้เกิดความสามารถในการอ่านมากขึ้นด้วย

3. นักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีความพึงพอใจต่อการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระดับความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาก่อนได้รับการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 และมีความพึงพอใจต่อการเรียนการอ่านภาษาอังกฤษหลังได้รับการสอนการอ่านภาษาอังกฤษอยู่ในระดับ ดีมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 แสดงว่า การสอนการอ่านภาษาอังกฤษมีผลต่อระดับความพึงพอใจในการสอนการอ่านภาษาอังกฤษให้สูงขึ้น อาจเป็นเพราะว่า นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีความพึงพอใจในการสอนในวิธีการสอน สภาพห้องเรียน ผู้สอน และต้องการความสำเร็จ นอกจากนั้นยังมีแรงจูงในการเรียนการอ่าน เพื่อให้ประสบความสำเร็จตามต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของฮาร์เมอร์ [19] ที่กล่าวว่า แรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) มีความสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ภาษาของผู้เรียน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจภายใน ได้แก่ ด้านภาพทางกายภาพ (Physical Conditions) ซึ่งสามารถมีผลทางบวกและลบต่อผู้เรียน เช่น ห้องเรียน หากห้องเรียนที่มีผู้เรียนมากเกินไป อาจทำให้แรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนลดลง วิธีการสอน (Method) หากผู้เรียนพบว่าวิธีการสอนในชั่วโมงเรียนน่าเบื่อ อาจทำให้แรงจูงใจของผู้เรียนลดลงหรือไม่อยากจะเรียน ผู้สอน (The teacher) ควรทำให้การเรียนการสอนในชั้นเรียนมีความน่าสนใจ มีความยุติธรรม ปฏิบัติต่อนักเรียนให้เสมอเท่าเทียมกันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ และควรใส่ใจต่อผู้เรียน ควรเป็นต้นแบบที่ดีในการใช้ภาษา ควรใช้สื่อได้ดีและมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่างๆ และความสำเร็จ (Success) ผู้สอนควรตั้งวัตถุประสงค์หรือจัดกิจกรรมหรือให้งานที่ผู้เรียนสามารถทำได้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิสาข์ จัติวัตร์. (2543). *การสอนภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[2] สมุทร เซ็นเชาวนิช. (2540). เทคนิคการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] สุวรรณี พันธุ์พริกส์ และ ฉัลลิกา มหาพูนทอง (2550). การศึกษาความสามารถปัญหาและความต้องการในการใช้ภาษาอังกฤษ ของนักศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 (ก.ย. - ธ.ค. 2550): 66-72.

[4] ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. (2520). *ระบบสื่อการสอน*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. (2520). *ระบบสื่อการสอน*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Day, R.R. and J. Bamford. (1998). *Extensive Reading in the Second Language Classroom*. Cambridge: Cambridge University Press.

[7] Rubin, Dorothy. (1993). A Practical to Teaching Reading. Second Edition. Massachusetts : Allyn and Bacon.

[8] Williams, Eddies. (1994). *Reading in the Language Classroom*. 8th ed. London: MacMillan.

[9] Carrell, Patricia L. (1984) Evidence of Formal Schema in Second Language Comprehension. *English Language Learning* 34, 2 (June 1984): 87-112.

[10] สมุทร เซ็นเชาวนิช. (2540). เทคนิคการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[11] ลลนา ปฐมชัยวัฒน์. (2550). การพัฒนาแบบฝึกเสริมการอ่านภาษาอังกฤษด้วยตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. *ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต*. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

[12] สุวรรณี พันธุ์พริกส์ และ ฉัลลิกา มหาพูนทอง (2550). การศึกษาความสามารถปัญหาและความต้องการในการใช้ภาษาอังกฤษ ของนักศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 (ก.ย. - ธ.ค. 2550): 66-72.

[13] บัณฑิต อนุญาหงษ์.(2554). การทดลองสอนเพื่อยกระดับความสามารถทางการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่อ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการอ่านที่สร้างขึ้น. *รายงานวิจัย*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

[14] บัณฑิต อนุญาหงษ์.(2555). การพัฒนาบทเรียนการสอนอ่านภาษาอังกฤษเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่1 สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. *รายงานวิจัย*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

[15] Hellekjaer, G. O. (2009). Academic English Reading Proficiency at the University Level: A Norwegian Case Study. *Reading in a Foreign Language*. October 2009, Volume 21, No.2 pp198-122.

[16] Albletes Cayao, E. (2013). Graduate Students' Proficiency Level for an Enhanced Skills Training Program. International Journal of Information Technology and Business Management. 29th August 2013 Vo.16 No.1, pp22-28.

[17] Williams, Eddies. (1994). *Reading in the Language Classroom*. 8th ed. London: MacMillan.

[18] Harmer, Jeremy. (1987). The practice of English Language Teaching., London: Longman.

[19] Harmer, Jeremy. (1987). The practice of English Language Teaching., London: Longman.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบวัดระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กับแบบวัดความสามารถทางภาษาของข้อสอบTOEIC

Comparison of Efficiency between TNI English Ability Test and TOEIC Test

บัณฑิต อนุญาหงษ์
สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง สวนหลวง กทม. 10250
bundit@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจัดขึ้น 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการทำข้อสอบTOEICของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้สมัครสอบจากศูนย์สอบTOEIC 3) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของข้อสอบทั้งสองฉบับจากคะแนนสอบของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาที่สอบด้วยข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาที่จัดโดยสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นและความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาจากศูนย์สอบTOEIC และ 5) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์กันของคะแนนสอบจากข้อสอบทั้งสองฉบับ

กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ENL-415 (ฝึกทักษะการอ่านและเขียนภาษาอังกฤษ1) ในภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 20 คน โดยการสุ่มด้วยวิธีแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 1) ข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ฉบับปีการศึกษา2556 จำนวน 200 ข้อ แบ่งเป็น 2 ทักษะ คือ ทักษะการฟัง 100 ข้อ และทักษะการอ่าน 100 ข้อ และ 2) ข้อสอบTOEIC ที่นักศึกษาไปสอบวัดความสามารถ ซึ่งทางศูนย์สอบTOEIC จัดให้

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ค่าเฉลี่ยของคะแนน ค่าเบี่ยงเนยมาตรฐาน ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนโดยใช้สถิติ t-test ทดสอบความสัมพันธ์กันของข้อสอบ 2 ฉบับใช้สถิติความสัมพันธ์กันแบบเพียร์สัน (Pearson Correlation)

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษา ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

2. นักศักษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

3. ประสิทธิภาพของข้อสอบทั้ง2ฉบับมีคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้แก่ 430.35 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบTOEIC ได้แก่ 421.25 และค่าคะแนนความต่างของข้อสอบทั้งสองฉบับอยู่ที่ 9.1 ซึ่งแสดงว่า คะแนนสอบที่นักศึกษาได้จากการสอบทั้งสองฉบับมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก และประสิทธิภาพของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC

4. ความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจากข้อสอบทั้ง 2 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5. ข้อสอบทั้งสองฉบับ มีคะแนนสหสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูง คือ .992 โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบวัด, การเปรียบเทียบความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถ, การเปรียบเทียบความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC

Abstract

The purposes of this research were 1) to study TNI English ability test taking competence of TNI students 2) to study TOEIC test taking competence of TNI students 3) to study efficiency of TNI English ability test and TOEIC test from TNI students' test taking competence 4) to compare competence in test taking from both tests of TNI students and 5) to compare correlation between TNI English ability test and TOEIC test.

The subjects were 20 TNI undergraduate students who enrolled in ENL-415 (Reading and Writing Skills in English1) course derived from stratified random sampling technique, during their first semester of 2013 academic year. The research instruments consisted of TNI ability test which was divided into 2 skills: 100 items for listening skill; 100 items for reading skill and TOEIC test. The data were statistically analyzed by mean scores, standard deviation, t-test and Pearson Correlation.

The results of the study were as follows:

1. The undergraduate students' competence in TNI English ability test taking was at moderate level.

2. The undergraduate students' competence in TOEIC test taking was at moderate level.

3. Efficiency in the undergraduate students' test taking from TNI English ability test was ($\bar{X}$=430.35) and from TOEIC test was ($\bar{X}$=421.25). For difference of scores was ($\bar{X}$=9.1). It was demonstrated that test scores from both tests were very closely related and efficiency of TNI English ability test had relation with TOEIC test.

4. The TNI students' competence in test taking from both tests had statistically significant difference at 0.01 level.

5. Both tests' correlation was at very high level (0.992) and there was statistically significant correlation at 0.01 level.

Keywords: ***Comparison of Test Efficiency, TNI English Ability Test, TOEIC Test***

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้จัดวิชาการเตรียมสอบวัดระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษ(ENL-412) เป็นวิชาเลือกภาษา ในระดับปริญญาตรี พ.ศ 2556 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรอบรู้อย่างกว้างขวาง มีโลกทัศน์ที่กว้างไกล มีความเข้าใจสังคมและเศรษฐกิจ เป็นผู้ใฝ่รู้ สามารถคิดอย่างมีเหตุผล สามารถใช้ภาษาในการติดต่อสื่อความหมายได้ดี เป็นผู้มีความสมบูรณ์ทั้งร่างกายจิตใจ มีคุณธรรม ตระหนักในคุณค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิลปวัฒนธรรมของไทย ของประชาคมนานาชาติ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต และดำรงอยู่ในสังคมได้อย่างดี เพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมที่จะดำรงชีวิตอยู่ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีคุณภาพ มีความรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆที่เกิดขึ้น สามารถปรับตัวได้ มีขีดความสามารถและความพร้อมตามปรัชญาและปณิธานที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นได้ตั้งไว้ [1]

สำนักวิชาพื้นฐานและภาษาในแผนกวิชาภาษาอังกฤษได้รับผิดชอบในการสอนวิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร1-2-3 และวิชาการเตรียมสอบวัดระดับTOEIC ซึ่งเป็นวิชาบังคับทางภาษา สำหรับนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นและจุดมุ่งหมายของการสอนทั้ง4 วิชาหลักมีเป้าหมายเพื่อให้นักศึกษามีความสามารถในการใช้ภาษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเปิดสอนให้กับทั้ง 3 คณะ ได้แก่ คณะบริหารธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นการบรรยาย 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ นอกจากนั้น ทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นได้จัดทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาที่จะไปสหกิจและฝึกงาน ซึ่งเป็นการวัดความสามารถด้านภาษาอังกฤษก่อนการทำงาน

เนื่องจากประสิทธิภาพของข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษนั้น ยังไม่มีการทำวิจัยว่ามีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับประสิทธิภาพของข้อสอบจริง ๆหรือไม่ ในการนี้ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กับประสิทธิภาพของข้อสอบTOEIC โดยการศึกษาจากคะแนนการทำข้อสอบจากข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันที่จัดให้นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุน และจากผลคะแนนที่นักศึกษาไปสอบจากข้อสอบTOEICที่เป็นส่วนกลาง เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการสอบและจัดการเรียนการสอนของแผนกภาษาอังกฤษให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจัดขึ้น
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการทำข้อสอบTOEICของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้สมัครสอบจากศูนย์สอบTOEIC
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของข้อสอบทั้งสองฉบับจากคะแนนสอบของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาที่สอบด้วยข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาที่จัดโดยสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นและความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาจากศูนย์สอบTOEIC
5. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์กันของคะแนนสอบจากข้อสอบทั้งสองฉบับ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการทำข้อสอบ TOEIC ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี และเป็นเปรียบเทียบประสิทธิภาพข้อสอบระหว่างข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นและข้อสอบTOEIC ปีการศึกษา 2556 โดยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง และตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้

กลุ่มประชากร

เป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จาก 3 คณะ ได้แก่ คณะบริหารธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ENL-415 (ฝึกทักษะการอ่านและเขียนภาษาอังกฤษ1) และวิชา ENL-419 (การอ่านเชิงวิชาการ) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 68 คน

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ENL-415 (ฝึกทักษะการอ่านและเขียนภาษาอังกฤษ1) ในภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 20 คน โดยการสุ่มด้วยวิธีแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่1 ตารางการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

คณะ	ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง	ร้อยละ
วิศวกรรมศาสตร์	23	7	35
เทคโนโลยีสารสนเทศ	23	7	35
บริหารธุรกิจ	22	6	30
รวม	68	20	100

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษ ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
2. ความสามารถในการทำข้อสอบTOEICของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ไปสอบที่ศูนย์สอบTOEIC

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โดยระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลคะแนนสอบจากข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษ ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ใช้เวลา 2 คาบเรียนต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 8 คาบเรียน
2. ข้อมูลคะแนนสอบจากข้อสอบTOEICของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นที่ได้สมัครสอบจากศูนย์สอบTOEIC ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 เดือน เนื่องจากรอผลสอบคะแนนของนักศึกษาที่ไปสอบ และนักศึกษาไม่ได้ไปสอบพร้อมกันเนื่องจากรอความพร้อมด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเงินค่าสมัครสอบ เพราะนักศึกษาต้องออกค่าสมัครสอบเอง ข้อมูลคะแนนสอบTOEICที่ได้จากนักศึกษาบางคนต้องรอถึงภาคการศึกษาที่2 ด้วย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ฉบับปีการศึกษา2556 จำนวน 200 ข้อ แบ่งเป็น 2 ทักษะ ได้แก่ การอ่าน 100 ข้อ และ การฟัง 100 ข้อ

ซึ่งประกอบด้วย

ด้านความเข้าใจการฟัง (Listening Comprehension) ประกอบด้วย

1. Sentences about Photographs	10 items
2. Stimuli-Response	30 items
3. Short Conversations	30 items
4. Short Talks	30 items
Total Listening	100 items

ด้านความเข้าในการอ่าน (Reading Comprehension) ประกอบด้วย

1. Sentence Completion	40 items
2. Passage Completion	12 items
3. Short Passages	48 items
Total Reading	100 items

รวม 2 ด้าน จำนวน 200 ข้อ

2. ข้อสอบTOEIC ที่นักศึกษาไปสอบวัดความสามารถ ซึ่งทางศูนย์สอบ TOEIC จัดให้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษของนักศึกษาจาก ข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ผลการทดสอบวัดความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษของนักศึกษา จากข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 20 คน

การวัดความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษที่ทางสำนักวิชาพื้นฐานและภาษาจัดขึ้น ซึ่งประกอบด้วยทักษะการฟังและทักษะการอ่าน จำนวน 200 ข้อ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อสอบทั้งฉบับอยู่ที่ .81

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาตีค่าเป็นคะแนนTOEIC ตามเกณฑ์ของ บรูซ โรเจอร์ส [2] ในการแปรผลค่าคะแนน ตามเกณฑ์โดยปรับจาก บรูซ โรเจอร์ส และ อัจฉรา วงศ์โสธร [3] ซึ่งมีเกณฑ์พิจารณา ดังนี้

คะแนนตั้งแต่ 805-990 แปลว่า มีความสามารถในระดับดีมากที่สุด
คะแนนตั้งแต่ 655-800 แปลว่า มีความสามารถในระดับดีมาก
คะแนนตั้งแต่ 555-650 แปลว่า มีความสามารถในระดับดี
คะแนนตั้งแต่ 405-550 แปลว่า มีความสามารถในระดับปานกลาง
คะแนนตั้งแต่ 305-400 แปลว่า มีความสามารถในระดับค่อนข้างอ่อน
คะแนนตั้งแต่ 205-300 แปลว่า มีความสามารถในระดับอ่อน
คะแนนตั้งแต่ 10-200 แปลว่า มีความสามารถในระดับอ่อนมาก

ผลการวิเคราะห์ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่2 ตารางคะแนนความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษ จากข้อสอบวัดความสามารถภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ของนักศึกษาจำนวน 20 คน

No.	การฟัง 100	การอ่าน 100	รวม 200	TOEIC Listening 495	TOEIC Reading 495	TOEIC Total 990
1	42	56	98	210	240	450
2	59	48	107	315	195	510
3	66	59	125	350	255	605
4	48	62	110	250	270	520
5	66	68	134	350	360	710
6	44	38	82	225	145	370
7	38	42	80	190	165	355
8	35	39	74	175	150	325
9	61	56	117	325	240	565
10	42	58	100	210	250	460
11	28	33	61	130	115	245
12	52	63	115	275	280	555
13	45	51	96	230	210	440
14	35	41	76	175	160	335
15	55	47	102	295	190	485
16	28	46	74	130	185	315
17	42	35	77	210	125	335
18	39	35	74	195	125	320
19	40	38	78	200	145	345
20	39	44	83	195	175	370
ค่าเฉลี่ย	*45.2*	*47.95*	*93.15*	*231.75*	*199*	*430.75*

จากตารางพบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีคะแนนความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ค่าเฉลี่ยที่โดยรวม 430 โดยมีค่าเฉลี่ยทักษะการฟัง ที่คะแนน 231.75 ส่วนค่าเฉลี่ยทักษะการอ่าน ที่คะแนน 199 ตามลำดับ และผลจากตารางแสดงว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC ในระดับ ปานกลาง

ตารางที่3 ตารางคะแนนความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากข้อสอบTOEIC ของศูนย์สอบวัดความสามารถTOEIC ของนักศึกษาจำนวน 20 คน

นักศึกษา	TOEIC การฟัง(495)	TOEIC การอ่าน(495)	Total TOEIC (990)
1	200	250	**450**
2	305	180	**485**
3	340	255	**595**
4	265	280	**545**
5	320	355	**675**
6	220	135	**355**
7	200	145	**345**
8	165	155	**320**
9**	320	245	**565**
10	210	230	**440**

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	120	105	**225**
12	285	270	**555**
13	230	220	**450**
14	170	155	**325**
15	285	175	**460**
16	120	175	**295**
17	210	130	**340**
18	175	115	**290**
19	215	130	**345**
20	185	180	**365**
ค่าเฉลี่ย	*227*	*194.25*	*421.25*

จากตารางพบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีคะแนนความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากข้อสอบTOEIC ค่าเฉลี่ยที่โดยรวม 421.25 โดยมีค่าเฉลี่ยทักษะการฟัง ที่คะแนน 227 ส่วนค่าเฉลี่ยทักษะการอ่าน ที่คะแนน 194.25 ตามลำดับ และผลจากตารางแสดงว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC ในระดับ ปานกลาง

ตารางที่4 ตารางเปรียบเทียบคะแนนความต่าง (D) ความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาระหว่างข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษและข้อสอบTOEIC ของนักศึกษาจำนวน 20 คน

นักศึกษาคนที่	คะแนนสอบTOEIC จาก TNI Test (990)	คะแนนสอบTOEIC จาก TOEIC Test (990)	คะแนนความต่าง (Difference)
1	450	**450**	0
2	510	**485**	25
3	605	**595**	10
4	520	**545**	25
5	710	**675**	35
6	370	**355**	15
7	355	**345**	10
8	325	**320**	5
9**	565	**565**	0
10	460	**440**	20
11	245	**225**	20
12	555	**555**	0
13	440	**450**	10
14	335	**325**	10
15	485	**460**	25
16	315	**295**	20
17	335	**340**	5
18	320	**290**	30
19	345	**345**	0
20	370	**365**	5
ค่าเฉลี่ย	*430.75*	*421.25*	*9.10*

จากตารางพบว่า คะแนนเฉลี่ยของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้แก่430.35 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบTOEIC ได้แก่ 421.25 และค่าคะแนนความต่างของข้อสอบทั้งสองฉบับอยู่ที่ 9.10 ซึ่งแสดงว่า คะแนนสอบที่นักศึกษาได้จากการสอบทั้งสองฉบับมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก และประสิทธิภาพของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC ที่นักศึกษาไปสมัครสอบ

เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการทำข้อสอบทั้งสองฉบับ พบว่า นักศึกษามีผลการสอบTOEIC ทั้ง 2 ฉบับ อยู่ในระดับ ปานกลาง เหมือนกัน แสดงว่า ข้อสอบทั้ง 2 ฉบับ มีความยากง่ายใกล้เคียงกัน และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากันได้

ตารางที่5 ตารางคะแนนต่ำสุด คะแนนสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาระหว่างข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาอังกฤษและข้อสอบTOEIC ของนักศึกษาจำนวน 20 คน

	จำนวน นศ.	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
TNI Ability Test	20	245.00	710.00	430.75	119.31
TOEIC Test	20	225.00	675.00	421.25	119.86

จากตารางพบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 430.75 คะแนน มีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำสุด คือ 245 คะแนน มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงสุด คือ 710 คะแนน ตามลำดับ

ส่วนความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 421.25 คะแนน มีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำสุด คือ 225 คะแนน มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 675 คะแนนตามลำดับ

3. เปรียบเทียบความสามารถของนักศึกษาจากข้อสอบทั้งสองฉบับเพื่อหาประสิทธิภาพของข้อสอบทั้งสองฉบับ

ตารางที่6 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการทำข้อสอบทั้งสองฉบับ ของนักศึกษาจำนวน 20 คน

t- Test

	Test Value = .01					
	t	df	P	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
TNI Test	16.146	19	.000	430.74000	374.9011	486.5789
TOEIC Test	15.716	19	.000	421.24000	365.1405	477.3395

***นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01*

จากตารางพบว่า นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากข้อสอบวัดความสามารถทางภาษาของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 430.74 และคะแนน t =16.146 ส่วนความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากข้อสอบTOEIC ของศูนย์สอบTOEIC มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 421.42 และคะแนน t= 15.716 โดยมีค่า P = .000 ซึ่งแสดงว่าความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจากข้อสอบทั้ง 2 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 7 ตารางเปรียบเทียบสหสัมพันธ์กันทางสถิติของข้อสอบทั้งสองฉบับ

		TNI Test	TOEIC Test
TNI Test	Pearson Correlation	1	.992**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	20	20
TOEIC Test	Pearson Correlation	.992**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	20	20

*** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

***นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางพบว่า ข้อสอบทั้งสองฉบับ มีคะแนนสหสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูงมาก คือ .992 โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัย เรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบวัดระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กับแบบวัดความสามารถทางภาษาของข้อสอบTOEIC ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น สรุปได้ดังนี้

1. นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษา ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

2. นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น มีความสามารถในการทำข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

3. ประสิทธิภาพของข้อสอบทั้ง2ฉบับมีคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้แก่ 430.35 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบTOEIC ได้แก่ 421.25 และค่าคะแนนความต่างของข้อสอบทั้งสองฉบับอยู่ที่ 9.1 ซึ่งแสดงว่า คะแนนสอบที่นักศึกษาได้จากการสอบทั้งสองฉบับมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก และประสิทธิภาพของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC

4. ความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจากข้อสอบทั้ง 2 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5. ข้อสอบทั้งสองฉบับ มีคะแนนสหสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูงมาก คือ .992 โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบวัดระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กับแบบวัดความสามารถทางภาษาของข้อสอบTOEIC ของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จากสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่4 สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีความสามารถในการทำข้อสอบวัดความสามารถทางภาษา ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง อาจเป็นเพราะว่า การเรียนรู้ภาษาเป็นการเรียนที่ต้องใช้การรับรู้และการจำ โดยเน้นการฝึกปฏิบัติบ่อยๆ จึงจะเกิดความชำนาญในการเรียนภาษาและในการทำข้อสอบ ซึ่งสอดคล้องแนวคิดของแครชเชน[4] ที่ว่าการเรียนรู้ภาษาเป็นกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาความสามารถทางภาษาและให้ความแตกต่างของกระบวนการนี้จากการเรียนรู้การรับรู้ภาษาเป็นเพียงตัวแทนของความคิดหรือสัมปชัญญะเกี่ยวกับความรู้ทางไวยากรณ์ซึ่งมีผลจากการเรียนการสอนแต่ไม่อาจนำไปสู่การรับรู้ได้ ระบบการเรียนจะสามารถตอบสนองได้เพียงการตรวจสอบผลของระบบการรับภาษาเท่านั้น นอกจากนั้น ไฮเมส [5] ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาความสามารถในการใช้ภาษาของแต่ละคนที่ต่างวัฒนธรรมกัน ก็มีความต่างกัน และความสามารถทางการภาษาหมายถึง ความสามารถของผู้พูดในการสื่อความหมายในชุมชน ผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารจะมีความรู้และความสามารถในการใช้ภาษาได้โดยคำนึงสิ่งต่างๆ เช่น การใช้ภาษานั้นเป็นไปอย่างถูกต้องตามกาลเทศะหรือไม่ ที่เป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ และการใช้ภาษานั้นช่วยให้การแสดงความหมายเป็นที่เข้าใจได้อย่างชัดเจนหรือไม่เพียงใด การใช้ภาษานั้นสอดคล้องกับบริบทภาษาที่ใช้อย่างเหมาะสมและประสบความสำเร็จเพียงใด

2. ประสิทธิภาพของข้อสอบทั้ง 2 ฉบับ คือคะแนนจากข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อยู่ที่ 430.35 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบTOEIC ได้แก่ 421.25 และค่าคะแนนความต่างของข้อสอบทั้งสองฉบับอยู่ที่ 9.1 ซึ่งแสดงว่า คะแนนสอบที่นักศึกษาได้จากการสอบทั้งสองฉบับมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก และประสิทธิภาพของข้อสอบวัดความสามารถของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับข้อสอบTOEIC จากศูนย์สอบTOEIC อาจเนื่องมาจาก แนวทางการวัดผลประเมินผลเป็นสิ่งสำคัญในการสอบ และการออกข้อสอบก็มีความสำคัญต่อผลการสอบของผู้เรียน เนื่องจากนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นได้ฝึกอบรมวิธีการสอบในรูปแบบของTOEIC มาจึงมีความคุ้นเคยกับรูปแบบการสอบดังกล่าว จึงทำให้ผู้เรียนสามารถทำข้อสอบได้ และลักษณะข้อสอบ ความยากง่ายก็น่าจะมีความใกล้เคียงกัน จึงทำให้นักศึกษามีผลสอบของข้อสอบทั้ง2ฉบับคะแนนไม่ห่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะวานักศึกษามีการฝึกทักษะทั้ง 2 ทักษะ คือ ทักษะการฟังและทักษะการอ่าน ไปพร้อมๆกัน สำหรับทักษะการฟังนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นมีการเรียนรู้ที่เป็นระบบตามกระบวนการของการฟังซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ แครชเชน [6] ที่กล่าวว่า การฟังหมายถึง การรับปัจจัยป้อนที่มีความหมาย เมื่อผู้ฟังได้รับปัจจัยป้อนทางภาษาที่เข้าใจได้ย่อมสามารถรับรู้ภาษาได้ดีหรือพัฒนาภาษาได้อย่างถูกกระบวนการ ในการเรียนการสอนไม่ควรบังคับให้นักเรียนพูดภาษาที่สองหรือภาษาเป้าหมาย จนกว่าผู้เรียนหรือผู้ฟังจะได้มีโอกาสในการรับรู้ภาษาพอสมควร ซึ่งมีวิธีการหลายอย่างที่จะช่วยให้ผู้เรียนหรือผู้ฟังได้รับปัจจัยป้อนเข้าที่มีความหมาย เช่น ผู้สอนใช้คำสั่งให้ผู้เรียนแสดง หรือปฏิบัติตามที่ผู้สอนพูด นอกจากการใช้คำสั่งแล้ว ผู้สอนอาจจะใช้ท่าทางหรืออุปกรณ์ต่างๆเช่น รูปภาพ ซึ่งช่วยให้ปัจจัยป้อนมีความหมายมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจได้ในที่สุด

นอกจากนี้แล้ว นักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ได้มีการฝึกทักษะการอ่านก่อนการทำข้อสอบจึงเกิดความคุ้นเคยกับข้อสอบในส่วนของทักษะการอ่าน เนื่องจากการอ่านเป็นกระบวนการใช้ความคิดผู้อ่านจะต้องใช้ความคิดและเทคนิคเฉพาะตัวซึ่งช่วยให้เข้าใจเรื่องที่อ่านได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของกู๊ดแมน [7] ที่กล่าวว่า การอ่านเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการที่ต้องใช้ความคิด ผู้อ่านจะต้องใช้ความคิดและเทคนิคเฉพาะตัวซึ่งช่วยให้เข้าใจเรื่องที่อ่าน ในการสอนอ่านภาษาที่สองนั้นหากใช้การเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่เหมือนกับสิ่งที่ต่างกัน หรือเปรียบเทียบภาษาที่สองกับภาษาของตนเอง จะทำให้การอ่านง่ายขึ้นสำหรับผู้เรียนบางคน ถ้าเนื้อหาที่อ่านยากเกินไปผู้เรียนจะรู้สึกเบื่อหน่ายและท้อแท้ แต่ถ้าผู้เรียนได้อ่านเรื่องที่ตนเองสนใจมีความหมายต่อชีวิตและสอดคล้องกับประสบการณ์เดิม จะทำให้ผู้เรียนพัฒนาการอ่านได้ดี สื่อที่นำมาใช้สำหรับการเริ่มอ่าน ควรเป็นภาษาทั่วๆไปเช่น ป้าย คำสั่ง คำบรรยาย บทสนทนา เป็นต้น ควรหลีกเลี่ยงเรื่องเกี่ยวกับวรรณคดี เพราะผู้เรียนจะรู้สึกว่าเป็นเรื่องยากเกินไป ควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้พูดถึงประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะอ่านก่อน เพราะจะทำให้ผู้เรียนอ่านง่ายขึ้น สำหรับผู้เรียนที่เริ่มเรียนภาษาที่สองนั้นควรสอนให้เป็นไปตามธรรมชาติโดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เข้าใจความหมายของเรื่องที่อ่านเป็นประการสำคัญ

3. ความสามารถในการทำข้อสอบของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่นจากข้อสอบทั้ง 2 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นอกจากนั้น ข้อสอบทั้งสองฉบับมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อีกด้วย แสดงว่าข้อสอบทั้งสองฉบับ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและแนวการออกข้อสอบก็มีลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเนื่องมากจากข้อสอบทั้งสองฉบับ มีจุดมุ่งหมายในการประเมินทักษะที่เหมือนกัน และการสอนภาษาก็ต้องเน้นการสอนทักษะความเข้าใจ ทักษะการอ่านและทักษะการฟังที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของวิดโดว์สัน [8] ที่กล่าวว่าเมื่อพูดถึงจุดมุ่งหมายของการสอนภาษาก็มักจะพูดถึงทักษะทางภาษา คือ ทักษะความเข้าใจ ทักษะการพูด การอ่านและการเขียน ซึ่งเมื่อกล่าวถึงทักษะเหล่านี้ก็มักจะเกี่ยวโยงไปถึงการกำหนดกิจกรรมที่มุ่งให้ผู้เรียนปฏิบัติได้ สิ่งที่ควรตระหนักในการเรียนการสอนภาษาคือ การเรียนรู้ภาษานั้นมีความหมายมากกว่าเพียงการเข้าใจการพูด การอ่าน และการเขียนประโยคได้เท่านั้น แต่ผู้เรียนจะต้องรู้ด้วยว่า ควรจะใช้ประโยคต่างๆเพื่อการสื่อความหมายให้มีประสิทธิภาพได้อย่างไร นั่นคือควรมุ่งให้ผู้เรียนใช้ภาษาได้ถูกต้องและข้อสำคัญคือ การใช้ภาษานั้นจะต้องเหมาะสม และมีประสิทธิผลในด้านการสื่อความหมายด้วย มิใช่มุ่งเพียงแต่ให้ใช้ภาษานั้นจะต้องเหมาะสม และมีประสิทธิผลในด้านการสื่อความหมายด้วย มิใช่มุ่งเพียงแต่ให้ใช้ภาษาได้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์เท่านั้น นอกจากนั้นการสอนภาษานั้นต้องเน้นกิจกรรมการสอนที่ดีและเป็นไปตามขั้นตอนการสอนภาษาเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับแนวคิดของลิทเทิลวูด [9] ซึ่งได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนภาษา ว่าเป็นสิ่งสำคัญและมีส่วนช่วยในการเรียนรู้ภาษา ซึ่งเรียกว่า กิจกรรมมุ่งงานปฏิบัติ (Task-Oriented Activities) โดยมีวิธีการคือ 1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการใช้ภาษาในลักษณะที่เต็มที่สมบูรณ์ (Whole – Task Practice) ในการฝึกและการใช้ภาษานั้นถ้านักเรียนได้รับการฝึกเฉพาะทักษะแยกออกจากกัน (Part – Skills) ย่อมไม่เป็นการเพียงพอ นักเรียนควรจะได้รับการฝึกทักษะต่างๆรวมเข้าด้วยกันโดยสมบูรณ์ (Total - Skills) ไม่แบ่งมาฝึกทักษะเดี่ยวๆวิธีที่จะช่วยให้นักเรียนได้มีการฝึกการใช้ภาษาในลักษณะดังกล่าวนี้คือ การจัดกิจกรรมโดยมุ่งงานปฏิบัติหลายๆประเภทและกิจกรรมนั้นจะต้องเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนด้วย 2) ช่วยเพิ่มแรงจูงใจของนักเรียน (Improve Motivation) เป้าหมายสูงสุดของผู้เรียนภาษาคือความสามารถในการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารกับผู้อื่น ดังนั้นถ้าสภาพในห้องเรียนสัมพันธ์กับความต้องการในการเรียนภาษาก็จะเป็นแรงจูงใจให้นักเรียนอยากเรียนมากขึ้น 3) ช่วยให้การเรียนภาษาเป็นไปอย่างธรรมชาติ (Natural Learning) การเรียนรู้ภาษานั้นเกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียนและเป็นไปตามธรรมชาติ ในการสอนนั้นไม่อาจทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ภาษาได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการที่ครูจะสอนให้นักเรียนรู้ภาษาก็จะต้องอยู่ในลักษณะที่เป็นกระบวนการธรรมชาติ คือ ต้องจัดให้นักเรียนได้ใช้ภาษา เพื่อการสื่อสารกับผู้อื่นอย่างจริง และ 4) ช่วยสร้างบริบทซึ่งมีส่วนส่งเสริมสนับสนุนการเรียนรู้ภาษา (Create a context which support learning) คือ เป็นการเปิดโอกาสให้ครูและนักเรียนสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ซึ่งความสัมพันธ์จะสร้างสภาพแวดล้อมและบรรยากาศที่สนับสนุนให้ผู้เรียนแต่ละคนพยายามที่จะเรียนรู้ภาษา

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. (2556). *คู่มือนักศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

[2] Rogers, Bruce. (2006). *Complete Guide to the TOEIC Test. 3rd Edition*. Heinle, Cengeage Learning. Boston: USA.

[3] อัจฉรา วงศ์โสธร (2544). การทดสอบและการประเมินผลการเรียนภาษาอังกฤษ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] Krashen,Steppan D. (1984). *Writing: Research, Theory and Application*. California: Pergamon Press.

[5] Hymes, D. (1972). On Communicative Competence. In J.B. Pride and J. Holmes (eds.), *Sociolinguistics*. Harmondsworth: Penguin.

[6] Krashen, Stephen D.(1983). Principles and Practice in Second Language Acquisition. Pergamon Press

[7] Goodman, Kenneth S.(1982). "*The Linguistics of reading,*" In. F. Gollasch (Ed). Language and Literacy : The selected writing of Kenneth S. Goodman. Vol. 1 Boston : Routledge & Kegan Paul.

[8] Widdowson, H.G.(1978). *Teaching Language as Communication*. Oxford: Oxford University Press.

[9] Littlewood, William. (1981). *Foreign and Second Language Learning*. Cambridge : Cambridge University Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาแอปพลิเคชันจัดทำเส้นทางแผนที่ สำหรับบริการจัดส่งนอกสถานที่ของธุรกิจอาหาร

Development of A Delivery Route Map Application for Restaurant Business

จิรศักดิ์ อิ่มกำเหนิด[1], กิตติมา เมฆาบัญชากิจ[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ
[1] im.jirasak_st@tni.ac.th
[2] kittima.me@tni.ac.th

บทคัดย่อ

ธุรกิจร้านอาหารเป็นที่นิยมกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในย่านธุรกิจในเมืองซึ่งต้องทำงานแข่งกับเวลาที่เร่งรีบ การสร้างจุดแข็งให้กับร้านอาหารมักเป็นการบริการที่สะดวกรวดเร็ว ธุรกิจร้านอาหารจึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการบริการธุรกิจร้านอาหารยังมีการบริการจัดส่งนอกสถานที่เพื่ออำนวยความสะดวกต่อลูกค้าอย่างไรก็ตาม การบริการจัดส่งนอกสถานที่มักมีข้อจำกัดในด้านรัศมีหรือระยะทางของการจัดส่งและการจราจรของเส้นทางที่จัดส่งสินค้า

เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อจัดทำเส้นทางบนแผนที่ในการจัดส่งอาหารนอกสถานที่ โดยเชื่อมโยงกับข้อมูล POSและกูลเกิ้ลแมพ เอพีไอและพัฒนาอัลกอริธึมสำหรับแนะนำเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบริการจัดส่งอัลกอริธึมใช้วิธี ID3 โดยมีการกำหนดน้ำหนัก (1) น้ำหนักเริ่มต้นที่ผู้ใช้สามารถกำหนดได้เอง (2) น้ำหนักของตัวแปรระยะทาง และ (3) น้ำหนักของตัวแปรสภาพการจราจร

คำสำคัญ: การจัดทำเส้นทางแผนที่, ธุรกิจร้านอาหาร, กูลเกิ้ลแมพเอพีไอ, อัลกอริธึม ID3

Abstract

The restaurant business is very popular, especially in cities where life runs at a fast pace; people are much in hurry. Restaurants often strengthen their businesses with offered options of higher quality and faster services. Restaurant businesses use information technology in several services for competiveness, such as faster delivery service to customers. However, the delivery services are often constrained in the distance of delivery routes and traffic conditions.

To solve such constraints. This research proposes an application development which provides the delivery route map generated from the POS data using Google Map API. An ID3 algorithm has been developed for recommending the most suitable delivery routes. The recommendation is determined by 3 weighting variables (1) initial settings based on user preference (2) the distance of each map route (or path) found, and (3) the traffic condition of each route

Keywords: Delivery Route Map, Restaurant Business, Google Map API, ID3Algorithm

1. บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิต และสังคมมากขึ้นเพื่อการทำงานการสื่อสารการเดินทางท่องเที่ยว และการบริการส่งสินค้า ธุรกิจร้านอาหารใช้เทคโนโลยีเพื่อบริการลูกค้าที่สะดวกรวดเร็ว มักมีการบริการจัดส่งนอกสถานที่การจัดส่งอาหารนอกสถานที่มักมีข้อจำกัดได้แก่

1) รัศมีในการจัดส่งอาหารนอกสถานที่

2) ผู้จัดส่งอาหารขาดความชำนาญในเส้นทางที่ไม่เคยไปบริการจัดส่ง

โดยทั่วไปธุรกิจร้านอาหารมักใช้ระบบสารสนเทศที่เรียกว่า ระบบจุดขาย (Point Of Sale, POS) เพื่อการรับการสั่งซื้อและการชำระเงินเมื่อมีการรับคำสั่งซื้อที่มีการจัดส่งนอกสถานที่ผู้ทำจัดส่งสินค้าจึงจำเป็นต้องใช้แผนที่ที่ตั้งของลูกค้าแต่ละราย และตรวจสอบเงื่อนไขและข้อจำกัดของธุรกิจในการจัดส่งนอกสถานที่ได้จากการสำรวจวรรณกรรมและผลิตภัณฑ์ ยังไม่พบแอพพลิเคชันดังกล่าว [1][2]

งานวิจัยนี้พัฒนาแอพพลิชันจัดทำเส้นทางบนแผนที่ เพื่อการจัดส่งอาหารนอกสถานที่โดยเชื่อมโยงกับข้อมูล POS ซึ่งสนับสนุนการตรวจสอบเงื่อนไขและข้อจำกัดดังที่กล่าวข้างต้น และช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด

2. ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี POS การจัดทำเส้นทางแผนที่ และที่เกี่ยวข้องกับเส้นทางบนแผนที่

การประยุกต์แผนที่กับธุรกิจร้านอาหาร

กูเกิ้ลแมพ เอพีไอ (Google Maps API) [5] ช่วยในการพัฒนาแอปพลิเคชันทางด้านภูมิสารนเทศได้สะดวกขึ้น โดยนักพัฒนาสามารเขียน

โปรแกรมเพื่อแทรกกูเกิ้ลแมพเข้าไปเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งในเว็บเพจที่ต้องการได้ง่ายโดยเขียนเป็นรหัส HTML และจาวาสคริปต์ ในรูปแบบที่ไม่สลับซับซ้อนนักสำหรับงานแผนที่ง่ายๆ กูเกิ้ลแมพ เอพีไอ มีขีดความสามารถกว้างขวางในการนำเสนอข้อมูลแผนที่ในลักษณะปักหมุด (Push pin / Place marker) สามารถกำหนดให้แสดงข้อมูลประกอบแผนที่เมื่อผู้ใช้คลิกปักหมุดแผนที่แบบเส้น (Polyline) แบบพื้นที่ (Polygon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และภาพวางซ้อนบนแผนที่ (Ground Overlay) ส่วนประกอบพื้นฐานสำคัญที่ของกูเกิ้ลแมพ คือแผนที่และภายถ่ายดาวเทียมซึ่งครอบคลุมทั่วพื้นผิวโลก

ในมาตราส่วนต่างๆ ตามความเหมาะสม การพัฒนาต่อยอดจากกูลเกิ้ลแมพเป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากจัดทำกูเกิ้ลแมพ เอพีไอ เป็นโปรแกรมรหัสเปิด (Open Source) ในภาษาจาวาสคริปต์จึงทำให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถเข้าไปดูรายละเอียดของรหัสโปรแกรมได้สะดวก สามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขโปรแกรมได้ ทำให้มีผู้ใช้กันอย่างกว้างขวางและที่สำคัญที่ส่งเสริมให้มีผู้ใช้มากคือแผนที่และภาพถ่ายดาวเทียมคุณภาพดีที่ใช้สนับสนุนการทำแผนที่มีให้ครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ อย่างกว้างขวาง และชื่อเสียงของโปรแกรม Google Earth เสริมด้วยบริการ Google Local ที่มีมาก่อน

บริษัท FoodTec Solutions [6] ได้นำเสนอผลิตภัณฑ์ DeliveryIQ ในอุตสาหกรรมอาหารที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าที่มีข้อได้เปรียบที่สำคัญที่สุดผู้ประกอบการร้านอาหารที่สามารถใช้ประโยชน์ในการได้รับการแข่งขัน FoodTec Solutions สร้างแอปบนสมาร์ทโฟน DeliveryIQ เป็นครั้งแรกแบบครบวงจรที่ช่วยให้ธุรกิจการตรวจสอบและติดตามความสามารถในการส่งคำสั่งซื้อได้ทันท่วงที การแก้ปัญหาเพื่อให้ข้อมูลอัพเดททุกนาทีกับลูกค้า รวมถึงความคืบหน้าของคนขับรถส่งสินค้า, สถานที่และเวลาที่เดินทางจนถึงสถานที่เป้าหมายของแต่ละคำสั่งซื้อลูกค้าสามารถเข้าถึงได้ทันทีด้วยสมาร์ทโฟน แสดงตำแหน่งของคนขับรถที่ใช้สัญญาณจีพีเอสและส่งข้อมูลในเวลาจริง และยังมีความสามารถให้ลูกค้าสามารถชำระเงินผ่านมือถือ(Mobile Payment), เซ็นเพื่อชำระสินค้าในการสั่งซื้อ (Signature Capture)

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการจัดส่งอาหาร

Parne [7] ได้พัฒนาโปรแกรมประเภทกิจกรรมทางสังคม ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานในการค้นหาทั่วไปและการค้นหาแบบขั้นสูงโดยสามารถระบุประเภทและให้คะแนนร้านอาหารแผนที่บนกูเกิ้ลแมพจะแสดงรายชื่อ 5 ร้านอาหารในเมืองและตำแหน่งปัจจุบัน รวมถึงเส้นทางไปยังร้านอาหารสามารถแสดงความคิดเห็น และเชิญเพื่อนในการเข้าร่วมร้านอาหาร

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถแสดงร้านอาหารและตำแหน่งได้เหมือนกัน

Firdhous และคณะ [8] ได้ออกแบบและพัฒนาการวางแผนเส้นทางที่ช่วยเหลือผู้ใช้งานให้เลือกเส้นทางที่ดีที่สุดระหว่างสองสถานที่ในเมืองโคลัมโบ ในประเทศศรีลังกา โดยมีการพัฒนาบนเว็บบราวเซอร์และ GPRS บนอุปกรณ์เคลื่อนที่โดยใช้ฐานข้อมูล และภาษาC# ในASP.NET เพื่อจัดหาเครื่องมือที่เหมาะสมในการจัดทำแอปพลิเคชัน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถวางแผนการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดได้เหมือนกัน

Philbin และ Moon [9] ได้สร้างเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการหาเส้นทางและจุดแวะตามเส้นทาง,ค้นหาจากประเภท, ค้นหาจากคำเป็นต้นโดยใช้วิธีนำข้อมูลแผนที่ ,ข้อมูลที่ตั้งจำนวนมากไปไว้ที่เซิฟเวอร์ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ ไปใช้ในการสร้างเส้นทาง อันประกอบด้วย เส้นทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในการสร้างทางเลือกในการค้นหา

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถหาเส้นทางได้เหมือนกัน ข้อด้อยคือไม่สามารถจุดแวะพักเส้นทางได้

Beyeler และ Gearhart [10] ได้ออกแบบระบบสำหรับแสดงการสร้างแผนที่ มีการกำหนดเส้นทางเพื่อเปรียบเทียบระยะทาง ระหว่างจุดที่เราสนใจโดยใช้วิธีใช้ความหนาแน่นของจุดที่เราสนใจ, ระยะทางของจุดที่น่าสนใจจากสถานที่อ้างอิง

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อด้อยของงานวิจัยนี้คือ ไม่มีการใช้ความหนาแน่นของจุดที่เราสนใจ

Tan [11] ได้เสนอวิธีการออกแบบ การบริการค้นหาแผนที่ร้านอาหาร สำหรับนักท่องเที่ยว โดยมีการแจ้งเตือนผ่านSMS, แบบเรต้าวิวและแบบแจ้งเตือนโดยเป็นแผนที่ ผ่านเครือข่ายไร้สาย

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อด้อยของงานวิจัยนี้คือ ไม่สามารถใช้การค้นหาแผนที่แบบแจ้งเตือนผ่าน SMS หรือแบบอื่นๆได้

Ibrahim และ Mohsen [12] ได้เสนอวิธีการพัฒนาแอปพลิเคชันแผนที่โดยเพิ่ม Navigation กับแสดงทางแผนที่เพื่อการเลือกเส้นทางที่สะดวกขึ้น แอปพลิเคชันนี้พัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ออกแบบสถาปัตยกรรมClient/Server โดยใช้ Google Map APIs, Google Direction APIs, PHP, JSON และMySQL

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อด้อยของงานวิจัยนี้คือ ไม่มีการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Kale [13] ได้สร้างเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้แนวคิดที่สำคัญในวิชาภูมิสารสนเทศ (GIS) และกูเกิ้ลแมพ เอพีไอ ของนักศึกษาในสาขาภูมิศาสตร์ Kale ได้เสนอแนวคิดการเรียนรู้ทางด้านภูมิศาสตร์โดยอาศัยอินเตอร์แอคทีฟยูสเซอร์อินเตอร์เฟส (Interactive Interface) โดยมีการสำรวจทัศนคติต่อการใช้เครื่องมือวิจัยจากนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโท พบว่านักศึกษาทั้งสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสาขาอื่นๆมีความเห็นว่าเครื่องมือการเรียนรู้นี้ช่วยให้การเรียนรู้ดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อด้อยของงานวิจัยนี้คือ ไม่ได้ใช้ในการประยุกต์กับการเรียนการสอน

Quinlan, J. R [14] ได้เสนอแนวคิดการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ด้วยอัลกอริธึมระบบช่วยการตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลคุณภาพของนักเรียน เพื่อเปรียบเทียบอัลกอริธึม ทั้ง 3 อัลกอริธึม คือ ID3, C4.5 และ CART จำแนกกรณีที่ถูกต้อง และกรณีที่ไม่ถูกต้อง

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถแสดงเส้นทางที่เหมาะสมโดยใช้หลักการ ID3

ภัทรไชย ช้างแรงการ [15] ได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อสนับสนุนการทำงานของกรมทางหลวง ในการวิเคราะห์และประเมินงานซ่อมแซมสภาพถนนเป็นไปได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยใช้วิธี การประเมินคุณภาพถนนโดยใช้บุคคล

(Personal Serviceability Rating, PSR) หลักการทำงานของ GPS และกูเกิ้ลแมพ เอพีไอ

เมื่อเปรียบเทียบกับงานทบทวนวรรณกรรม ข้อดีของงานวิจัยนี้คือใช้การประเมินเหมือนกัน

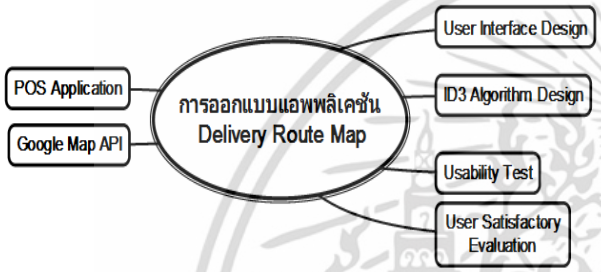
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การพัฒนาแอปพลิเคชันจัดทำเส้นทางแผนที่

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับจัดทำเส้นทางแผนที่เริ่มจากการศึกษาธุรกิจร้านอาหารจาก บริษัท FoodTec Solution[6],Parne[7], Firdhous และคณะ [8] ซึ่งพบว่าธุรกิจร้านอาหารที่มีบริการจัดส่งนอกสถานที่ ได้แก่ การจัดทำแผนที่ การอัพเดทสถานะสถานที่เวลาที่คาดว่าพนักงานจัดส่งสินค้าจะมาถึง และการค้นหาร้านอาหารแบบทั่วไปและแบบขั้นสูง มีการแสดงรายชื่อร้านอาหาร ตำแหน่งปัจจุบันเส้นทางความคิดเห็น และเชิญเพื่อน

3.1 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันในงานวิจัยนี้อาศัยแนวคิดการออกแบบแอปพลิเคชัน ดังแสดงในรูปที่ 1.



รูปที่ 1. แนวคิดที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันจัดทำเส้นทางแผนที่

ในรูปที่ 1 การออกแบบแอปพลิเคชันจัดเส้นทางแผนที่ โดยอาศัยองค์ประกอบของแนวคิดดังต่อไปนี้

- วิศวกรรมซอฟต์แวร์เชิงวัตถุ ตามความต้องการเชื่อมโยงกับ POS เพื่อสนับสนุนระบบการซื้อขาย
- กูลเกิ้ลแมพ เอพีไอ เพื่อจัดทำเส้นทางแผนที่
- การออกแบบยูสเซอร์อินเตอร์เฟส (User Interface Design)
- การออกแบบอัลกอริธึม (ID3 Algorithm Design) เพื่อประเมินหาเส้นทางทางเลือกที่ดีที่สุด เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ
- การทดสอบความสะดวกในการใช้งาน(Usability Test) ผู้ใช้งานสามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันจัดทำเส้นทางแผนที่

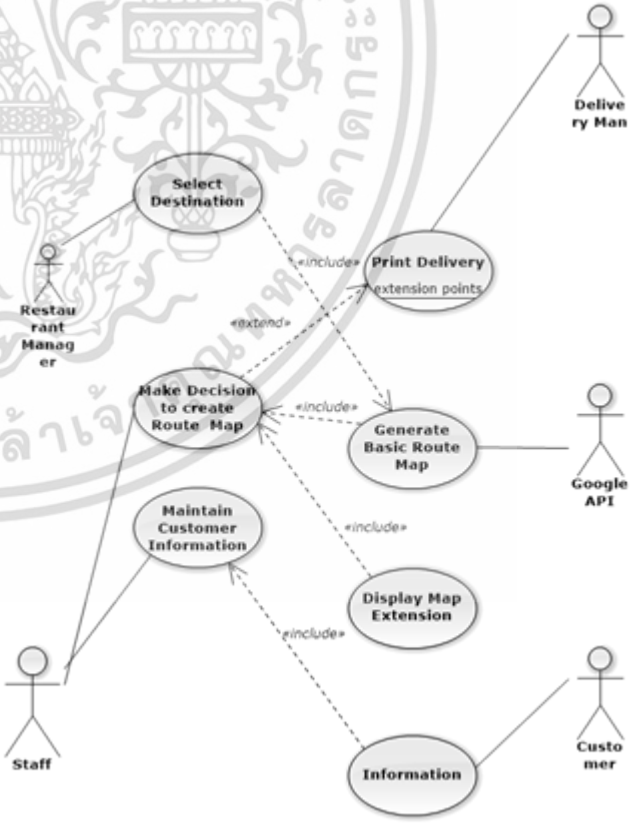
ในรูปที่ 2 แสดงแผนภาพUse Case ของระบบ ซึ่งมี (Actor) เป็นเจ้าหน้าที่ร้านอาหาร (Staff),ลูกค้า (Customer), พนักงานส่งสินค้า (Delivery Man), กูลเกิ้ลแมพ เอพีไอ (Google Map API) และเจ้าของธุรกิจร้านอาหาร (Restaurant Manager) แอปพลิเคชันนี้จัดทำเส้นทางแผนที่ มีกระบวนหลัก (Use Case) 7 ยูสเคสได้แก่

- การประเมินผลทางด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Satisfaction Evaluation)

1. การออกแบบแอปพลิเคชันนี้ใช้วิธีการพัฒนาเชิงวัตถุ (Object-Oriented Design) ด้วยแผนภาพ UML ได้แก่ แผนภาพ Use Case และ แผนภาพ Activity ดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ
   เลือกเส้นทางแผนที่ (Select Destination)
2. สร้างเส้นทางแผนที่ทั่วไป (Generate Basic Route Map)
3. บันทึกข้อมูลลูกค้า (Maintain Customer Information)
4. พิมพ์แผนที่เส้นทางการจัดส่ง (Print Delivery Route Map)
5. สร้างเส้นทางแผนที่เพื่อการตัดสินใจ (Make Decision to Delivery Route)
6. แสดงเส้นทางในการจัดส่ง (Display Map Extension)
7. บันทึกข้อมูล เช่น ที่อยู่และตำแหน่ง (Information)

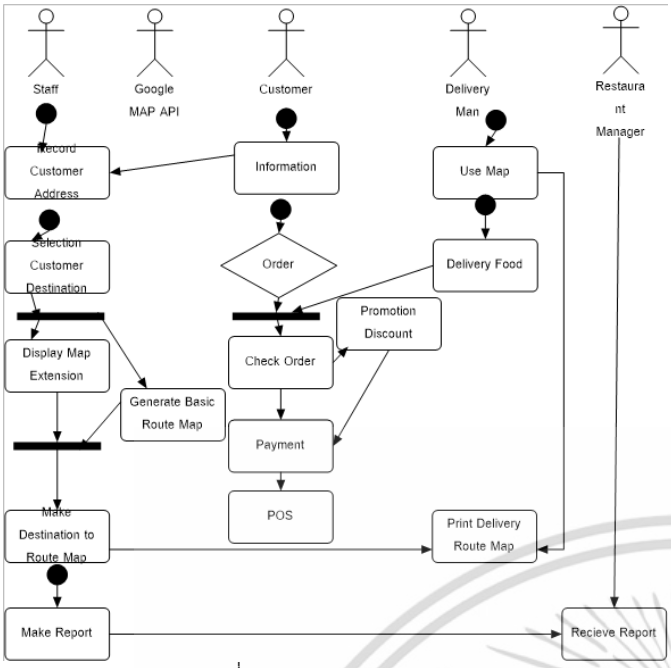
แผนภาพ Activity ในรูปที่ 3 แสดงบทบาทหน้าที่ของผู้ใช้แอปพลิเคชันและระบบที่เกี่ยวข้อง (ในที่นี้ คือ กูเกิ้ลแมพ เอพีไอ)

- เจ้าหน้าที่ร้านอาหาร (Staff) ทำหน้าที่สร้างเส้นทางสำหรับการตัดสินใจในเลือกเส้นทาง เก็บข้อมูลข้อลูกค้า จัดทำรายงาน
- ลูกค้า (Customer) ทำหน้าที่ให้ข้อมูลต่างๆ เช่น เลขที่สมาชิก , ที่อยู่, ตรวจสอบสินค้า ได้รับถูกต้องหรือไม่, สั่งซื้ออาหาร ตรวจสอบรายการ และจ่ายผ่านระบบ POS. กรณีสินค้าตรวจสอบรายการไม่ครบ ทางร้านมีโปรโมชันส่วนลดได้
- พนักงานส่งสินค้า (Delivery Man) ทำหน้าที่นำแผนที่ไปใช้ในการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า , รับเงิน
- Google Maps API ทำหน้าที่สร้างเส้นทาง
- Restaurant Manager ทำหน้าที่รับรายงานจากเจ้าหน้าที่ร้านอาหาร และจัดโปรโมชัน กรณีลูกค้าได้รายการสินค้าไม่ครบ



รูปที่ 2.UML Use Case Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.UML Activity Diagram

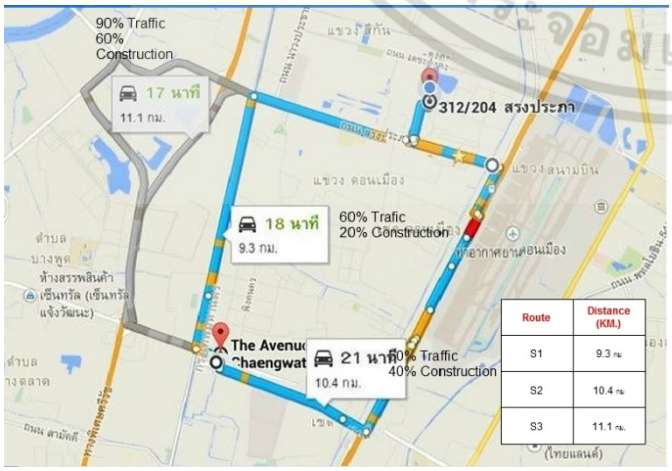
3.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน

การออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับภูมิสารสนเทศมักจะทำได้โดยเริ่มจากการออกแบบ User Interface เพื่อเป็นต้นแบบ (ดูรูปที่ 4.)

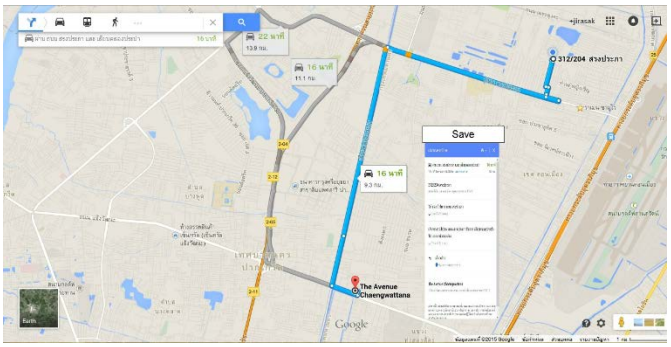
การเลือกเส้นทางที่เหมาะสม จะพิจารณา ได้แก่ (1) น้ำหนักของระยะทาง (2) ข้อมูลด้านสภาพการจราจร (3) แหล่งข้อมูลของการจัดทำเส้นทางแผนที่โดยระบบจะแนะนำเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้การให้ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสม โดยใช้สูตรดังตารางที่ 5

ในรูปที่ 4 (ข) เมื่อผู้ใช้ระบบเลือก “Recommend” ระบบจะแสดงเส้นทาง (Direction) ทางขวามือของแผนที่ พร้อมกับมีปุ่ม “Save” เพื่อให้สามารถจัดเก็บเส้นทางแผนที่ไปยังระบบบริหารธุรกิจร้านอาหาร การบันทึกข้อมูลเส้นทางที่เลือกแล้วนี้ จะอยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล (Schema)

ตารางที่ 1 จากการสำรวจแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของเส้นทางแผนที่ พบว่าข้อมูลที่สำคัญได้แก่ ระยะทาง และความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์



รูปที่ 4 (ก) ตัวอย่างเส้นทางระหว่างร้านอาหารและที่ตั้งลูกค้า



รูปที่ 4 (ข) ระบบแนะนำเส้นทางที่เหมาะสม

รูปที่ 4 การแสดงผลแอปพลิเคชันบนแผนที่

ตารางที่ 1 แหล่งข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการจัดทำเส้นทางแผนที่

ข้อมูล	แหล่งที่มา
S1 ระยะทาง หน่วยเป็น ก.ม.	[3],[4]
S2ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ (Km/h)	[5]

ตารางที่ 2 การให้น้ำหนักที่กำหนดในอัลกอริธึม โดยมีสัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นที่ผู้ใช้กำหนดได้ (WI, Weight of Initial settings)

ระยะทาง (ก.ม.) น้ำหนัก WI_1 =.0.6		**สภาพการจราจร (ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ km/h)** น้ำหนัก WI_2 =.0.4	
น้ำหนัก WD (ดูตารางที่ 2)	ข้อมูล	น้ำหนัก WT (ดูตารางที่ 3)	ข้อมูล
ใกล้	ค่าระยะทางใกล้ที่สุด	คล่องตัว	>80 ก.ม./ชั่วโมง
กลาง	ค่าเฉลี่ยของระยะทาง	คล่องตัวปานกลาง,	40-80 ก.ม./ชั่วโมง
ไกล	ค่าระยะทางไกลที่สุด	ไม่คล่องตัว,	<40 ก.ม./ชั่วโมง

ในตารางที่ 2 การให้น้ำหนักในอัลกอริธึม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ใช้ตัวแปรระยะทางและตัวแปรสภาพการจรจร ซึ่งมีสัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นที่ผู้ใช้สามารถกำหนดได้เอง

ระยะทาง ให้ค่าน้ำหนัก WI_1เท่ากับ 0.6
โดยระยะทางจัดแบ่งออกเป็น ใกล้ กลางและไกล (กิโลเมตร)

สภาพการจราจร ให้ค่าน้ำหนัก WI_2เท่ากับ 0.4
โดยสภาพการจราจร คิดจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์(กิโลเมตร/ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การให้น้ำหนักของระยะทาง (WD, Weight of Distance of a Path)

ระยะทาง (ก.ม.)	น้ำหนัก WD
ใกล้	= 1
กลาง	= 0.6-0.8
ไกล	= 0.4

ในตารางที่ 3 แสดงการให้น้ำหนักของระยะทาง ดังต่อไปนี้
ระยะทางใกล้ มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1
ระยะทางกลาง มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.6-0.8
ระยะทางไกล มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.4
ซึ่งพบว่าระยะทางกับน้ำหนักมีค่าแปรผกผันซึ่งกันและกัน

ตารางที่ 4 การให้น้ำหนักของสภาพการจราจร (WT, Weight of Traffic Condition of a Path)

สัญลักษณ์ของสภาพการจราจร (สี)	ความเร็วของรถยนต์ (Km./h)	น้ำหนัก WT
เขียว	คล่องตัว	= 1
เหลือง	คล่องตัวปานกลาง	= 0.6-0.8
แดง	ไม่คล่องตัว	= 0.4

ในตารางที่ 4 ข้อมูลด้านสภาพการจราจรใช้สัญลักษณ์สีและความเร็วของรถยนต์บ่งบอกถึงสภาพการจราจร ณ เวลานั้น

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

กรณี	ระยะทาง(ก.ม.)		สภาพการจราจร		ผลรวม
	ข้อมูล	WI_1.0.6	ข้อมูล	WI_2 = 0.4	
C11	ใกล้	1.0 x0.6 = 0.6	คล่องตัว	1.0 x0.4 =0.4	1.0
C12			คล่องตัวปานกลาง	**0.7**x0.4 = 0.28	0.88
C13			ไม่คล่องตัว	0.4 x0.4 =0.16	0.76
C21	กลาง (ค่าเฉลี่ย)	**0.7**x0.6 = 0.42	คล่องตัว	1.0 x0.4 =0.4	0.82
C22			คล่องตัวปานกลาง (ค่าเฉลี่ย)	**0.7**x0.4 = 0.28	0.70
C23			ไม่คล่องตัว	0.4 x0.4 =0.16	0.58
C31	ไกล	0.4 x0.6 = 0.24	คล่องตัว	1.0 x0.4 =0.4	0.64
C32			คล่องตัวปานกลาง (ค่าเฉลี่ย)	**0.7**x0.4 = 0.28	0.52
C33			ไม่คล่องตัว	0.4 x0.4 =0.16	0.40

จากตารางที่ 4 เราสามารถประเมินเส้นทางโดยใช้น้ำหนัก WI, WD และ WT ดังแสดงในตารางที่ 5 สำหรับเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งสิ้น 9 กรณี {C11,C12,C13,C21,C22,C23,C31,C32,C33}

สมมติมีเส้นทางเลือก 12 เส้นทาง ดังตารางที่ 6 เราสามารถแจกแจงลำดับแรก ระยะทางต่ำสุดคือ CA1 8km.และไล่เรียงลำดับจากใกล้ไปไกลสุด คือ CE2 12 km ในการคำนวณเพื่อประเมินเส้นทางใน รายละเอียดจะพบว่าค่ากลางระหว่าง 12-8 = 10km.มีเส้นทาง CC1-CC3 เป็นค่ากลาง CB1-3 เป็นค่าที่คำนวณจากค่ากลาง โดยมีระยะห่าง 2d โดย d เป็นระยะทางต่างจากค่ากลาง ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$d = \frac{\text{ระยะไกลสุด} - \text{ระยะใกล้สุด}}{10} = \frac{12-8}{10} = 0.25\ km$$

ดังนั้นการคำนวณ WD จะใช้ค่า d โดยเทียบกับน้ำหนักต่างWD (WD Diff)

$$\text{WD Diff} = \frac{\text{ช่วงค่ากลาง}}{10} = 0.02$$

ดังนั้นประมาณได้ว่า CB1 มีค่า WD = 0.7+2 WD=0.7+2x0.02 = 0.74

ในทำนองเดียวกัน CB2-CB3 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง ± 0.05 จึงใช้ค่า WD เหมือนCB1. ในทำนองเดียวกัน CD1-CD3 มีค่าระยะทางต่าง d ก.ม. (0.25) จึงสามารถคำนวณ WD ได้ดังนี้

WD (CD1,CD2,CD3) = 0.7-1X0.02 = 0.68

ดังนั้นในการประเมินจะได้ผลลัพธ์ของผลรวมการประเมินเส้นทางที่ดีที่สุดคือเส้นทาง CB1 ซึ่งแอปพลิเคชันนี้จะแนะนำเส้นทางที่ดีที่สุดในจำนวน 12 เส้นทางของกรณีตัวอย่าง

3.3 การประมินผลประสิทธิภาพและความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน

การประมินผลประสิทธิภาพและความพึงพอโดยผู้ใช้งานจะใช้ 3 ปัจจัยต่อไปนี้ในการวิเคราะห์ผลของงานวิจัย

1. ด้านประสิทธิภาพ(Performance Test)
2. ด้านความถูกต้อง(Reliability Test)
3. ด้านความสะดวกในการใช้งาน(Usability Test)

โดยมีกลุ่มตัวอย่างในที่ประเมินผลประกอบด้วยเจ้าของธุรกิจร้านอาหาร เจ้าหน้าที่พนักงานจัดส่งสินค้า และลูกค้า

4. สรุปผล

การพัฒนาแอปพลิเคชันจัดทำเส้นทางแผนที่ สำหรับธุรกิจร้านอาหาร ซึ่งสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบ POSที่เสนอในงานวิจัยนี้ ใช้กูเกิ้ลแมพ เอพีไอ การออกแบบอินเตอร์แอคทีฟยูสเซอร์อินเตอร์เฟสและอัลกอริธึมตามหลัก ID3 เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในเงื่อนไขและข้อจำกัดทางธุรกิจ (เช่น ระยะทาง ระดับการจราจร)

การวิจัยนี้อยู่ในระหว่างการนำแอปพลิเคชันออกไปทดสอบโดยผู้ใช้ด้านความสะดวกการใช้งาน โดยกลุ่มตัวอย่างตามหัวข้อ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณในกรณีเส้นทางมากกว่า 3 เส้นทาง

	เส้นทาง	ระยะทาง(ก.ม.), WI_1 = 0.6		สภาพการจราจร,WI_2 = 0.4	ผลรวม
		ข้อมูล		ข้อมูล	
1.	CA1 (8 km)	ใกล้, 0.6		ไม่คล่องตัว, 0.16	0.76
2.	CB1 (8km)	กลาง–บน (-2d km)	0.74x0.6 = 0.44	คล่องตัว, 0.4	**0.84**
3.	CB2 (8km)	กลาง–บน (-2d km)	0.74x0.6 = 0.44	คล่องตัวปานกลาง (ค่าเฉลี่ย), 0.28	0.72
4.	CB3 (8km)	กลาง–บน (-2d km)	0.74x0.6 = 0.44	ไม่คล่องตัว, 0.16	0.60
5.	CC1 (10km)	กลาง,0.42		คล่องตัว, 0.4	**0.82**
6.	CC2 (10km ± 0.05)	กลาง,0.42		คล่องตัวปานกลาง(ค่าเฉลี่ย), 0.28	0.70
7.	CC3 (10km ± 0.05)	กลาง,0.42		ไม่คล่องตัว, 0.16	0.76
8.	CD1(10km ±0.25km)	กลาง–ล่าง (+d km)	**0.68**x0.6 = 0.41	คล่องตัว, 0.4	**0.81**
9.	CD2 (10km +0.25+0.05)	กลาง–ล่าง (+d km)	**0.68**x0.6 = 0.41	คล่องตัวปานกลาง (ค่าเฉลี่ย), 0.28	0.69
10.	CD3 (10km +0.25+0.05)	กลาง–ล่าง (+d km)	**0.68**x0.6 = 0.41	ไม่คล่องตัว, 0.16	0.58
11.	CE1 (12km)	ไกล, 0.24		คล่องตัว, 0.4	0.64
12.	CE2(12km ± 0.05)	ไกล, 0.24		คล่องตัวปานกลา(ค่าเฉลี่ย), 0.28	0.52

5. เอกสารอ้างอิง

[1] พอฤทัย พุทธปัญญา, "การพัฒนาและการออกแบบระบบสารสนเทศการบริหารจัดการร้านค้าแบบมินิมาร์ท"วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยมหิดล,2548.

[2] กิตติพงษ์ อรรถพรชัยกุล, "การแสดงแผนที่และเส้นทางโรงพยาบาลผ่านมือถือ ด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์"สารนิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร,2556.

[3] Google Maps, http://www.google.com/maps

[4] Google Maps API, https://developers.google.com/maps/

[5] Google Map Traffic, http://googleblog.blogspot.ca/2009/08/bright-side-of-sitting-in-traffic.html

[6] Food Tech Solutions,"Mobile App with GPS Mapping Revolutionizes Food Delivery for Goodfella's Restaurant".[17 February 2014]. Available:http://hospitalitytechnology.edgl.com/news/Mobile-App-with-GPS-Mapping-Revolutionizes-Food-Delivery-for-Goodfella-s-Restaurant91172

[7] Parne, S.R. "Android application of Restaurant Finder". Thesis, Master of Science inComputing and Information Sciences, Kansas State University, 2012.

[8] Firdhous,M.F.M., et al. "Route Planning Made Easy-An Automated System for Sri Lanka". Bhumi: the Planning Research Journal of the University of Moratuwa,Vol. 02 No. 02, 2010, pp. 13-24, Available:http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1211/1211.2495.pdf

[9] Philbin, D.A & Moon H.Y,"Method and system for route based search including stopping point addition".[18 February 2014]. Available:http://www.google.com/patents/US8655582

[10] Eric Beyeler, G. Duane Gearhart, "Systems and methods for generating electronic map displays withpointsof-interest information".[11March 2014].Available: http://www.google.com/patents/US8669884

[11] Jie Tan, "Application Design for Tourists' Searching Places withLocation-based Mobile Services".[02 September2014] Available:https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci705s2c/assignments/reports/Location%20Based%20jtan409.pdf

[12] Omar A. I., Khalid J. M., "Design and Implementation an Online Location Based ServicesUsing Google Maps for Android Mobile".Vol.2, No.3, March 2014,113-118. Available:http://www.ijcncs.org/published/volume2/issue3/p4_2-3.pdf

[13] Kale, R."Development of an Interactive, hands-on Learning Experienceof the Google Maps API".14 May 2010.Available:http://scholarworks.uno.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2182&context=td

[14] Quinlan, J. R. "Induction of decision tree", MachineLearning, vol. 1, pp.81-106, 1986.

[15] ภัทรไชย ช้างแรงการ,"การพัฒนาระบบสำรวจความต้องการปรับปรุงสภาพถนนบนสมาร์ทโฟนแอนดรอยด์"วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ)มหาวิทยาลัยศรีปทุม ,2555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสถาปัตยกรรมแอพพลิเคชั่นบนคลาวด์คอมพิวติ้งสำหรับร้านอาหาร

A Study Architecture of Cloud-based Applications for Restaurant Business

ณัฏฐ์ภคนันท์ นวลจิตร[1], กิตติมา เมฆาบัญชากิจ[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ
[1] nu_nutphakanunt_st@tni.ac.th
[2] kittima.me@tni.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมอาหารไทยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตการเกษตร โดย สถาบันอาหาร กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ได้มีการผลักดันเพื่อยกระดับร้านอาหารไทยให้มีมาตรฐานเทียบเท่าระดับสากล การสร้างจุดแข็งให้กับร้านอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบริหารและบริการ ในปัจจุบันด้านระบบเทคโนโลยี คลาวด์(Cloud Computing) เป็นทางเลือกที่สำคัญ

งานวิจัยนี้สำรวจการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในธุรกิจอุตสาหกรรมร้านอาหารและเสนอแนวคิดและการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบการจัดการร้านอาหารบนคลาวด์ และ ข้อมูลเชิงสำรวจทางด้านความต้องการระบบย่อยของแอพพลิเคชั่นสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางและข้อมูลด้านราคา ที่เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมร้านอาหารไทยที่จะใช้ในการวิเคราะห์และคัดเลือกแอพพลิเคชั่นที่เหมาะสมกับขนาดของธุรกิจ ในการช่วยตัดสินใจ การลงทุนหรือเปลี่ยนแปลงระบบที่มีอยู่ มุ่งไปสู่ระบบบนคลาวด์ที่มี scalability ดีขึ้น

คำสำคัญ: คลาวด์คอมพิวติ้ง, สถาปัตยกรรมแอพพลิเคชั่น, ธุรกิจร้านอาหาร

Abstract

Thai Food & Beverage industry plays an important spectrum in increasing the value of the Thai agriculture sector. There has been efforts to raise the Thai F&B and particularly restaurants to meet the global standard. With the advancement of science and technology, exploration of the state of the art technology to assist and enhance the management and services of restaurant is inevitable.

This research explores the various systems and application and in particular the concept of cloud management system and its application for small and medium sized restaurants. Various applications and its benefits are analyzed. The question of whether a new system or an upgrading of existing system largely dependent on individual restaurants budget and needs. However, businesses are encouraged to focus on cloud system which could provide a significant improvement to overall operational and management system scalability.

Keywords: cloud computing , restaurant , application for restaurant , Architectural Restaurants , Restaurant Business

1. บทนำ

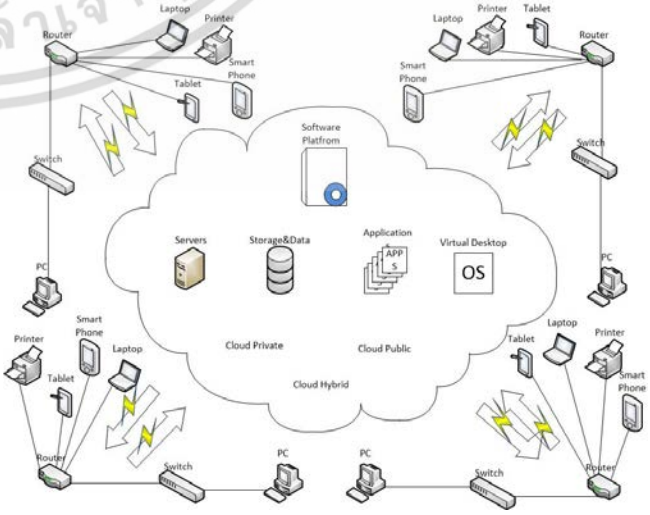
อุตสาหกรรมอาหารไทยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตการเกษตรหลากหลายชนิดเพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคซึ่งได้มีการคาดการณ์ว่าในอีก 10 ปีข้างหน้า ประชากรโลกจะมีความต้องการบริโภคอาหารเพิ่มขึ้นกว่า 150% สินค้าอาหารไทยที่มีการส่งออกไปทั่วโลก [1] ในปี พ.ศ. 2555 สถาบันอาหาร กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ได้มีการผลักดันเพื่อยกระดับร้านอาหารไทยให้มีมาตรฐานเทียบเท่าระดับสากล โครงการ “ครัวไทยสู่ครัวโลก” [2]

ธุรกิจร้านอาหารเป็นที่นิยมเปิดกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในย่านธุรกิจที่มีการแข่งขันสูงและยังต้องแข่งกับเวลาที่เร่งรีบอีกด้วย การสร้างจุดแข็งให้กับร้านจึงเป็นสิ่งสำคัญ การให้บริการลูกค้าที่รวดเร็วเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยเพิ่มจุดแข็งในการแข่งขันกับธุรกิจประเภทเดียวกันจึงต้องมีเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยในการบริหารและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้มากขึ้น

ปัจจุบัน ในด้านระบบเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Computing) เป็นทางเลือกที่สำคัญในการสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วจากทั่วทุกมุมโลก รวมถึงการให้บริการต่างๆ ที่สามารถทำได้จากที่ไหนก็ได้ ข้อจำกัดหรือสิ่งที่ควรระวังหากใช้ cloud เมื่อเทียบกับ stand alone

ข้อดี การประหยัดต้นทุนเริ่มต้น เช่น 1.การลงทุนในฮาร์ดแวร์ 2.ค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายประจำ พวก ค่า Maintenance และ ค่าไฟฟ้าเป็นต้น

ข้อเสีย การกำหนดราคาที่แตกต่างกันในแต่ละผู้ให้บริการและมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างซับซ้อน ตัวอย่างเช่นสำหรับ Amazon Web Services ที่ราคาที่ต้องจ่ายจริงนั้นประกอบด้วย ค่าบริการรายชั่วโมง ค่าบริการสตอเรจ และค่าบริการตามปริมาณการรับส่งข้อมูล ทั้งหมดอาจยากที่จะคำนวณค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายได้อย่างชัดเจนเป็นต้น ดังรูปที่ 1

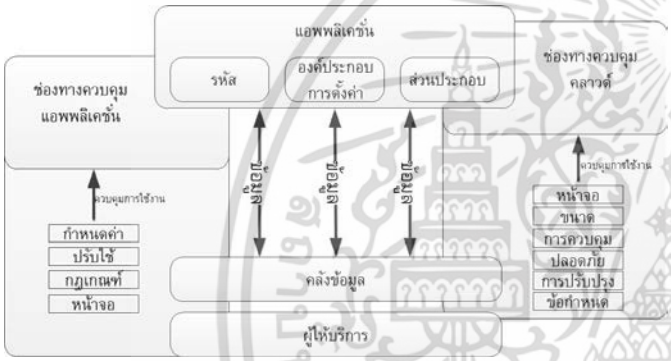


รูปที่ 1 แนวคิดคลาวด์คอมพิวติ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาร้านอาหารขนาดเล็กและขนาดกลาง เพราะว่าสมัยนี้ได้มีการเปิดร้านอาหารมากขึ้นส่วนมากผู้ลงทุนมีการเปิดร้านเริ่มจากร้านขนาดเล็กหรือเริ่มเปิดจากร้านขนาดกลางในปัจจุบัน ดังนั้น ผู้วิจัยหวังให้เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมร้านอาหารไทย ธุรกิจร้านอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางที่สามารถจะใช้ในการวิเคราะห์และคัดเลือกแอพพลิเคชั่นที่เหมาะสมกับขนาดของธุรกิจ และช่วยในการตัดสินใจลงทุนหรือเปลี่ยนแปลงระบบที่มีอยู่เดิม เป็นต้น

รูปแบบร้านอาหาร ขึ้นอยู่กับการกำหนดรูปแบบสถาปัตยกรรมร้านอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละที่ตั้งและขนาดของร้านที่มี ขนาดเล็ก และขนาดกลาง เสริมด้วยเทคนิคการตกแต่งหน้าร้านการออกแบบและใช้บรรจุภัณฑ์ การใช้กราฟิก การสร้างสัญลักษณ์และป้ายร้านค้า รวมถึงการออกแบบและนำผลิตภัณฑ์ที่เลือกสรรมาเชื่อมโยงกับพื้นที่ รวมถึงแอพพลิเคชั่นที่จะนำมาสนับสนุนระบบร้านอาหารให้มีประสิทธิภาพในการจัดการให้ร้านอาหารมีมาตรฐานมากขึ้นจากรูปแบบเดิม รูปที่ 2 แสดงการทำงานของแอพพลิเคชั่นแพลตฟอร์มคลาวด์ที่มีองค์ประกอบการจัดการโครงสร้างพื้นฐานซึ่งเป็นรูปแบบที่เป็นการยกระดับด้าน scalability



รูปที่ 2 ตัวอย่าง คลาวด์แอพพลิเคชั่น

เป็นตัวอย่างองค์ประกอบการจัดการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์แอพพลิเคชั่น ที่มีองค์ประกอบการจัดการหลักอยู่ 5 ส่วน คือ ส่วนผู้ให้บริการ ส่วนของแอพพลิเคชั่น ส่วนของคลังข้อมูล ส่วนของการควบคุมแอพพลิเคชั่น และ ส่วนของการควบคุมคลาวด์ ซึ่งตัวอย่างนี้เป็นการนำองค์ประกอบการจัดการโครงสร้างพื้นฐานไปใช้ ร่วมกับแอพพลิเคชั่น หรือโฮสต์ที่เฉพาะเจาะจงของการประยุกต์ใช้การควบคุมพอร์ทัลซึ่งมีการจัดเตรียมบริการและความสามารถในการตรวจสอบโดยเฉพาะการจัดหาผลิตภัณฑ์ที่สามารถ จำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และสร้างกลุ่มข้อมูลอันประกอบด้วย (Linux, Apache, MySQL และ PHP) พร้อมใช้งานจากคลัง ติดตามการเปลี่ยนแปลงการกำหนดค่าการแสดงจอภาพ และการแจ้งเตือนเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของระบบแม้กระทั่งขนาดของการจำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ตามปริมาณงานที่ต้องการในเกณฑ์ที่กำหนด เป็นต้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Garrett และ Connelly [3] ได้เสนอสิ่งที่จำเป็น เกี่ยวกับระบบสั่งอาหารออนไลน์ ระบบนี้ ลูกค้าสามารถสั่งอาหารผ่านแอพพลิเคชั่นบนยูสเซอร์อินเตอร์เฟสที่เน้นด้านคุณภาพและความแม่นยำในการสั่งอาหารแบบออนไลน์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น

การวิจัยของ Shinde และคณะ [4] ได้นำเสนอการออกแบบและการดำเนินงานในร้านอาหารแบบดิจิตอลโดยผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เน้นให้มีการใช้งานที่ง่ายและสามารถเชื่อมโยงระหว่างแท็บเล็ตที่โต๊ะอาหารกับระบบภายในร้านซึ่งมีฐานข้อมูลส่วนกลาง ผ่านทาง Wi-Fi ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องสำหรับร้านอาหารโดยประหยัดเวลาลดความผิดพลาดของมนุษย์และเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า

Kashima และคณะ [5] ได้นำเสนอการพัฒนาระบบ POS (Point Of Sales) ซึ่งใช้กับร้านอาหารญี่ปุ่นขนาดเล็ก ให้มีประสิทธิภาพเท่ากับร้านอาหารญี่ปุ่นขนาดใหญ่ผ่านฟังก์ชันการสั่งอาหารอัตโนมัติซึ่งใช้อุปกรณ์ดิจิตอลและมุ่งเน้นที่ความปลอดภัยของอาหารการปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดการอาหารและงานบริการ

งานวิจัยของ Williams และ Simmonds [6] ได้นำเสนอการพัฒนาระบบการจัดการร้านอาหารที่แตกต่าง โดยเน้นที่หลักวิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้สามารถใช้งานได้ง่ายกับการจัดการร้านอาหาร รวมถึงการรักษาความปลอดภัยของระบบข้อมูลและการใช้งานระบบที่มีระดับของการเข้าถึงที่มีความเหมาะสมกับหน้าที่และความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่จากจุดของการจัดการระบบที่สามารถทำหน้าที่ในส่วนของการสั่งซื้อ การรายงานและการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการทำงานต่างๆภายในร้าน เป็นต้น

Fukuhara และคณะ [7] ได้นำเสนอการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการบริการบนพื้นฐานของพฤติกรรมมนุษย์และข้อมูล POS โดยพัฒนาตรวจวัดพฤติกรรมของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานมีความเข้าใจในความต้องการของลูกค้ามากขึ้นและจัดทำแผนสำหรับการปรับปรุงการให้บริการให้มีประสิทธิภาพและเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากขึ้น เป็นต้น

งานวิจัยของ Zhu [8] ได้นำเสนอแนวคิดการพัฒนาระบบตามหลักการ SaaS (Software as a Service) ให้มีการแชร์ฐานข้อมูลในหลายๆ รูปแบบให้ มีประสิทธิภาพจากของเดิมเป็นบริการที่จะกลายเป็นข้อมูลการวิจัยที่เป็นที่นิยมในการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับคุณลักษณะในรูปแบบต้นทุนต่ำ การดำเนินงานที่ง่ายและโครงสร้างพื้นฐานตามหลักการ SaaS เป็นแบบหลายผู้เช่าซึ่งจะแตกต่างจากซอฟต์แวร์แบบดั้งเดิมในการรักษาความปลอดภัยข้อมูลของผู้ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์และการใช้งาน ในการศึกษานี้จะวิเคราะห์สถาปัตยกรรมของโปรแกรมประยุกต์ SaaS และพัฒนาระบบร้านอาหารตามหลักการ SaaS ที่ใช้ระบบการจัดการผลแสดงให้เห็นว่าการจัดการร้านอาหารแบบ SaaS สามารถตอบสนองความต้องการของการแยกผู้เช่าและลดค่าใช้จ่ายสำหรับผู้ใช้และผู้ให้บริการSaaS ในการจัดการร้านอาหารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

Sarkar และคณะ [9] ได้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการของอุตสาหกรรมการบริการ โดยใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมต้อนรับที่แสดงข้อมูลการใช้งานต่างๆ บนเทคโนโลยีไร้สาย ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อกับระบบทั้งหมดภายในร้าน เช่น การแสดงห้องครัวและเคาน์เตอร์แคชเชียร์เชื่อมต่อโดยตรงกับส่วนอื่นๆ ผ่านทาง Wi-Fi ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องมากขึ้น ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Neubardt [10] ได้นำเสนอสิ่งที่จำเป็น เกี่ยวกับการจัดการข้อมูลร้านอาหารและการบริการจากลูกค้า โดยใช้ฐานข้อมูลของระบบ POS ในการเชื่อมโยงกับเซิร์ฟเวอร์เครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับระบบอาหารและการบริการจากลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในร้านอาหาร เซิร์ฟเวอร์ที่เกี่ยวข้องจะทำการสร้างไฟล์ส่วนบุคคลที่สามารถเข้าถึงได้ โดยลูกค้าและคนอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมายจากลูกค้า รวมถึงรายการต่างๆ คะแนนความคิดเห็นและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผ่านระบบ POS ในการแจ้งให้ลูกค้ารับทราบรายการดังกล่าว เช่น การเงินที่ได้รับอนุมัติการชำระเงินของจำนวนคงค้าง รายการจะถูกส่งให้กับลูกค้าในแฟ้มส่วนตัวของลูกค้า เป็นต้น

Shimoff และ คณะ [11] ได้นำเสนอสิ่งที่จำเป็น เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาระบบจัดการสั่งซื้ออาหารออนไลน์ ที่มีการเชื่อมโยงกับการจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลผู้ขายโดยผ่านระบบ POS เป็นการบริการที่ให้ผู้บริโภคเข้าถึงเมนูผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถสั่งซื้อออนไลน์ ส่วนการศึกษาของ Kimes [12] ได้ทำการสำรวจระบบและแอพพลิเคชั่นใหม่ๆ สำหรับการจัดการและจัดจำหน่ายในอุตสาหกรรมร้านอาหาร ยกตัวอย่าง 2 เว็บไซต์ที่โดดเด่นทางด้านการจองร้านอาหารออนไลน์ คือ OpenTable.com and UrbanspoonRez.com ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้บริการมากที่สุด

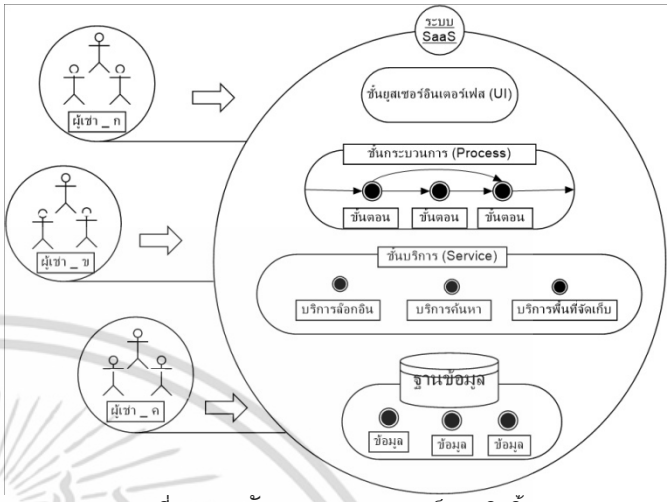
งานวิจัยของ Kaihara และคณะ [13] ได้เสนอการออกแบบระบบการบริการที่สามารถปรับตัวเองให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยยกตัวอย่างการออกแบบระบบการบริการของร้านอาหาร รวมถึงการออกแบบแผนผังห้องครัว วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเตรียมการบริการที่จะเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า การวิจัยนี้ได้เสนอการวางผังสิ่งอำนวยสะดวก (Facility layout planning method) และการจัดเวลาพนักงาน (Staff scheduling method) โดยวิธีการจำลองและใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

3. การออกแบบระบบธุรกิจร้านอาหารบนคลาวด์

ร้านอาหารมีหลายขนาด มีความต้องการของแอพพลิเคชั่นที่แตกต่างกันและคลาวด์คอมพิวติ้งเป็นทางเลือกที่ดีในด้าน scalability ดังนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและวิธีการใหม่ในการใช้แอพพลิเคชั่น เพื่อธุรกิจร้านอาหารบนคลาวด์คอมพิวติ้งโดยการวิเคราะห์และคัดเลือกแอพพลิเคชั่นที่เหมาะสมกับการใช้ระบบแบบคลาวด์กับธุรกิจร้านอาหาร

3.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบคลาวด์ คอมพิวติ้ง

ธุรกิจร้านอาหารสามารถใช้เทคโนโลยีในการสนับสนุน ดำเนินธุรกิจให้ง่าย และประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าในอดีต ปัจจุบันร้านอาหารสามารถใช้บริการไอทีได้โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนมากกับโครงสร้างพื้นฐาน อีกทั้งผู้ใช้งานก็สามารถเลือกใช้บริการเฉพาะอย่าง และเลือกเสียค่าใช้จ่ายให้ตรงกับความต้องการเฉพาะด้าน หรือสอดคล้องกับงบประมาณของตนได้ นอกจากนั้น ระบบทันสมัยบนคลาวด์คอมพิวติ้งยังมีประโยชน์ในด้านอื่นอาทิ การช่วยประหยัดพลังงาน หรือเพิ่มความปลอดภัยของระบบและข้อมูล ดังรูปที่ 3

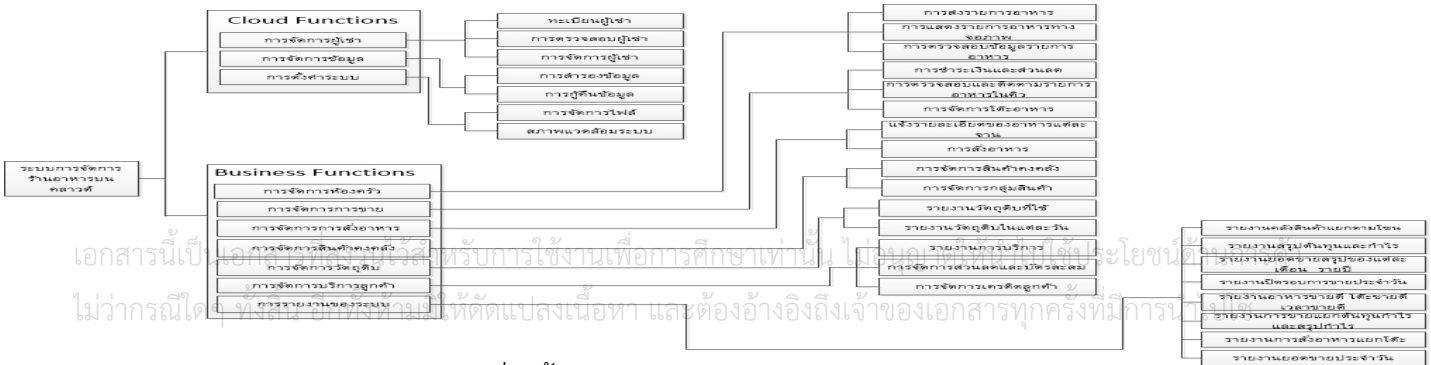


รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง

3.2 การออกแบบระบบร้านอาหาร

งานวิจัยนี้ออกแบบสถาปัตยกรรมการจัดการร้านอาหาร ตามฟังก์ชันหรือหน้าที่ของระบบในการจัดการ การดำเนินงานร้านอาหาร (อาทิ เช่น การรับคำสั่งรายการอาหาร การส่งคำสั่งรายการอาหารไปแสดงในจอมอนิเตอร์ในครัว การรับชำระเงิน การจัดทำรายงานต่างๆ เป็นต้น) นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันด้านการจัดการที่เกี่ยวกับสถาปัตยกรรมระบบมีองค์ประกอบหลักด้านฟังก์ชัน 10 ส่วนหลัก โดยจัดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ (ดูรายละเอียดในรูปที่ 4)

ฟังก์ชันทางธุรกิจ (Business Functions)	ฟังก์ชันคลาวด์ (Cloud Functions)
1. Point of Sales	8. Tenant Management
2. Point of Order	9. Data Management
3. Kitchen Management	10. System Setting
4. Customer Management	
5. Material Stock Management	
6. Inventory Management	
7. Reporting	



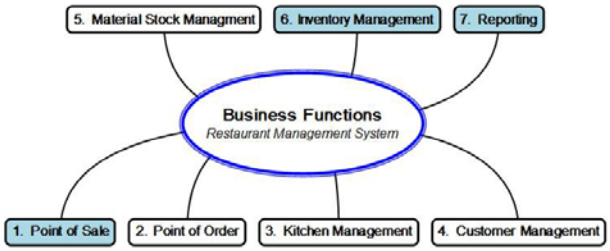
รูปที่ 4 ฟังก์ชันระบบการจัดการร้านอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

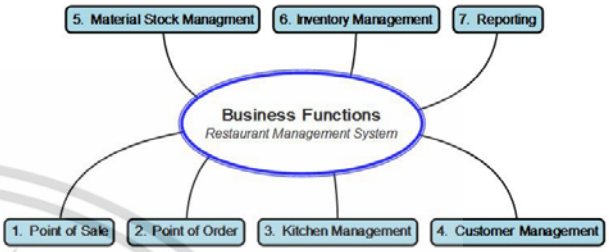
รูปที่ 4 เป็นรายละเอียดของฟังก์ชันตั้งแต่ต้นกระบวนการจนถึงกระบวนการสุดท้ายของระบบซึ่งทำให้การจัดการร้านอาหารเป็นเรื่องง่าย ๆ สำหรับการบริหารธุรกิจร้านอาหารโดยมีฟังก์ชันการสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพและได้ประสิทธิผลต่อการขับเคลื่อนธุรกิจ

3.3 องค์ประกอบระบบร้านอาหารบนคลาวด์คอมพิวติ้ง

รูปที่ 5 อธิบายการจำแนกของสถาปัตยกรรมระบบสำหรับธุรกิจร้านอาหารจะมีฟังก์ชันและรายละเอียดการทำงานที่แตกต่างกันไป ฟังก์ชันร้านอาหารมีรูปแบบและการทำงานที่มักขึ้นอยู่กับความจำเป็นของการใช้เทคโนโลยีในการดำเนินธุรกิจตามขนาดของพื้นที่และต้นทุนของธุรกิจ เพราะมีความซับซ้อนในการทำงานแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามทุกฟังก์ชันจะเชื่อมโยงระบบเข้าด้วยกันและระบบการทำงานมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความต้องการทางธุรกิจในรูปที่ 5 นั้นจะมีการจำแนกตามขนาดของธุรกิจไว้อย่างชัดเจนโดยกล่องที่มีสีทึบนั้นหมายถึงฟังก์ชันที่ใช้จะจำแนกตามขนาดเล็กหรือขนาดกลาง เป็นต้น



(ก) ธุรกิจขนาดเล็ก



(ข) ธุรกิจขนาดกลาง

รูปที่ 5 ฟังก์ชันของระบบที่จำเป็น จำแนกตามขนาดของธุรกิจ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างระบบ องค์ประกอบของแอพพลิเคชั่นสำหรับธุรกิจร้านอาหาร และค่าใช้จ่ายระบบ

				องค์ประกอบ							
ลำดับ	ชื่อบริษัท	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	Point of Sales	Point of Order	Reporting	Kitchen Management	Customer Management	Material Stock Management	Inventory Management	ราคา
1	NiceLoop	POS-Online	Cloud	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	390 บาท ถึง 890 บาท/เดือน (เช่าใช้)
2	EasyRestaurant	Food & Beverage System	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	62,000บาท (ซื้อขาด)
3	SmlSoft	SML Tomyumgoong	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	7,500 บาท ถึง 18,000บาท (ซื้อขาด)
4	SmlSoft	SML Tomyumgoong	Cloud	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	450 บาท ถึง 980บาท /เดือน (เช่าใช้)
5	BusinessPlus	Business Plus POS	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	1,016,900 บาท (ซื้อขาด)
6	Fr-Asia	FR SME	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	35,000บาท (ซื้อขาด)
7	Little_Products	Little Food	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	N	N	N	65,000บาท (ซื้อขาด)
8	AccuSoft	Restaurant Manager 3.0	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	37,300บาท (ซื้อขาด)
9	Liberty-Computers	POS system	Stand-Alone	Y	Y	Y	N	N	N	Y	23,000บาท (ซื้อขาด)
10	Phoebe_pos	Phoebe pos software	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	55,000บาท (ซื้อขาด)
11	Pos-RestaurantProgram	SeniorSoft Pasta 8.5	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	86,900บาท (ซื้อขาด)
12	AristoSoft	AristoSoft Food	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	N	N	N	16,900บาท (ซื้อขาด)
13	AristoSoft	AristoSoft Food	Cloud	Y	Y	Y	Y	N	N	N	550 บาท ถึง 950บาท / เดือน (เช่าใช้)
14	Promise	Promise Restaurant	Stand-Alone	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	50,000บาท (ซื้อขาด)
15	Promise	Promise Restaurant	Cloud	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	490 บาท ถึง1190 บาท / เดือน (เช่าใช้)

หมายเหตุ *** Point of Order บางองค์กรใช้คำว่า Restaurant Menu หรือ Menu Management ***

ตารางที่ 2 ความต้องการด้านฟังก์ชัน

					องค์ประกอบ				ราคา	
ประเภท	ความต้องการ	Point of Sales	Point of Order	Reporting	Kitchen Management	Customer Management	Material Stock Management	Inventory Management	stand alone	cloud
ร้านอาหารขนาดเล็ก	ขั้นต่ำสุด	Y	N	Y	N	N	N	N	1,710/เดือน	391/เดือน
	ขั้นสูงสุด	Y	Y	Y	N	Y	N	N	1,851/เดือน	594/เดือน
ร้านอาหารขนาดกลาง	ขั้นต่ำสุด	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	3,001/เดือน	693/เดือน
	ขั้นสูงสุด	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	3,995/เดือน	1,155/เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์การจัดการร้านอาหารจำนวน 12 ผลิตภัณฑ์ [14] - [25] ตารางที่ 1 เป็นผลของผลสำรวจ แสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ บริษัท ผู้ขาย และองค์ประกอบของแอพพลิเคชั่นและ(ค่าใช้จ่ายระบบประกอบด้วย ค่าเซ็ทอัพครั้งแรก และค่าใช้จ่ายแบบรายเดือน)ในตารางใช้สัญลักษณ์ (Y) แทนฟังก์ชันที่มีในผลิตภัณฑ์และสัญลักษณ์ (N) แทนความหมายไม่มีในผลิตภัณฑ์นั้น จากตารางที่1 สามารถสรุปได้ดังนี้

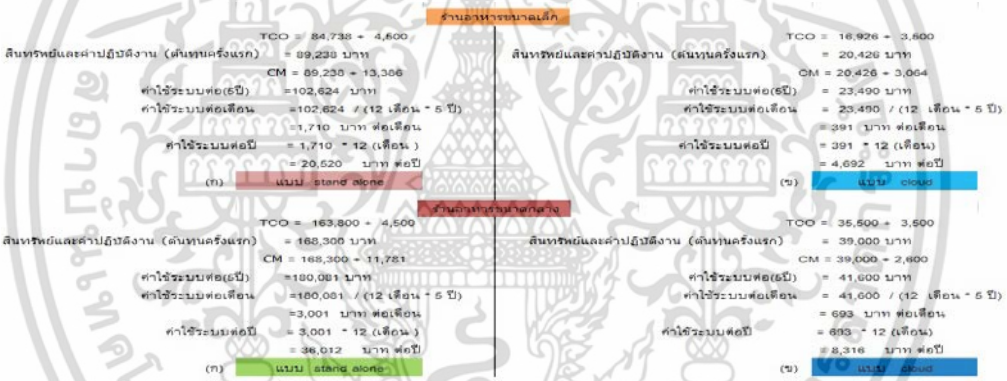
- ลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์จะอยู่ในช่วงราคา 7,500 บาท ถึง 1,016,900 บาท กรณี สแตนด์อโลน
- การใช้แอพพลิเคชั่นบนคลาวด์จะอยู่ในช่วงราคา 390 บาท ถึง 1,190 บาท ต่อ เดือน (สำหรับค่าใช้ระบบ แบบรายเดือน)

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 1 โดยจำแนกตามขนาดของธุรกิจร้านอาหาร คือ ขนาดเล็ก (สามารถให้บริการลูกค้าขั้นต่ำ 20 คน) และ ขนาดกลาง (สามารถให้บริการลูกค้าขั้นต่ำ 120 คน) โดยราคาระบบประเภทสแตนด์อโลน (เป็นค่าใช้จ่ายของการลงทุนครั้งแรก) คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ และ ระบบส่วนอื่น ตัวอย่างเช่น สำหรับ ระบบร้านอาหารขนาดเล็กความต้องการขั้นต่ำสุดใช้ ฟังก์ชัน Point of Sales และ ฟังก์ชัน Reporting หากใช้ระบบประเภท สแตนด์อโลน จะมีค่าใช้จ่ายระบบ 1,710 บาท ต่อ เดือน และ หากใช้ระบบร้านอาหารขนาดกลางความต้องการขั้นต่ำสุด จะมีค่าใช้จ่ายระบบ 3,001 บาท ต่อ เดือน

ความต้องการขั้นต่ำระบบร้านอาหารขนาดเล็กซึ่งคำนวณจากสินทรัพย์(ต้นทุนครั้งแรก)และต้นทุนค่าปฏิบัติงานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน เป็นเงิน 102,624 บาท เป็นค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ต่างๆและความต้องการขั้นต่ำระบบร้านอาหารขนาดกลางซึ่งคำนวณจากสินทรัพย์(ต้นทุนครั้งแรก)และต้นทุนค่าปฏิบัติงานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานเป็นเงิน 180,081 บาท แต่หากใช้ระบบจัดการร้านอาหารขนาดเล็กแบบคลาวด์ความต้องการขั้นต่ำสุดจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 391 บาท ต่อ เดือน และหากใช้ระบบจัดการร้านอาหารขนาดกลางแบบคลาวด์ความต้องการขั้นต่ำสุดจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 693 บาท ต่อ เดือน

ซึ่งคำนวณจากสินทรัพย์(ต้นทุนครั้งแรก)และต้นทุนค่าปฏิบัติงานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน เช่นกัน เป็นเงิน 23,490 บาทเป็นค่าใช้ระบบ ค่าคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ต่างๆ และความต้องการขั้นต่ำระบบร้านอาหารขนาดกลางแบบคลาวด์ซึ่งคำนวณจากสินทรัพย์(ต้นทุนครั้งแรก)และต้นทุนค่าปฏิบัติงานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานเป็นเงิน 41,600 บาท ตามรายละเอียดค่าใช้ระบบจากรูปที่ 6 เป็นรายละเอียดค่าใช้ระบบประเภทสแตนด์อโลน และระบบคลาวด์ โดยคำนวณจากสูตร TCO (Total Cost of Ownership) ดังนี้

TCO = สินทรัพย์+ ค่าปฏิบัติงาน (ต้นทุนครั้งแรก)



รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าใช้ระบบประเภทสแตนด์อโลน และระบบคลาวด์

	ร้านอาหารขนาดเล็ก		ร้านอาหารขนาดกลาง	
	stand alone (C)	cloud (C)	stand alone (C)	cloud (C)
	เครื่องพิมพ์ใบเสร็จ	เครื่องพิมพ์ใบเสร็จ	เครื่องพิมพ์ใบเสร็จ	เครื่องพิมพ์ใบเสร็จ
	ลิ้นชักเก็บเงิน	ลิ้นชักเก็บเงิน	ลิ้นชักเก็บเงิน	ลิ้นชักเก็บเงิน
	หน้าจอสัมผัส	หน้าจอสัมผัส	หน้าจอสัมผัส	หน้าจอสัมผัส
	บาร์โค้ด	ยูเอสบี แอร์การ์ด	บาร์โค้ด	ยูเอสบี แอร์การ์ด
	ค่าลิขสิทธิ์ ซอฟแวร์	บาร์โค้ด	ค่าลิขสิทธิ์ ซอฟแวร์	บาร์โค้ด
	ค่าลิขสิทธิ์ ไมโครซอฟท์		ค่าลิขสิทธิ์ ไมโครซอฟท์	อุปกรณ์ต่อพ่วง สโตร์
	ค่าติดตั้งรวมค่าสาย		ค่าติดตั้งรวมค่าสาย	
	สแตน อโลน เซิฟเวอร์		เซิฟเวอร์	
			สโตร์	
(TCO) (ต้นทุนครั้งแรก)	89,238	20,426	168,300	35,500
(CM)ค่าใช้จ่ายต่อ(5 ปี)	102,624	23,490	180,081	39,000
ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)	20,520	4,692	36,012	8,316
ค่าใช้จ่ายต่อเดือน (บาท)	1,710	391	3,001	693

* หมายเหตุ ค่าซัพพอร์ทและค่าบำรุงรักษาคิดเป็น 15% ต่อปี

รูปที่ 7 รายละเอียดค่าใช้ระบบประเภทสแตนด์อโลน และระบบคลาวด์ สำหรับร้านอาหารขนาดเล็กและขนาดกลาง

รูปที่ 7 แจกแจงรายละเอียดข้อมูลจะสอดคล้องกับตารางที่ 2 และรูปที่ 6 ในส่วนของค่าใช้จ่ายของการลงทุนครั้งแรกว่ามีรายละเอียดอะไรบ้างโดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน รายปีและรายเดือน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าลงทุนระบบแบบคลาวด์ จะมีค่าใช้จ่ายการลงทุนครั้งแรกมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน 23,490 บาท หรือค่าใช้จ่ายต่อปี 4,692 บาท และโดยเฉลี่ยต่อเดือน 391 บาท

โดยสรุปในตารางที่ 2 และ รูปที่6-7 อธิบายได้ว่า ในธุรกิจขนาดเล็กความต้องการขั้นต่ำสุด คือ 391 บาท ต่อ เดือน และ ในธุรกิจขนาดกลางความต้องการขั้นต่ำสุด คือ 683 บาท ต่อ เดือน หากพิจารณาในตารางฟังก์ชันด้านคลาวด์เป็นปัจจัยสำคัญในการคัดเลือก ดังที่อธิบายในรูปที่ 4 ฟังก์ชันระบบการจัดการร้านอาหาร จะมีการจัดการผู้เช่า การจัดการข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการตั้งค่าระบบ สามารถใช้ร่วมกับระบบอื่น ในการจัดการร้านอาหารตามรูปแบบสถาปัตยกรรมในรูปที่ 3 เนื่องจากธุรกิจร้านอาหารมีความต้องการที่แตกต่างกันมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับต้นทุนราคาและค่าใช้จ่ายระบบรวมถึงการอิมพลเมนต์แอพพลิเคชั่นระบบด้วย เป็นต้น

การนำเสนอสถาปัตยกรรมและค่าใช้จ่ายระบบในรูปที่3-7 กับตารางที่ 2 เป็นแนวทางแนะนำการเลือกแอพพลิเคชั่นบนคลาวด์ให้เจ้าของธุรกิจหรือผู้ลงทุนในการเปลี่ยนแปลงหรือติดตั้งระบบครั้งแรกของธุรกิจร้านอาหาร

ดังนั้นร้านอาหารแต่ละร้านก็จะมีราคาต้นทุนของสถาปัตยกรรมแอพพลิเคชั่นไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับต้นทุนราคาและค่าใช้จ่ายการอิมพลีเมนต์แอพพลิเคชั่น และฟังก์ชันการทำงานของระบบ รวมไปถึงอุปกรณ์ติดตั้งที่ใช้ร่วมกับสถาปัตยกรรมแอพพลิเคชั่นของร้านอาหาร ตารางที่ 2 และรูปที่6-7 แสดงรายละเอียดที่สำคัญ ได้แก่ ราคาของระบบที่จะเป็นต้นทุนในการขับเคลื่อนธุรกิจ และตารางแสดงรายละเอียดของระบบของแต่ละฟังก์ชัน เกี่ยวกับราคา ถ้าธุรกิจร้านอาหารที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางจะมีฟังก์ชันที่จำเป็นฟังก์ชันใดบ้าง ราคาที่เหมาะสมสำหรับการลงทุนระบบเพื่อสนับสนุนการดำเนินธุรกิจ เป็นต้น

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบการจัดการร้านอาหารบนคลาวด์ และนำเสนอข้อมูลเชิงสำรวจทางด้านความต้องการระบบย่อยของแอพพลิเคชั่นสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลาง และข้อมูลด้านราคา ซึ่งผู้วิจัยหวังให้เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมร้านอาหารไทย ธุรกิจร้านอาหารสามารถจะใช้ในการวิเคราะห์และคัดเลือกแอพพลิเคชันที่เหมาะสมกับขนาดของธุรกิจ และช่วยในการตัดสินใจลงทุนหรือเปลี่ยนแปลงระบบที่มีอยู่เดิม การลงทุนหรือเปลี่ยนแปลงเพื่ออนาคตโดยมุ่งไปสู่ระบบบนคลาวด์ที่มี scalability ดีขึ้น จะเกื้อหนุนให้ธุรกิจเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพของธุรกิจและคำนึงถึงความคุ้มทุนในการบริหารและดำเนินธุรกิจร้านอาหารในอนาคตด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, “Thailand Food Valley อนาคตประเทศไทย สู่หุบเขาอาหาร,” vol. 2554–2555.

[2] สถาบันอาหาร กระทรวงอตุสาหกรรม, “ร่างยุทธศาสตร์ครัวไทยสู่ครัวโลก,” vol. 2555.

[3] J. M. Garrett and R. Connelly, *Customer interface restaurant system*.San Diego, United States , 2014.

[4] R. Shinde, P. Thakare, N. Dhomne, and S. Sarkar, “Design and Implementation of Digital dining in Restaurants using Android,” *International Journal*, vol. 2, no. 1, 2014.

[5] T. Kashima, S. Matsumoto, and H. Ishii, “Feasibility of Integrated Menu Recommendation and Self-Order System for Small-Scale Restaurants,” *AIP Conference Proceedings*, vol. 1285, no. 1, pp. 132–144, Oct. 2010.

[6] W. Williams and D. Simmonds, “A Case Study in the Design of a Restaurant Management System,” in *FECS*, 2010, pp. 187–193.

[7] T. Fukuhara, R. Tenmoku, T. Okuma, R. Ueoka, M. Takehara, and T. Kurata, “Improving service processes based on visualization of human-behavior and POS data: A case study in a Japanese restaurant,” in *Serviceology for Services*, Springer, 2014, pp. 3–13.

[8] Y. Zhu, “Construction of SaaS-based Restaurant Management System,” *Information Technology Journal*, vol. 13, no. 15, pp. 2489–2495, Dec. 2014.

[9] S. Sarkar, R. Shinde, P. Thakare, N. Dhomne, and K. Bhakare, “Integration of Touch Technology in Restaurants using Android,” 2014.

[10] S. L. Neubardt, Management of restaurant information and service by customers.New York City, United States , 2014.

[11] J. R. Shimoff, J. C. Easley, G. T. Moothart, M. A. Birchem, and B. Casci, *System and method for online management of restaurant orders*. California , United States , 2014.

[12] S. E. Kimes, “The future of distribution management in the restaurant industry,” *Journal of Revenue & Pricing Management*, vol. 10, no. 2, pp. 189–194, Mar. 2011.

[13] T. Kaihara, N. Fujii, T. Nonaka, and T. Shinmura, “A Proposal of Adaptive Restaurant Service Model with Co-creative Design,” in Serviceology *for Services*, Springer, 2014, pp. 203–211.

[14] Niceloop application , http://www.niceloop.com/

[15] Easyrestaurant application , http://www.easyrestaurant.asia/

[16] Smlsoft application , http://www.smlsoft.com/

[17] Businessplus application , http://www.businessplus.co.th/

[18] Fr-asia application , http://www.fr-asia.com/

[19] Littleproduct application , http://www.littleproduct.com/

[20] Accusoft application , http://accusoft.co.th/home/Default.aspx

[21] Liberty-computers application , http://www.liberty-computers.com/

[22] Phoebepos application , http://www.phoebepos.com/

[23] Seniorsoft application , http://www.seniorsoft.co.th/index.aspx

[24] Aristosoft application , http://www.aristosoft.org/

[25] Synaturegroup application , http://www.synaturegroup.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนารูปแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้เชิงปฏิสัมพันธ์ สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี

Design and Develop of interaction User Interface Patterns and Usability study in Computer Assisted Instruction for Tablet-PC

ณัฐชนก ยุติธรรมนนท์[1], กรรณภรณ์ ทองมูล[2], มานพ พันธ์โคกกรวด[3]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10520
[1] s4070025@kmitl.ac.th
[2] s4070002@kmitl.ac.th
[3] manop@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

แท็บเล็ต-พีซี ใช้หลากหลายในมหาวิทยาลัยและโรงเรียนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนซึ่งสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้อย่างเหมาะสมสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมีบนแท็บเล็ต-พีซี ซึ่งวิชาเคมีนั้นมีเนื้อหาที่ค่อนข้างยากจึงได้ทำการพัฒนารูปแบบส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยการใช้หลักการการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้รูปแบบการออกแบบการเรียนการสอน และการประเมินความสามารถในการใช้งาน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี งานวิจัยนี้จึงได้นำรูปแบบการออกแบบปฏิสัมพันธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาสนับสนุน เพื่อช่วยในการกระตุ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้แก่นักเรียน จากการศึกษาพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้เมื่อเรียนผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซีมากขึ้น

คำสำคัญ: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วนสอน, ส่วนติดต่อผู้ใช้, ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

Tablet-PCs are used a variety of universities and schools to promote learning for students who can learn with themselves. This paper presents a user interface design as appropriate for CAI of Chemistry on the tablet-PC. Because Chemistry content is difficult to understand, we have improved interaction design for CAI to provide effective support to teachers and make an attractive for students. The prototype has developed a user interface for CAI based on the principles of user interface design instructional system model and usability evaluation which is important for CAI application. The results shown that students are satisfied and help the effectiveness of learning of the CAI application.

Keywords: Computer Assisted Instruction, User Interface, Human Computer Interaction.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์อย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการโต้ตอบกับผู้ใช้งานด้วยการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ผ่านหน้าจอสัมผัส ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ โดยส่วนใหญ่จะใช้หลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ในกระบวนการการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งการออกแบบปฏิสัมพันธ์ที่ดีจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้รวมทั้งยังเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการจดจำและสนับสนุนการเรียนของนักเรียน ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน แต่ในทางตรงกันข้ามหากขาดการออกแบบปฏิสัมพันธ์ที่ดีจะทำให้ส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือสื่อการสอนที่นำเสนอด้วยสื่อประสมต่างๆผ่านอุปกรณ์พกพาเพื่อที่สามารถถ่ายทอดความรู้ โดยคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหาของบทเรียนซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงความถูกต้องและความเหมาะสมของการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย [11] จากการศึกษาพบว่ามีการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้แก่ผู้เรียนมากกว่าการเรียนแบบปกติทั่วไปในห้องเรียน [1] ถึงแม้ว่าการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นจะมีจุดประสงค์เพื่อการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน [4] แต่ในปัญหาบางอย่างไม่สามารถที่จะใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทั่วไปได้ [7] โดยเฉพาะการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนอุปกรณ์พกพา เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของจอภาพสัมผัสหน่วยความจำที่จำกัด ความเร็วของหน่วยประมวลผลและขนาดของหน้าจอ ดังนั้นการวิเคราะห์การออกแบบให้มีความเหมาะสมสำหรับแต่ละปัญหาถือเป็นเรื่องสำคัญของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้บนอุปกรณ์พกพาโดย Seraj และ Wong [14] ได้อธิบายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการออกแบบปฏิสัมพันธ์ที่ผู้ใช้โต้ตอบกับอุปกรณ์พกพา เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ และทำการออกแบบรวมทั้งได้พัฒนาบทเรียนต้นแบบสำหรับการเรียนรู้เพื่อให้สามารถใช้ร่วมกับจอภาพที่มีขนาดเล็กได้ แต่มีข้อจำกัดสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์พกพา ในทางตรงกันข้าม [5] ได้อธิบายว่าการสร้างแนวทางในการออกแบบโดยการใช้การพัฒนาระบบการสร้างภาพบนเว็บ รวมถึงการสร้างและการเชื่อมโยงกับรูปแบบอื่นๆ เป็นเรื่องง่าย ความก้าวหน้าของอุปกรณ์พกพาและแท็บเล็ต-พีซีนั้น ทำให้นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์เหล่านี้ช่วยในการเรียน เข้าถึงเนื้อหาบทเรียนได้ทุกที่ และในสภาพแวดล้อมที่มีความต่างกัน เพราะสามารถรองรับกับการสัมผัสต่างๆบนอุปกรณ์ และมีการโต้ตอบได้มากกว่าการใช้คอมพิวเตอร์บนหน้าจอเดสก์ทอปทั่วๆไปนอกจากนี้แท็บเล็ต-พีซีมีประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพมากกว่าอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วไป ในการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับอุปกรณ์แท็บเล็ต-พีซีนั้น มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น ใช้เป็นอุปกรณ์ในการช่วยเหลือการเรียน [2] สำหรับจัดการองค์ความรู้และสำหรับการศึกษาทางไกล แต่ยังพบถึงข้อจำกัดว่าการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซีนั้นไม่ได้สนับสนุนการเรียนเท่าที่ควร จึงควรมีการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่เหมาะสมเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาของวิชาเคมีซึ่งเป็นวิชาที่สำคัญในวิชาวิทยาศาสตร์ และมีเนื้อหาที่ค่อนข้างซับซ้อนเข้าใจยาก จึงได้มีการศึกษารูปแบบปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนและคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาเคมี และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ในเนื้อหาส่วนที่สองของงานวิจัยนี้จะอธิบายสภาพของปัญหา ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ หลักการการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และกระบวนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในส่วนที่สามจะอธิบายเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการ การประเมินการใช้งานระบบในส่วนที่สี่จะนำเสนอผลการดำเนินการของระบบ และในส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปและแนวทางการทำงานในอนาคต

2. วิเคราะห์การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ส่วนนี้จะอธิบายถึงปัญหาของการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและหลักการการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

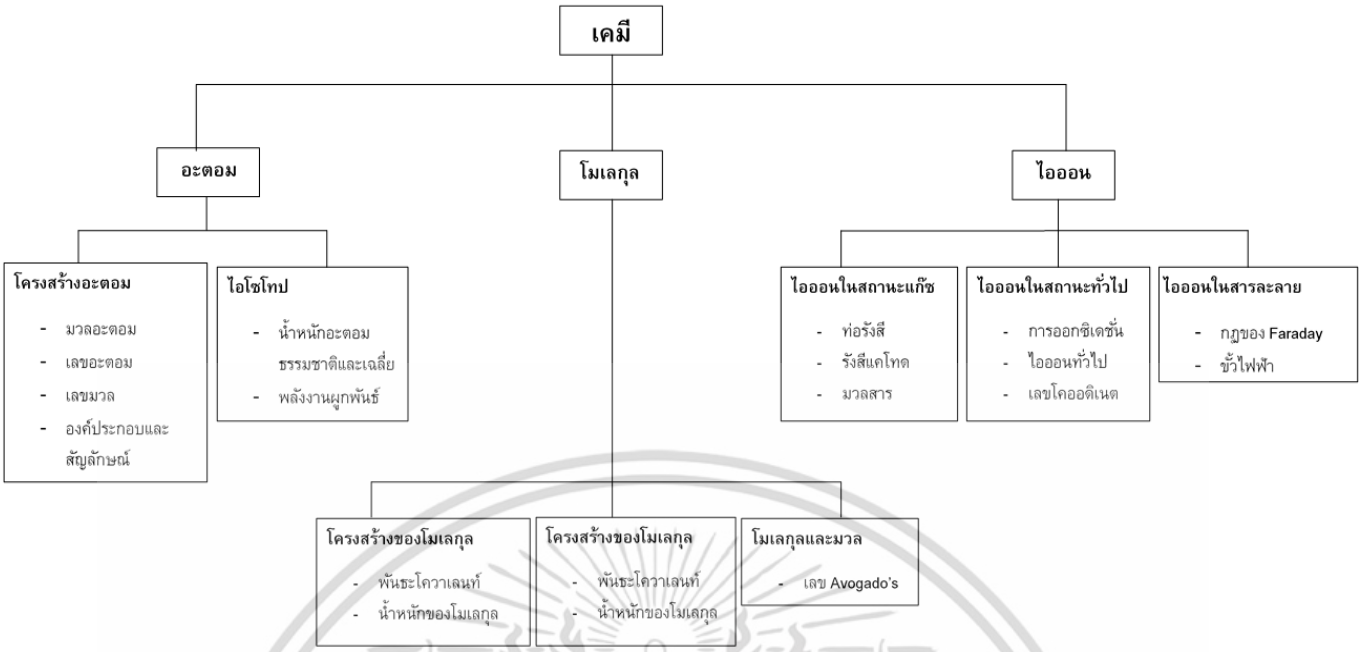
2.1 นิยามของปัญหา

วิชาเคมีเป็นวิชาสำคัญในศาสตร์หนึ่งของวิชาทางวิทยาศาสตร์ มีความหลากหลายหัวข้อที่มีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กันตามโครงสร้าง และถือเป็นวิชาที่ยากสำหรับหลายๆคน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน [15] ดังนั้นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับวิชาเคมีจึงมีความท้าทายในด้านการนำหลักการด้านการออกแบบบทเรียนและการออกแบบด้านวิศวกรรมซอฟแวร์มาผสมผสานกัน เพื่อให้ได้การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่มีความสัมพันธ์กันกับเนื้อหาในการเรียนรู้ รวมถึงการใช้วิธีการประเมินความสามารถการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในการเรียนและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน ครูผู้สอนจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนที่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีการใช้แท็บเล็ต-พีซีเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิผลในการเรียน ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนมากขึ้น สามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ดี และจัดการการสื่อสารระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียนให้เกิดประสิทธิภาพร่วมกันในรูปแบบของการบูรณาการ [12] นอกจากนั้นแล้วได้มีการนำแท็บเล็ต-พีซี มาเป็นสื่อในการนำเสนอ การนำหลักการเชิงปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์มาใช้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่มีความยากและซับซ้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและบทเรียน รวมถึงความสามารถในการใช้งานต้องเหมาะสมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแต่ละแบบ ถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน [10] แต่เป้าหมายคือสามารถตอบโต้และใช้งานได้ง่าย ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา [3]

2.2 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ในการนำเสนอ และถ่ายทอดความรู้ให้คล้ายคลึงกับการเรียนในห้องเรียน ทำให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น และสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ด้วยตัวเองจากการมีปฏิสัมพันธ์ตอบสนองกับสื่อการเรียนการสอน การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อให้มี [8] มาใช้ในการออกแบบการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ในขั้นการวิเคราะห์คือการทำความเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนแบบปกติในห้องเรียนทั่วๆไป ขั้นการออกแบบคือการกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และออกแบบให้มีความสัมพันธ์กัน การพัฒนาคือการสร้างแอพพลิเคชั่นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นไปทดลองใช้กับนักเรียน หลังจากนั้นได้มีการประเมินผลการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



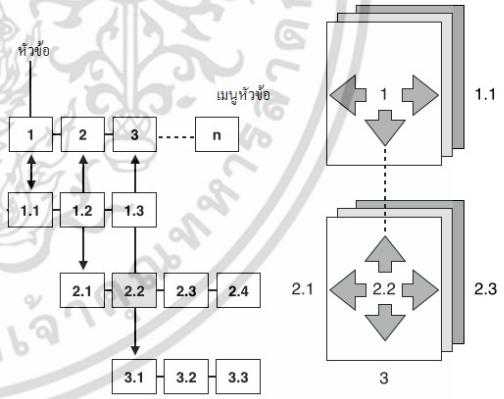
รูปที่ 1 ส่วนหนึ่งของโครงสร้างเนื้อหาวิชาเคมี

2.3 หลักการการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้สำหรับอุปกรณ์จอภาพแบบสัมผัส

อุปกรณ์จอภาพสัมผัสเป็นการสัมผัสหน้าจอโดยตรงซึ่งสามารถควบคุมการใช้งานได้ดีกว่าการใช้เมาส์หรืออุปกรณ์เสริมพิเศษต่างๆ แต่ปัญหาที่พบคือการสัมผัสที่ผิดพลาดบนอุปกรณ์แท็บเล็ต-พีซี ที่มีขนาดเล็กทำให้ไม่เกิดผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้ ด้วยเหตุนี้จึงได้นำหลักการการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอันได้แก่ ความสวยงาม ความง่ายต่อการใช้งาน ความสอดคล้องกัน และการจัดการได้โดยตรง โดยจะเน้นในเรื่องของประสบการณ์จากการใช้งานเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพส่วนติดต่อผู้ใช้และการเรียนการสอนบนอุปกรณ์แท็บเล็ต-พีซี ซึ่งจะพบว่าช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์จอภาพสัมผัสมากขึ้น

2.4 รูปแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

งานวิจัยนี้เลือกหัวข้ออะตอม โมเลกุล และไอออน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชาเคมีมาเป็นกรณีศึกษาเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื้อหาในลำดับชั้นที่ 1 จะประกอบไปด้วยหัวข้อหลัก 3 หัวข้อ เนื้อหาในลำดับชั้นที่ 2 จะแสดงถึงหัวข้อย่อยภายในหัวข้อหลักนั้นๆ เช่น ตารางธาตุ โครงสร้างของอะตอม โครงสร้างของโมเลกุล เป็นต้น เราได้ทำการออกแบบรูปแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้จากการพิจารณาองค์ประกอบของเนื้อหาของหมวดหมู่ความสัมพันธ์ในการแสดงเนื้อหา ดังแสดงในตารางที่ 1 เช่น หัวข้อแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ได้มีการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบของ รูปภาพ การนำทาง การคำนวณ และใส่ค่าเข้าไป ในส่วนของการนำทางเราได้ออกแบบโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของแท็บเล็ต-พีซี ซึ่งใช้การสัมผัสหน้าจอเข้ามาแทนที่การกดปุ่มบนแท็บเล็ต-พีซีและมีการนำแนวคิดของการเลือกเนื้อหาแบบข้ามลำดับชั้นหรือการเลือกเนื้อหาไปยังหัวข้อถัดไปในลำดับชั้นเดียวกันโดยการสัมผัส ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพการนำทางของการสัมผัส

หลักสำคัญในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นอยู่กับองค์ความรู้และการนำมาปรับใช้ในการเรียน เพื่อช่วยสนับสนุนกระบวนการการรับรู้ในการเรียนการสอน [13] โดยมีการเสนอต้นแบบออกเป็น 3 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรก เลือกเนื้อหาการเรียนการสอนที่มาช่วยสนับสนุนองค์ความรู้แก่ผู้เรียน ขั้นตอนที่ 2 เลือกองค์ประกอบในแต่ละส่วนของเนื้อหา และในขั้นตอนสุดท้าย วิเคราะห์และทำการพัฒนารูปแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ตามโครงสร้างที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 วิเคราะห์เนื้อหาตามโครงสร้างลำดับขั้นที่ 1 และ 2 ของรูปแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

เนื้อหา	องค์ประกอบของเนื้อหา						
	ข้อความ	รูปภาพ	การนำทาง	การคำนวณ	การใส่ค่าเข้าไป	ตาราง	อนิเมชั่น
1. อะตอม			✓				
1.1 ตารางธาตุ	✓	✓			✓	✓	
1.2 โครงสร้างของอะตอม		✓				✓	
1.3 ไอโซโทป		✓					
2. โมเลกุล			✓				
2.1 โครงสร้างของโมเลกุล		✓	✓		✓		✓
2.2 แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล		✓	✓	✓	✓		✓
3. ไอออน			✓				
3.1 ไอออนในสถานะแก๊ส	✓	✓			✓		✓
3.2 ไอออนทั่วไป	✓	✓					
3.3 ไอออนในสถานะของเหลว	✓	✓					✓

2.5 ความสามารถในการใช้งาน

ความสามารถในการใช้งานคือความสามารถในการดำเนินการตามงานที่ต้องการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นเป้าหมายของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาพบว่าผู้ใช้มีความต้องการและคาดหวังในความสามารถของแอพลิเคชั่น จากการคาดการณ์ว่าจะได้รับการตอบสนองที่ดีขึ้นจากระบบซอฟแวร์ [6] คุณลักษณะทั่วไปของการประเมินความสามารถในการใช้งานจำแนกออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล ความพึงพอใจ ง่ายต่อการใช้งาน และมีข้อผิดพลาดน้อย [14] แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้นำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี และจากการใช้งานบนหน้าจอแบบสัมผัสบนอุปกรณ์พกพา ซึ่งแตกต่างจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วไป ดังนั้นปัจจัยในการประเมินผลการใช้งานนั้นจะมีความแตกต่างจากการประเมินผลการใช้งานแบบทั่วไป [10] ในงานวิจัยนี้ได้จำแนกหัวข้อการประเมินความสามารถในการใช้งานออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ ง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการเข้าถึงเนื้อหา ความชัดเจนในการมองเห็น จัดการเนื้อหาข้อมูล และง่ายต่อความเข้าใจ

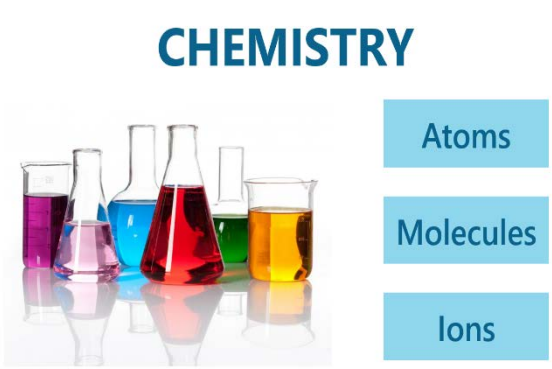
3. ผลการวิจัยและประเมินผล

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอพพลิเคชั่นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี ในระบบปฏิบัติการ Windows 8 ซึ่งนำหลักความสามารถในการใช้งานมาใช้ในการประเมินผล ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แบ่งหลักเกณฑ์ในการวัดความสามารถในการใช้งานออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ ง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการเข้าถึงเนื้อหา ความชัดเจนในการมองเห็น จัดการเนื้อหาข้อมูล และง่ายต่อความเข้าใจ

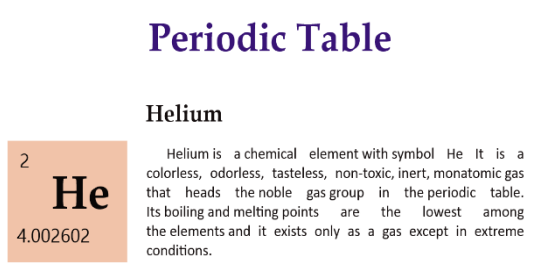
ง่ายต่อการใช้งานสามารถประเมินได้โดยที่ผู้ใช้ใช้งานได้โดยปราศจากคู่มือในการใช้งาน ง่ายต่อการเข้าถึงเนื้อหาโดยผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยง่ายจากการออกแบบตามประสบการณ์ของผู้ใช้ ความชัดเจนในการมองเห็นคือผู้ใช้สามารถมองเห็นชัดเจนจากสถานะของส่วนติดต่อผู้ใช้ จัดการเนื้อหาข้อมูลจากการลดเนื้อหาลงหรือเพิ่มเป็นรูปภาพเข้ามาแทนที่เพื่อช่วยให้มีความน่าสนใจมากขึ้น และสุดท้ายง่ายต่อความเข้าใจคือช่วยให้ผู้ใช้มีความเข้าใจในเนื้อหาและสามารถจดจำข้อมูลได้มากกว่าการเรียนในห้องเรียน [9] โดยวัดความพึงพอใจจากทัศนคติของผู้ใช้งานที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยการสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน ในส่วนของข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือ งานวิจัยนี้ได้มีการวัดโดยนับจำนวนของข้อมูลจำนวนบรรทัด ให้มีเนื้อหาที่เหมาะสมในแต่ละหน้า โดยให้ผู้ใช้เป็นผู้ทดสอบซึ่งแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานที่แตกต่างกัน

หลังจากได้มีการปรับปรุงองค์ประกอบการออกแบบตามหลักการการออกแบบเพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจได้ชัดเจนต่างจากแบบปกติทั่วไป ตัวอย่างการพัฒนาแอพพลิเคชั่นดังแสดงในรูปที่ 3 ในส่วนของการประเมินความสามารถในการใช้งาน ได้ทำการทดสอบจากกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 10 คน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานแอพพลิเคชั่นบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาจากความสามารถในการใช้งานดังแสดงในตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินพบว่า ร้อยละ 83.45 ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่น ดังแสดงในตารางที่ 2

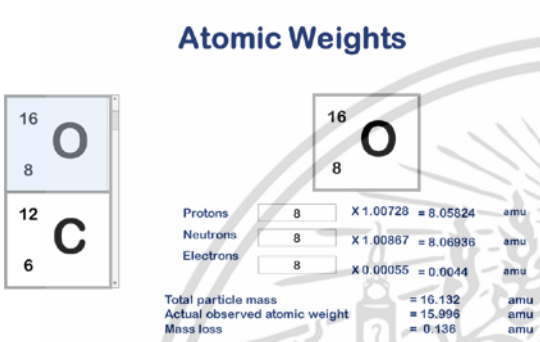
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



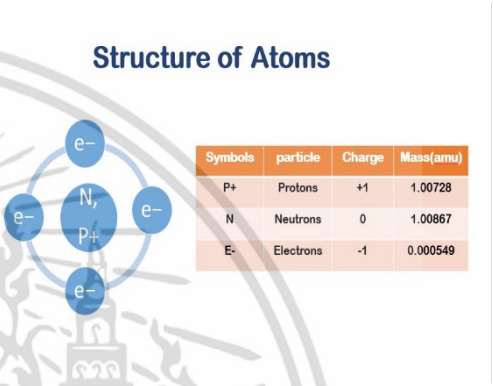
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3 ตัวอย่างการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ(ร้อยละ)
Ease of use	80
1.ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง	80
2.ผู้ใช้รู้สึกว่าแอพพลิเคชั่นใช้งานง่าย	80
Simplicity	85
3.ผู้ใช้รู้สึกว่าแอพพลิเคชั่นไม่มีความซับซ้อน	84
4.ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้แอพพลิเคชั่นได้ด้วยตนเอง	86
Navigation	79
5.ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลตามที่ต้องการได้อย่างง่าย	82
6.การจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหามีความเหมาะสม	76
Textual information	86
7.รูปแบบการจัดวางเนื้อหามีความเหมาะสม	86
8.ประเภทของเนื้อหาที่แสดงมีความเหมาะสม(ข้อความ, รูปภาพ,ตารางฯลฯ,)	86
Cognitive issue	86
9.การมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาช่วยให้ผู้ใช้เกิดการเรียนรู้	84
10.สื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้เกิดความต้องการที่เรียนรู้มากขึ้น	86
11.ผู้ใช้มีความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้นหลังจากใช้งานแอพพลิเคชั่น	88
ผลรวมเฉลี่ย	83.45

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอรูปแบบการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เหมาะสมสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาเคมีบนแท็บเล็ต-พีซี บนพื้นฐานของหลักการการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ของการออกแบบการเรียนการสอน และการประเมินผลการใช้งานที่มีความสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี เนื่องจากเนื้อหาวิชาเคมีความยากต่อการเข้าใจ งานวิจัยนี้จึงใช้รูปแบบปฏิสัมพันธ์ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสนับสนุนการเรียนการสอนเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้และสร้างแรงจูงใจกับผู้เรียน ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพอใจ และตอบสนองต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระดับที่เหมาะสมสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนแท็บเล็ต-พีซี ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการเรียนรู้สำหรับการศึกษาในอนาคตงานวิจัยจะปรับปรุงโปรแกรมการใช้งานทั้งหมดที่ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถที่จะทดสอบการเรียนด้วยแบบฝึกหัดที่ครอบคลุมมากขึ้น และสามารถทำงานได้บน แพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนและร่วมมือจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุมารินทร์ ถิละเวช. (2553). การพัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (ออนไลน์.(สืบค้นจาก: http://www.siba.ac.th/siba2010/images/stories/research/015/001.pdf

[2] Avery, Z., Castillo, M., Guo, H., Guo, J., Warter-Perez, N., Won, D., and Dong,J. (2010). “Implementing collaborative project-based learning using the tablet pc to enhance student learning in engineering and computer science courses,” in Frontiers in Education Conference (FIE), 2010 IEEE, pp. F1E–1–F1E–7.

[3] Cai, W. (2011). “An experimental design in the picture browsing patterns towards an interactive mobile user interface in a partially attentive environment,” Master’s thesis, KTH, School of Information and Communication Technology (ICT).

[4] Carver, R. (1996). “Computer-assisted instruction for a first course in computer science,” in Frontiers in Education Conference, 1996. FIE ’96. 26th Annual Conference., Proceedings of, vol. 2, pp. 721–724 vol.2.

[5] Chen, C. J., Teng, C. H. and Li, T.-Y. (2012). “A web-based interaction design tool: Pattern language toolkit,” in Ubiquitous Intelligence Computing and 9th International Conference on Autonomic Trusted Computing (UIC/ATC), 2012 9th International Conference on, pp. 991– 995.

[6] Dix, A., Finlay, E., Abowd, G. D. and Beale, R. (2003). Human-Computer Interaction (3rd Edition). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.

[7] Di, W., Wang, S., Ma, Z. and Liu, Y. (2009). “Analysis on application of computer assisted instruction in modern teaching,” in Computational Intelligence and Software Engineering, 2009. CiSE 2009. International Conference on, pp. 1–3.

[8] Gagne, R. (1965). The conditions of learning, 4th ed. Holt, Rinehart and Winston.

[9] Good, M. (1981). “Etude and the folklore of user interface design,” in Proceedings of the ACM SIGPLAN SIGOA Symposium on Text Manipulation. New York, NY, USA: ACM, pp. 34–43.

[10] Gunduz, F. and Pathan, A. (2012). “Usability improvements for touch-screen mobile flight booking application: A case study,” in Advanced Computer Science Applications and Technologies (ACSAT), 2012 International Conference on, pp. 49–54.

[11] Larson, D. (1989). “Effective screen designs for nursing cai,” in Nursing and Computers, ser. Computers and Medicine, V. Saba, K. Rieder, and D. Pocklington, Eds. Springer New York,pp. 422–429.

[12] Moore, E., Utschig, T., Haas, K., Klein, B., Yoder, P., Zhang, Y., and Hayes, M. (2008). “Tablet pc technology for the enhancement of synchronous distributed education,” Learning Technologies, IEEE Transactions on, vol. 1, no. 2, pp. 105–116.

[13] Plass, J. L. (1998). “Design and evaluation of the user interface of foreign language multimedia software: A cognitive approach. language learning,” Technology, vol. 2, pp. 35–45.

[14] Seraj, M. and Wong, C. Y. (2012). “A study of user interface design principles and requirements for developing a mobile learning prototype,” in Computer Information Science (ICCIS), 2012 International Conference on, vol. 2, pp. 1014–1019.

[15] Sirhan, G. (2007). “Learning difficulties in chemistry: an overview,” Journal of Turkish Science Education, vol. 4, no. 2, pp. 2–20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง แบบหนึ่งแถวคอย และหลายแถวคอยของด่านเก็บค่าผ่านทาง

Discrete Event Simulation with Single-Channel Queue and Multiple-Channels Queue for Toll Collection Plaza

จรุง ใจงาม[1], ภาสกร อภิรักษ์วรพินิต
คณะ เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ 10250
เลขที่ 1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] lung.eta@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจำลองช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Easy Pass) และช่องเก็บค่าผ่านทางเงินสดของด่านเก็บค่าผ่านทาง การวิจัยเป็นการวิจัย โดยการจำลองจะมีการประเมินผลการทำงานของแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรจริงของด่านเก็บค่าผ่านทาง การจำลองประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) การสร้างรูปแบบการจำลองแบบหนึ่งแถวคอย (Single-channel Queue) และ 2) การสร้างรูปแบบการจำลองแบบหลายแถวคอย (Multi-channels Queue) ของด่านเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งพบว่ารูปแบบจำลองแบบช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเก็บเงินสด มีความเหมาะสมกับรูปแบบการจำลองแบบหลายแถวคอย ในส่วนของรูปแบบจำลองแบบช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ Easy Pass มีความเหมาะสมกับรูปแบบการจำลองแบบ 1 แถวคอย

คำสำคัญ: ช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ, การจำลองแบบหนึ่งแถวคอย, การจำลองแบบหลายแถวคอย, การจำลองเหตุการณ์ช่วงเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง

Abstract

This research aims to simulate the automatic toll collection (Easy Pass) and the cash toll collection of the toll plaza. The experimental research was conducted to validate the simulation models and evaluate their performances, using the actual traffic volume at the checkpoint of toll collection. It consists of two parts: 1) the creation of a simulation model of single-channel queue and 2) the creation of simulation models of multi-channels queue of the checkpoint. It is found that the model of multi-channels queue is appropriate for the cash toll collection whereas the model of single-channel queue is suitable for the automatic toll collection (Easy Pass).

Keywords: Electronic Toll Collection (Easy Pass), Single-Channel Queue, Multi-Channels Queue, Discrete Event Simulation

1. บทนำ

ปัญหาการจราจรติดขัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาเร่งด่วน นั้นพบว่าสาเหตุหนึ่งมีผลมาจากการจราจรติดขัดหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางของทางด่วนทำให้ท้ายแถวสะสมต่อเนื่องไปยังถนนพื้นราบด้านล่าง ซึ่งจากข้อมูลสรุปของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย พบว่าปัจจุบันปริมาณจราจรบนทางด่วนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นอัตราการเติบโตที่สูงกว่าที่การทางพิเศษแห่งประเทศไทยประมาณการไว้ จึงได้นำระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection System: ETC) หรือเรียกว่า Easy Pass เข้ามาใช้เพื่อแก้ปัญหาลดการสะสมของปริมาณรถหน้าด่าน และเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการมากขึ้น และหลังจากที่มีการนำเทคโนโลยีระบบเก็บค่าผ่านทาง Easy Pass เข้ามาใช้ทำให้สามารถระบายรถได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมประมาณ 450 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร เป็น 1,200 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร

ปัจจุบันมีผู้ใช้ระบบเก็บค่าผ่านทาง Easy Passเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ทำการขยายระบบ Easy Pass เพื่อรองรับผู้ใช้งาน เนื่องจากปริมาณการใช้งานของระบบ Easy Pass ที่ออกแบบไว้มีแนวโน้มที่จะไม่เพียงพอต่อการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีการศึกษาตำแหน่งการติดตั้ง และจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางระบบ Easy Pass ให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ และลดปัญหาการจราจรติดขัดที่หน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง

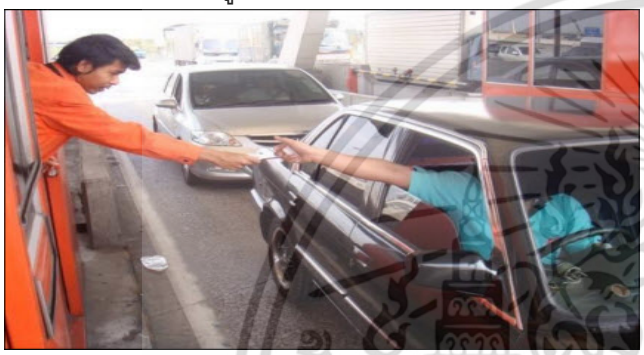
1.1 ระบบเก็บค่าผ่านทาง (Toll Collection System)

ในปัจจุบันการให้บริการเก็บค่าผ่านทาง สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ระบบดังนี้

1. ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (Manual Toll

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Collection: MTC) เป็นระบบการเก็บค่าผ่านทางโดยมีพนักงานในการเก็บค่าผ่านทางผู้ใช้บริการสามารถจ่ายเป็นเงินสด หรือคูปองก็ได้ และสามารถขอใบเสร็จค่าผ่านทางได้ ซึ่งระบบแบบเงินสดนี้เหมาะกับด่านเก็บค่าผ่านทางที่มีปริมาณรถไม่มาก เนื่องจากในการใช้พนักงานในการเก็บค่าผ่านทางนั้นจะสามารถเก็บค่าผ่านทางได้ประมาณ 350 - 400 คันต่อชั่วโมงสำหรับระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเปิด (เป็นระบบที่ต้องจ่ายเงินตอนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง) และ 250 คันต่อชั่วโมงสำหรับระบบปิด (เป็นระบบที่รับบัตรตอนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง และจ่ายเงินตามระยะทางที่ด่านเก็บค่าผ่านทางขาออก) ดังตัวอย่างรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

2. ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection: ETC) หรือ Easy Pass เป็นระบบที่สามารถเก็บค่าผ่านทางได้ โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ติดตั้งที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งจะใช้งานคู่กันกับอุปกรณ์บัตรอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) ที่ติดกับรถยนต์ที่ใช้บริการ สำรับการคำนวนเก็บเงินค่าผ่านทาง ดังตัวอย่างรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้มีการนำระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมาใช้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2537 โดยใช้บัตรทางด่วน (TAG) เป็นอุปกรณ์ติดที่กระจกรถยนต์ติดต่อสื่อสารกับช่องทางอัตโนมัติ (ETC Lane) เพื่อใช้ทางพิเศษ โดยไม่ต้องเปิดกระจกเพื่อจ่ายค่าผ่านทาง ต่อมาการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้มีการนำระบบใหม่ คือระบบ ETC เข้ามาใช้งาน โดยระบบ ETC สามารถใช้งานได้ทุกโครงข่ายทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้มีการประมาณค่าใช้จ่ายของทางพิเศษฉลองรัช ในระยะเวลา 10 ปี สำหรับระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด มีค่าใช้จ่ายประมาณ 686,000,000 บาท และระบบเก็บค่าผ่านทาง Easy Pass มีค่าใช้จ่ายประมาณ 140,000,000 บาท

การแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางสามารถนำระบบ ETC เข้ามาช่วยโดยในระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดนั้นจะใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 6 วินาที มีปริมาณรถ 550 คันถึง 620 คันต่อชั่งโมง แต่ระบบ ETC จะให้เวลาประมาณ 4 วินาที มีปริมาณรถ 770 คันถึง 870 คันต่อชั่งโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบ ETC มีประสิทธิภาพในการลดการจราจรติดขัดหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางที่ดีกว่าระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด [1]

1.2 การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation)

การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง คือรูปแบบของสถานะการณ์ความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง การจำลองจะพิจารณาในส่วนของการเข้ามาและการออกจากระบบของวัตถุที่สนใจในการจำลอง เช่นการจำลองระบบของสนามบิน ท่าเรือ ทางด่วน ระบบเน็ตเวิร์คของโทรศัพท์เป็นต้น

การจำลองปริมาณการจราจรที่ด่านเก็บค่าผ่านทางสามารถทำได้โดยวิธีการจับภาพจากกล้องที่ตำแหน่งต่างๆ และข้อมูลต่างๆ เช่นปริมาณรถที่ผ่านเข้ามาในด่านเก็บค่าผ่านทาง พฤติกรรมการขับขี่ความเร็ว และการเร่งความเร็วเพื่อใช้ในการออกแบบระบบเก็บค่าผ่านทาง [2]

แผนกวิจัย และพัฒนาระบบจราจร กองวิจัย และพัฒนาวิศวกรรมระบบทางพิเศษ ใช้แบบจำลองมาช่วยในการจัดหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งช่อง ETC เพื่อให้ประสิทธิภาพการจัดการจราจรสูงสุด และสามารถรองรับปริมาณผู้ใช้งานระบบ ETC ได้มากขึ้น [3] นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ เช่น การขยายช่วงถนน การจัดช่องทางพิเศษ การจำกัดความเร็ว ยังช่วยแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง [4]

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอปัญหาการจราจรที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง ของทางด่วนที่ประเทศญี่ปุ่น โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ 1. การศึกษาเกี่ยวกับ เวลาที่ใช้ในช่องทางแต่ละรูปแบบและ 2 เป็นการออกแบบ โครงสร้างของช่องเก็บค่าผ่านทาง ผลจากการวิจัยพบว่ารูปแบบพื้นที่หน้าช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติควรจะมีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใหญ่เพื่อให้รองรับปริมาณรถได้มากขึ้นและลดเวลาในการเก็บค่าผ่านทาง [5]

การจำลองระบบแถวคอยของช่องเก็บค่าผ่านเส้นทางในเมือง Bangalore ประเทศอินเดีย มีการแบ่งประเภทรถเป็น 4 ประเภทได้แก่ 1.รถยนต์ขนาดเล็ก 2.รถบรรทุกขนาดเล็ก 3. รถบรรทุกขนาดใหญ่ และรถบัส 4.รถที่มีจำนวนเพลาหลายเพลา ซึ่งการจำลองระบบพบว่าการเข้ามาของรถขนาดเล็กมีปริมาณมาก ทำให้เกิดแถวคอย และเวลาในการรอคอยนานกว่ารถประเภทที่มีขนาดใหญ่ และประเภทหลายเพลา แต่ใช้เวลาในการให้บริการน้อยกว่ารถประเภทอื่นๆ [6]

การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องของร้านอาหาร McDonalds และ POSB ของธนาคาร โดยกำหนดเวลาระหว่างการเข้าใช้บริการของลูกค้า และเวลาในการให้บริการที่แตกต่างกัน ผลการจำลองพบว่า การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องของระบบแถวคอยแบบหนึ่งช่องทางมีผลการทำงานที่ดีกว่าระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง โดยค่าความน่าจะเป็นในการรอคอยมีค่าลดลงทั้งในร้านอาหาร McDonalds และ POSB ของธนาคาร [7]

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาการจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ และช่องเก็บค่าผ่านทางเงินสดของด่านเก็บค่าผ่านทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มมากขึ้น และลดปัญหาการจราจรติดขัดที่หน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง โดยใช้รูปแบบแถวคอยในรูปแบบต่างๆ และใช้ข้อมูลปริมาณรถยนต์จากด่านเก็บค่าผ่านทางจริงมาใช้ในการจำลองเหตุการณ์ โปรแกรม Arena [8] เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสำหรับการจำลองระบบของด่านเก็บค่าผ่านทาง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาการจราจรติดขัด และการสะสมของปริมาณรถที่หน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง
2. เพื่อศึกษาเทคนิคในการสร้างรูปแบบการจำลองเหตุการณ์ในช่วงเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete event simulation)
3. เพื่อสร้างรูปแบบการจำลองช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Easy Pass) และช่องเก็บค่าผ่านทางเงินสดในรูปแบบหนึ่งแถวคอย และหลายแถวคอยของด่านเก็บค่าผ่านทาง

3. อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการจำลองช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Easy Pass) และช่องเก็บค่าผ่านทางเงินสด (MTC) ของด่านเก็บค่าผ่านทาง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับปริมาณจราจรในปัจจุบัน โดยการจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในการวิจัย และเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณรถของด่านเก็บค่าผ่านทาง โดยมีระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลการจำลองระบบ

การออกแบบ การจำลองระบบช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ และช่องเก็บค่าผ่านทางเงินสดของทางด่วน นั้นได้มีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจาก รายงานข้อมูลปริมาณจราจรจากการทางพิเศษฯ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หนังสือคู่มือการใช้งานโปรแกรม Arena นำมาวิเคราะห์ และออกแบบการจำลองระบบ

ในงานวิจัยนี้เป็นการจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องของระบบแถวคอย โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1. แบบหนึ่งแถวคอย เป็นระบบแถวคอยที่มีแถวเดียว โดยที่รถจะออกจากแถวคอยทีละคันไปยังช่องเก็บค่าผ่านทางที่ว่าง 2. แบบหลายแถวคอย เป็นระบบแถวคอยที่มีหลายแถว ซึ่งสามารถมีการสลับการใช้ช่องเก็บค่าผ่านทางข้างเคียงกันได้ แต่ไม่สามารถข้ามใช้ช่องเก็บค่าผ่านทางแถวข้างเคียงมากกว่าหนึ่งช่องทาง

3.2 การออกแบบการจำลองระบบ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการจำลองระบบ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) การจำลองระบบแถวคอยแบบหนึ่งช่องทาง เป็นระบบแถวคอยที่มีหนึ่งแถว และมีช่องเก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 4 ช่องทาง

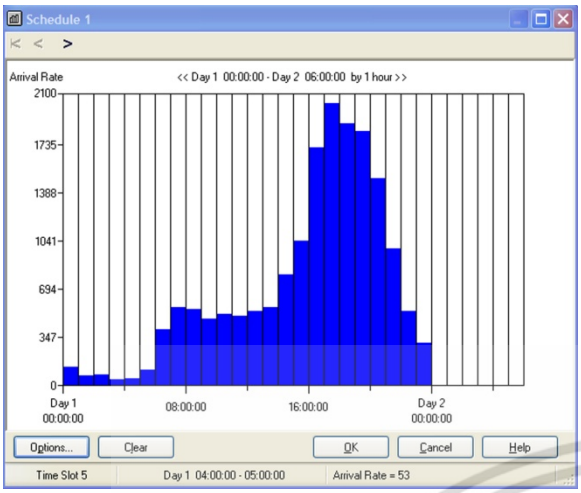
2) การจำลองระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง เป็นระบบแถวคอยที่มีหลายแถว โดยมีแถวคอยอยู่หน้าช่องเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งมีทั้งแบบจำนวนแถวคอยที่เท่ากันกับช่องเก็บค่าผ่านทาง และจำนวนแถวคอยที่น้อยกว่า

3.3 การดำเนินการทดลองการจำลองระบบ

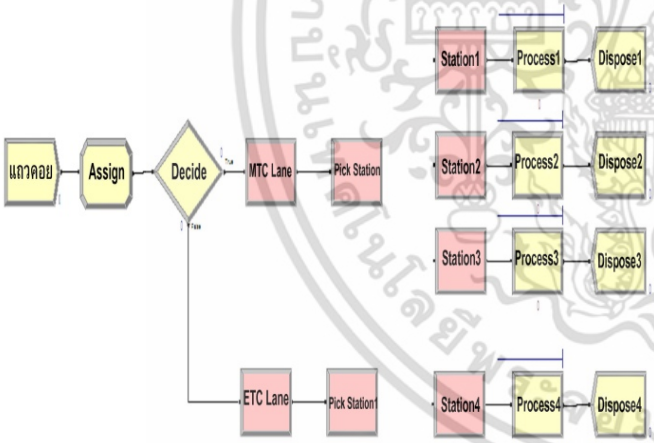
การดำเนินการทดลองแบ่งเป็น 3 แบบ โดยกำหนดช่องเก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 4 ช่องทาง เป็นช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 3 ช่องทาง และช่องเก็บค่าผ่านทาง Easy Pass 1 ช่องทาง ดังนี้

1) การจำลองระบบแบบหนึ่งแถวคอย และมีช่องให้บริการเก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 4 ช่องทาง ซึ่งการเข้ามาของปริมาณรถยนต์เป็นแบบกำหนดตามช่วงเวลา อ้างอิงจากข้อมูลปริมาณรถยนต์ในแต่ละช่วงเวลาจริงของด่านเก็บค่าผ่านทาง โดยมีปริมาณรถยนต์ทั้งหมด 17,343 คัน ดังตัวอย่าง รูปที่ 3.1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



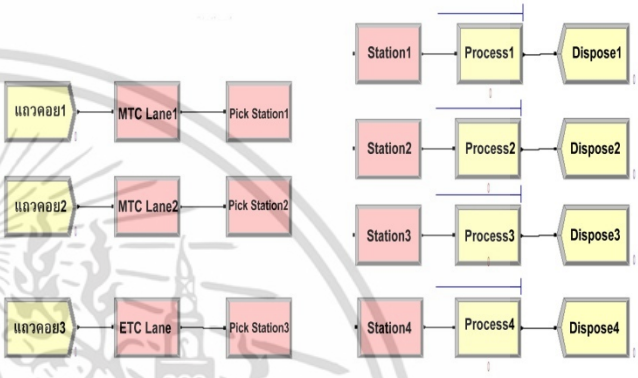
รูปที่ 3.1 ปริมาณรถยนต์ทั้งหมด 17,343 คัน และมีการแบ่งประเภทรถยนต์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทจ่ายเงินสด จำนวน 11,968 คัน ซึ่งกำหนดให้สามารถเลือกเข้าช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดได้ทุกช่องทาง (Station 1, 2 หรือ 3) และประเภทใช้ Easy Pass จำนวน 5,375 คัน กำหนดให้สามารถเลือกเข้าช่องเก็บค่าผ่านทางได้เฉพาะช่องเก็บค่าผ่านทาง Easy Pass เท่านั้น ตามรูปแบบจำลอง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การจำลองระบบแบบหนึ่งแถวคอย

แถวคอยจะมีการแบ่งออกเป็น แถวคอยที่จ่ายเงินสด และแถวคอยที่ใช้ Easy Pass โดยที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเก็บเงินสดจะมีการกำหนดค่า Process Delay Type เป็นแบบ Triangular โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 11 วินาที ค่ากลางเท่ากับ 8 วินาที และค่าต่ำสุดเท่ากับ 5 วินาที่ และในช่องเก็บค่าผ่านทาง Easy Pass มีการกำหนดค่า Process Delay Type เป็นแบบ Constant มีค่าเท่ากับ 5 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้ในการให้บริการอ้างอิงจากงานวิจัยของสำนักวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมระบบทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย [9]

2) การจำลองระบบแบบ 3 แถวคอย และมีช่องเก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 4 ช่อง โดยในแถวคอยถูกกำหนดให้สามารถเลือกเข้าช่องเก็บค่าผ่านทางได้เฉพาะช่องข้างเคียง แต่ไม่สามารถข้ามใช้ช่องเก็บค่าผ่านทางแถวข้างเคียงมากกว่าหนึ่งช่องทาง ตัวอย่างเช่น MTC lane ที่ 1 สามารถเลือกใช้ Station ที่ 1 หรือ 2 แต่ไม่สามารถเลือกใช้ Station ที่ 3 ได้ และ ETC Lane สามารถใช้ได้เฉพาะ Station ที่ 4 เท่านั้น ตามรูปแบบจำลอง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.3

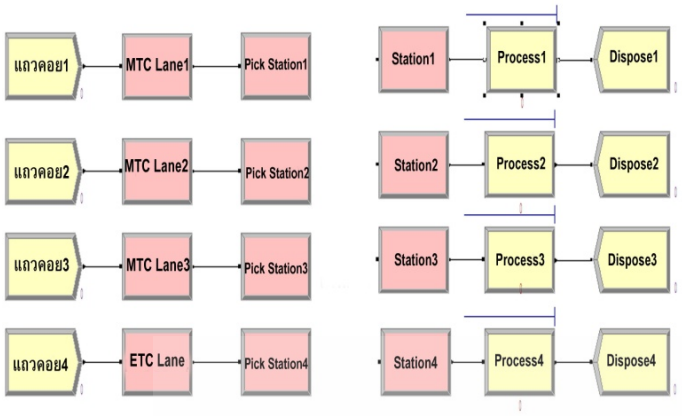


รูปที่ 3.3 การจำลองระบบแบบ 3 แถวคอย

โดยการกำหนดค่า Process Delay Type เหมือนกันกับแบบหนึ่งแถวคอย และเนื่องจากการเข้ามาของปริมาณรถยนต์ในช่องทางประเภทจ่ายเงินสดจริงมีทั้งหมด 3 ช่องทาง ดังนั้นตามรูปแบบจำลอง รูปที่ 3.3 จึงต้องมีการแบ่งปริมาณรถยนต์ของช่องทางที่เหลือให้แถวคอยที่ 1 และแถวคอยที่ 2 ตัวอย่างเช่น ช่วงเวลา 8 นาฬิกาถึง 9 นาฬิกา แถวคอยที่ 1 มีปริมาณรถยนต์จำนวน 156 คัน แถวคอยที่ 2 มีปริมาณรถยนต์จำนวน 197 คัน และช่องทางที่ 3 มีปริมาณรถยนต์จำนวน 54 คัน โดยทำการแบ่งปริมาณรถยนต์จำนวน 54 คันไปในแถวคอยที่ 1 และแถวคอยที่ 2

3) การจำลองระบบแบบ 4 แถวคอย และมีช่องเก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 4 ช่อง โดยในแถวคอยที่ 1 แถวคอยที่ 2 และแถวคอยที่ 3 กำหนดให้สามารถเลือกเข้าช่องเก็บค่าผ่านทางได้เฉพาะช่องข้างเคียง แต่ไม่สามารถข้ามใช้ช่องเก็บค่าผ่านทางแถวข้างเคียงมากกว่าหนึ่งช่องทาง ตัวอย่างเช่น MTC lane ที่ 2 สามารถเลือกใช้ Station ที่ 1, 2 หรือ 3 ได้ แต่ไม่สามารถเลือกใช้ Station ที่ 4 ได้ และ ETC Lane สามารถใช้ได้เฉพาะ Station ที่ 4 เท่านั้น ตามรูปแบบจำลอง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การจำลองระบบแบบ 4 แถวคอย

โดยการกำหนดค่า Process Delay Type เหมือนกันกับแบบหนึ่งแถวคอย และการเข้ามาของปริมาณรถในแต่ละช่องทางจะใช้ปริมาณรถตามจริงของแต่ละช่องทาง

4. ผลการวิจัย

จากผลการจำลองระบบที่มีการเข้ามาของรถยนต์เป็นรูปแบบกำหนดตามช่วงเวลา มีปริมาณรถยนต์ที่เข้ามาจำนวนเท่ากัน และมีการกำหนดค่าของ Process Delay Type ของช่องเก็บเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทาง Easy Pass ที่เหมือนกันทั้ง 3 รูปแบบจำลอง พบว่าเวลาที่รถยนต์ 1 คันอยู่ในระบบทั้งหมด (Total Time) และเวลาที่รถยนต์ 1 คันใช้เวลาในการรอการให้บริการ (Waiting Time) ดังตัวอย่างตารางที่ 4.1

รูปแบบการจำลอง	Average Total Time (Min.)	Average Waiting Time of MTC (Min.)	Average Waiting Time of ETC (Min.)
1 แถวคอย	2.43	3.59	0.04
3 แถวคอย	0.29	0.13	0.25
4 แถวคอย	0.24	0.11	0.15

ตารางที่ 4.1 แสดง เวลาที่รถยนต์ 1 คันอยู่ในระบบทั้งหมด (Total Time) และเวลาที่รถยนต์ 1 คันใช้เวลาในการรอการให้บริการ (Waiting Time)

จากตารางที่ 4.1 เวลาที่รถยนต์ 1 คันอยู่ในระบบทั้งหมด (Total Time) ของรูปแบบจำลองแบบ 1 แถวคอยจะใช้เวลาอยู่ในระบบมากที่สุด คือ 2.43 นาที รูปแบบจำลองแบบ 4 แถวคอยจะใช้เวลาอยู่ในระบบน้อยที่สุด คือ 0.24 นาที ในส่วนของเวลาที่รถยนต์ 1 คันใช้เวลาในการรอการให้บริการ (Waiting Time) ในช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ MTC ของรูปแบบจำลองแบบ 1 แถวคอยจะใช้เวลาในการรอการให้บริการมากที่สุด คือ 3.59 นาที รูปแบบจำลองแบบ 4 แถวคอยจะใช้เวลาในการรอการให้บริการน้อยที่สุด คือ 0.11 นาที ในส่วนของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ ETC รูปแบบจำลองแบบ 1 แถวคอยจะใช้เวลาในการรอการให้บริการน้อยที่สุด คือ 0.04 นาที รูปแบบจำลองแบบ 4 แถวคอยจะใช้เวลาในการรอการให้บริการมากที่สุด คือ 0.15 นาที

5. การอภิปรายผล

จากผลการจำลองระบบ เวลาที่รถยนต์ 1 คันอยู่ในระบบทั้งหมด (Total Time) ของรูปแบบจำลองแบบ 1 แถวคอยจะใช้เวลาอยู่ในระบบมากที่สุด คือ 2.43 นาที ในการทำงานของรูปแบบนี้จะมีลักษณะ คือจะทำการตรวจสอบช่องเก็บค่าผ่านทางแต่ละช่องว่าช่องเก็บค่าผ่านทางใดมีจำนวนแถวคอยน้อยก็จะเข้าช่องเก็บค่าผ่านทางนั้น โดยกำหนดให้เลือกช่องเก็บค่าผ่านทางที่ 1 ก่อนแล้วตรวจสอบช่องต่อไป โดยออกจากแถวคอยที่ละคันทำให้ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบสูง รูปแบบจำลองแบบ 4 แถวคอยจะใช้เวลาอยู่ในระบบน้อยที่สุด คือ 0.24 นาที ในการทำงานของรูปแบบนี้จะมีลักษณะ คือจะทำการตรวจสอบช่องเก็บค่าผ่านทาง เช่นเดียวกันกับ แบบ 1 แถวคอย แต่ในแถวคอยอื่นๆ ก็สามารถตรวจสอบช่องเก็บค่าผ่านทางได้ โดยไม่ต้องรอ จึงทำให้ใช้เวลาอยู่ในระบบน้อยกว่า

ในส่วนของเวลาที่รถยนต์ 1 คันใช้เวลาในการรอการให้บริการ (Waiting Time) ในช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ MTC รูปแบบจำลองแบบ 1 แถวคอยจะใช้เวลาในการรอการให้บริการมากที่สุด คือ 3.59 นาที เพราะว่าการกำหนดในการออกแบบให้เลือกช่องเก็บค่าผ่านทางที่ 1 ก่อน เมื่อจำนวนรถที่เข้าช่องเก็บค่าผ่านทางนี้มีจำนวนมากจึงทำให้ใช้เวลาในแถวคอยมาก ส่วนรูปแบบจำลองแบบ 4 แถวคอยจะใช้เวลาในการรอการให้บริการน้อยที่สุด คือ 0.11 นาที เนื่องจากการเข้ามาของรถยนต์เป็นแบบหลายแถวคอยซึ่งแต่ละแถวคอยมีการกำหนดให้เลือกช่องเก็บค่าผ่านทางที่ 1 ของแต่ละแถวคอย ทำให้รถยนต์ไม่ไปแออัดกันที่ช่องเก็บค่าผ่านทางเดียว ทำให้ใช้เวลาในการรอการให้บริการน้อยกว่า ในส่วนของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ ETC รูปแบบจำลองแบบ 1 แถวคอยจะใช้เวลาน้อยที่สุดเนื่องจาก ปริมาณรถยนต์ที่เข้ามาจาก 1 แถวคอยเป็นแบบทะยอยเข้ามาทำให้ปริมาณไม่หนาแน่น จึงใช้เวลาในการรอการให้บริการน้อยกว่าแบบหลายแถวคอย

ลิขสิทธิ์นี้เป็นของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. บทสรุป

ผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการสร้างสถานการณ์จำลองแบบหนึ่งแถวคอย และหลายแถวคอย ของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเก็บเงินสด และแบบ Easy pass สามารถทำได้โดยโปรแกรม Arena และ รูปแบบการจำลองแบบหลายแถวคอยโดยที่จำนวนแถวคอยเท่ากันกับช่องเก็บค่าผ่านทางมีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของช่องเก็บค่าผ่านทางของทางด่วน ส่งผลให้ลดปัญหาการจราจรติดขัดที่หน้าด่านเก็บค่าผ่านทางได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพียงด่านเดียว ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้รูปแบบการจำลองสามารถนำไปปรับใช้ได้กับด่านอื่นที่มีปริมาณรถและลักษณะการเข้ามาของรถยนต์ที่แตกต่างกัน

7.เอกสารอ้างอิง

[1] Rudy Herman Karsaman Research Group, Yans Mahendra, Hermein Rahman, “Measuring the Capacity and Transaction Time of Cash and Electronic Toll Collection Systems”, J.Ene. Technol. Sci., Vol. 46,No. 2, 2014

[2] Takahiro SHITAMA, “Traffic Simulation For Expressway Toll Plaza Based on Successive Vehicle Tracking Data”, Symposium of transport Simulation, Lausanne, Switzerland, September 2006

[3] นพดล โพธิ์ขี, สุรเชษฐ์ ประวงศ์วุฒิ, “แนวทางการจัดตำแหน่งช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติ โดยวิธีการประเมินประสิทธิภาพทางด้านวิศวกรรมจราจรในแบบจำลองคอมพิเตอร์”

[4] สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล, ปานวิทย์ ธุวนุติ, “แบบจำลองจราจรสำหรับระบบทางด่วนพิเศษศรีรัช ด่านเก็บเงินพระรามเก้า”, NCIT, 2010

[5] Teruaki Ito, “Process Simulation Approach to Design and Evaluation of Toll Plaza With ETC Gates”, European Simulation Symposium, 2004

[6] S. Shanmugasundaram and S.Punitha,”A Simulation Study on Toll Gate System in M/M/1 Queuing Model”, IOSR Journal of Mathematics, 2014

[7] Zhang Laifu Joe, Ng Wen Wei Jonathan Louis and Tay Seng Chuan, “Discrete-Event Simulation of Queuing System”, Ministry of Education, Singapore, 2000

[8] Benjamin Melamed, Tayfur Altiok, “Simulation Modeling and Analysis with Arena”, Piscataway, New Jersey, 2007

[9] Noppakun BOONGRAPUE,Ph.D., Sakda PANWAI, Ph.D., Charnwet HARIPAI, Asean Civil Engineering, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของมุมกล้องในภาพยนตร์แนวสยองขวัญต่อระดับการสื่อสารความกลัวและตกใจ

Effect of Camera Angles to Communicate Fear and Fright in Horror Movie

คมชาญ พัฒนรัฐ[1], ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] ph.khomchan_st@tni.ac.th
[2] thitiporn@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของมุมกล้องในการถ่ายทำภาพยนตร์แนวสยองขวัญต่อระดับการสื่อสารความกลัวและตกใจของผู้ชม กลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดลองในครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 171 คน เข้ารับการทดลองโดยการรับชมวีดิโอสยองขวัญ 1 ใน 4 เรื่องที่จัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาและเสียงประกอบเดียวกัน ประกอบด้วยมุมกล้องหลัก 4 แบบ คือ 1.objective 2.objective ผสม close-up shot 3.subjective 4.subjective และ point of view จากผลการศึกษาพบว่า วีดิโอที่มีมุมกล้องหลักแบบ objective มีค่าเฉลี่ยระดับความน่ากลัวสูงสุด ในขณะที่วีดิโอที่มีมุมกล้องหลักแบบ objective ผสม close-up shot มีค่าเฉลี่ยระดับความน่าตกใจสูงกว่ามุมกล้องแบบอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง ส่วนวีดิโอที่มีมุมกล้องหลักแบบ subjective และ point of view มีค่าเฉลี่ยของระดับความน่ากลัวและน่าตกใจน้อยที่สุด ดังนั้นในการสร้างภาพยนตร์แนวสยองขวัญ การใช้มุมกล้องแบบ objective จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเสริมความน่ากลัวให้กับภาพยนตร์ และการใช้ close-up shot ก็ยังสามารถช่วยสร้างความน่าตกใจเพิ่มมากขึ้นให้กับภาพยนตร์อีกด้วย

คำสำคัญ: มุมกล้อง, ภาพยนตร์แนวสยองขวัญ, ภาพระยะใกล้, ความน่ากลัว, ความน่าตกใจ

Abstract

This research aims to study the effect of camera angles in communicating fear and fright in horror movie. There are totally 171 undergraduates from Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology tested in the experiment. Each student was asked to watch one of four horror videos with the same story and sound effects but difference in primary camera angles, i.e. objective camera angle, objective camera angle and close-up shot, subjective camera angle, subjective and point of view camera angles. The result shows that the objective camera angle can communicate well for the feeling of fear whereas adding the close-up shot to it results in the highest average score of frightened feeling. The movie with primary subjective and point of view camera angles gives the lowest average scores of both fearful and frightened levels. As a result, the objective camera angle can be considered as an alternative way to enhance fear in horror movie production. By using the close-up shot with objective camera angle, it can also help in increasing the frightened level in horror movie.

Keywords: camera angle, horror movie, close-up shot, fear, fright

1. บทนำ

ในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสื่อสาร อุปกรณ์พกพาอัจฉริยะ คลาวด์คอมพิวติ้ง ทำให้การสื่อสารข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็วทุกที่ทุกเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผยแพร่ข้อมูลผ่านสังคมออนไลน์ โดยในปี พ.ศ. 2559 คาดว่าประชากรโลกจะมีอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต 1.4 เครื่องต่อคน หรือประมาณ 10 พันล้านเครื่อง [1] และด้วยเทคโนโลยีการสร้างดิจิทัลคอนเทนต์และอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในปัจจุบัน ทำให้มีจำนวนผู้เข้าถึงข้อมูลประเภทวีดิโอผ่านอุปกรณ์พกพาต่างๆเพิ่มขึ้น โดยการเข้าถึงหรือรับชมที่ทำได้ง่ายขึ้นนี้ ทำให้ปัจจุบันมีผู้คนจำนวนมากให้ความสนใจในการชมภาพยนตร์ต่างๆจากทั่วทุกมุมโลก โดยภาพยนตร์ที่ออกสู่ท้องตลาดนั้นมีหลากหลายแนว เช่น แอคชั่น ดราม่า คอมเมดี้ สยองขวัญ ซึ่งเป็นทางเลือกในการตอบสนองความสนใจและรสนิยมของผู้ชม การมีภาพยนตร์มากมายในตลาดภาพยนตร์นี้ เป็นธรรมดาที่ผู้ชมย่อมเลือกสิ่งที่ดีที่สุดสำหรับค่าใช้จ่ายที่เสียไป การผลิตภาพยนตร์ให้ออกมาดี มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น เนื้อเรื่อง การถ่ายทำ การตัดต่อ ซึ่งมุมกล้องถือเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการช่วยสื่อสารความหมายและอารมณ์แก่ผู้ชม ทำให้เข้าถึงเนื้อหาภาพยนตร์และดึงดูดความสนใจได้มากยิ่งขึ้น การถ่ายด้วยมุมกล้องที่ไม่ดีหรือไม่สามารถถ่ายทอดอารมณ์ของภาพยนตร์ออกมาได้ก็จะทำให้ส่วนอื่นๆ เช่น นักแสดง เอฟเฟกต์ประกอบ หรือสถานที่ที่ถ่ายทำ ออกมาไม่ดีได้ ดังนั้นการที่ผู้สร้างภาพยนตร์สามารถเลือกใช้มุมกล้องได้ดี ก็จะทำให้ภาพยนตร์ที่ผลิตออกมานั้นดีด้วยเช่นกัน ซึ่งมุมกล้องที่ใช้ในการถ่ายทำสามารถแบ่งตามการมองตัวละครหรือวัตถุในระดับองศาที่แตกต่างกันได้ดังนี้ [2] 1.มุมสายตานก (bird's-eye view) 2.มุมสูง (high-angle shot) 3.มุมระดับสายตา (eye-level shot) 4.มุมต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(low-angle shot) 5.มุมสายตาหนอน (worm's-eye view) 6.มุมเอียง (oblique angle shot) นอกจากนี้ยังมีมุมกล้องที่สำคัญอื่นๆอีก เช่น มุมเฝ้ามอง (objective camera angle) มุมแทนสายตา (subjective camera angle) มุมมองใกล้ชิด (point-of-view camera angle) โดยกล้องมีบทบาทสำคัญเปรียบเสมือนตาจ้องดูพฤติกรรม การกระทำต่างๆที่เกิดขึ้นจากตำแหน่งที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงเวลา ตำแหน่งของกล้องที่สัมพันธ์กับวัตถุส่งผลต่อลักษณะวัตถุที่มองเห็นและความรู้สึกที่มีต่อวัตถุนั้นๆ ถ้าวัตถุยิ่งมีขนาดเล็กในเฟรม ก็จะยิ่งดูเหมือนมีความสำคัญน้อยลง รายละเอียดที่มองเห็นมีน้อยลง สิ่งที่อยู่โดยรอบสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นและดึงความสนใจจากวัตถุ แม้ว่าระยะภาพขนาดใกล้จะช่วยเน้นวัตถุ แต่ก็ไม่ควรให้วัตถุมีขนาดใหญ่เกินจนทำให้รู้สึกมีอิทธิพลมากเกินไป โดย close-up shot มักทำให้ผู้ชมลืมขนาดจริงและสัดส่วนของวัตถุ [3] มุมกล้องยังถูกใช้ในการสร้างพลังความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องมีการเลือกสรรและจัดลำดับมุมกล้องไว้เป็นอย่างดีล่วงหน้า ไม่ใช่แต่เฉพาะในภาพยนตร์ แต่ยังแฝงอยู่ในทุกรูปแบบของงานทัศนศิลป์ ตั้งแต่การสร้าง/บันทึก ไปจนถึงการนำเสนอ เช่น งานศิลปะทางด้านศาสนา มักนำเสนอผลงานทางด้านบนของผู้ชมเพื่อให้เกิดมุมมองขึ้น ทำให้ผู้ชมเกิดความรู้สึกน่าเกรงขาม ลักษณะคล้ายกับการที่เด็กมองแหงนขึ้นไปยังพ่อแม่ [4]

โดยงานวิจัยของ อภิชาต พุทธเจริญ [5] ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนจำนวน 120 คน จากเทปโทรทัศน์สาธิตแบบต่างๆที่ใช้มุมกล้องต่างกัน โดยมุมกล้องแบบมุมสูงที่ถ่ายจากด้านหลังผู้แสดง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้จากเทปโทรทัศน์สาธิตแบบต่างๆสูงกว่ามุมกล้องแบบอื่นๆที่นำมาทดลอง วิทยา ดำรงเกียรติศักดิ์ [6] ได้ศึกษาอิทธิพลของมุมกล้องในการผลิตรายการวีดิทัศน์ต่อการเรียนรู้ด้านทักษะของเกษตรกร ซึ่งพบว่ารายการวีดิทัศน์ที่ใช้เทคนิคมุมกล้องแบบมุมผู้กระทำกับการซ้อนหัวข้อย่อยและจุดสำคัญ ได้คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะของเกษตรกรสูงสุด รองลงมาคือ มุมกล้องแบบมุมผู้กระทำมุมผู้ชมกับการซ้อนหัวข้อย่อยและจุดสำคัญ และมุมผู้ชม ตามลำดับ บุญเสริม เนตรเก่ง [7] ได้ศึกษาชนิดของมุมกล้องต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตปริญญาตรี โดยนิสิตที่เข้าเรียนด้วยบทเรียนวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบ subjective ในการสาธิตการตัดต่อวีดิทัศน์ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบ objective นอกจากนั้น Cummins, Keene และ Nutting [8] ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของมุมกล้องที่มีต่อการตอบสนองของผู้ชมกีฬาและการรู้สึกมีส่วนร่วมในประสบการณ์การชม โดยพบว่ามุมกล้องแบบ subjective ในการแข่งขันกีฬา สามารถดึงความรู้สึกของการร่วมอยู่ในสถานที่แข่งขันได้มากกว่ามุมกล้องแบบ objective

จากงานวิจัยที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่ามุมกล้องที่ต่างกัน ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเรียนรู้ การรับรู้/ความรู้สึกของผู้ชม และเนื่องด้วยภาพยนตร์แนวสยองขวัญเป็นแนวที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย ซึ่ง production design มีส่วนสำคัญมากในการสร้างความน่ากลัวให้กับภาพยนตร์แนวสยองขวัญ โดยมุมกล้องถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ mood และ tone มากที่สุด รองลงมาคือ สีและฉากสถานที่ [9] ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาผลกระทบของมุมกล้องต่างๆ โดยเลือกมุมกล้องประเภท subjective, objective และ point of view ซึ่งเป็นมุมกล้องที่นิยมใช้กันในภาพยนตร์ และเลือกภาพระยะใกล้ (close-up) มาช่วยเสริมในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของมุมกล้องที่มีต่อระดับการสื่อสารความกลัวและตกใจของผู้ชมภาพยนตร์แนวสยองขวัญ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเสนอแนะหรือประยุกต์ใช้ในการสร้างหนังสั้นหรืออุตสาหกรรมภาพยนตร์ต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับผลระทบของมุมกล้องในภาพยนตร์แนวสยองขวัญ โดยผู้วิจัยได้จัดทำหนังสั้นแนวสยองขวัญความยาว 1.30 – 2.00 นาที จำนวน 4 ชุดที่มีเนื้อเรื่องและเสียงประกอบเดียวกัน โดยเสียงที่ใช้เป็นเสียงธรรมชาติและเสียงเอฟเฟกต์ประกอบที่เลือกให้เข้ากับช่วงเนื้อหาเพื่อเสริมความน่ากลัว/น่าตกใจให้กับการดำเนินเรื่อง ซึ่งประกอบด้วยมุมกล้องแบบต่างๆ [2, 10] ดังนี้

- Objective camera angle คือมุมแอบมองหรือเฝ้ามองตัวละครแอ็คชั่นและเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้น ซึ่งเป็นมุมภาพที่มองจากบุคคลที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในภาพยนตร์ เป็นมุมภาพบอกเล่าทั่วๆไป
- Subjective camera angle เป็นมุมภาพที่มองจากบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในภาพยนตร์โดยตรง ซึ่งเป็นการนำพาคนดูเข้ามามีส่วนร่วมในภาพด้วย
- Point-of-view camera angle เป็นมุมภาพที่ให้ความรู้สึกสนิทสนมกับเหตุการณ์แต่ไม่ได้มีส่วนในเหตุการณ์

และ ภาพระยะใกล้ (close-up) ซึ่งเป็นภาพที่เห็นบริเวณศีรษะและใบหน้าของผู้แสดง ทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดชัดเจนขึ้น

ซึ่งแต่ละวีดิโอมีองค์ประกอบของมุมกล้องในการดำเนินเรื่องและมุมกล้องหลักที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1 โดยวีดิโอที่ 1 และ 2 มีมุมกล้องหลักคือ objective และเพิ่ม close-up shot ในวีดิโอที่ 2 ส่วนวีดิโอที่ 3 มีมุมกล้องหลักแบบ subjective และ วีดิโอที่ 4 มีมุมกล้องหลักแบบ subjective และ point of view รูปที่ 1 (ก-ง) แสดงภาพตัวอย่างของ shot ในแต่ละวีดิโอที่ใช้ทดสอบพร้อมชื่อมุมกล้อง/ประเภทภาพ และช่วงเวลากำกับ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1-4 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 171 คน โดยนักศึกษาแต่ละคนดูวีดิโอเพียงหนึ่งเรื่องและตอบแบบสอบถามออนไลน์เพื่อประเมินระดับความน่ากลัวและน่าตกใจของวีดิโอตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ Likert Scale กำหนดน้ำหนักของตัวเลือกเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 โดยหมายถึง มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ กำหนดให้แต่ละวีดิโอมีจำนวนผู้ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

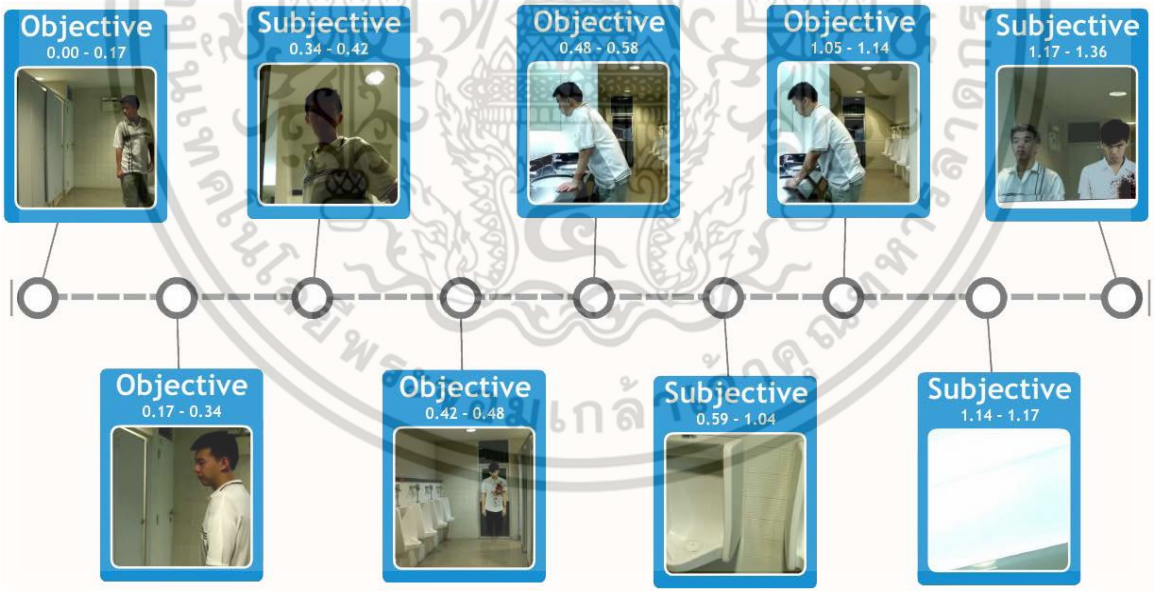
แบบสอบถามไม่น้อยกว่า 30 คน และใช้ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยในการเปรียบเทียบผล

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของมุมกล้องตามจำนวนเวลาและจำนวนครั้งของชุดวีดิโอทดสอบ

วีดิโอที่	ระยะเวลา (นาที)	จำนวนเวลา, จำนวนครั้ง ของมุมกล้อง				
		Objective	Objective และ Close-up	Subjective	Subjective และ Close-up	Point of view (P.O.V)
1	1.36	**61.46%, 55.56%**	-	38.54%, 44.44%	-	-
2	1.35	**49.47%, 35.71%**	10.53%, 21.43%	37.89%, 35.71%	2.11%, 7.14%	-
3	1.39	36.36%, 25.00%	-	**61.62%, 66.67%**	2.02%, 8.33%	-
4	1.51	25.23%, 16.67%	3.60%, 5.56%	**33.33%, 44.44%**	1.80%, 5.56%	**36.04%, 27.78%**

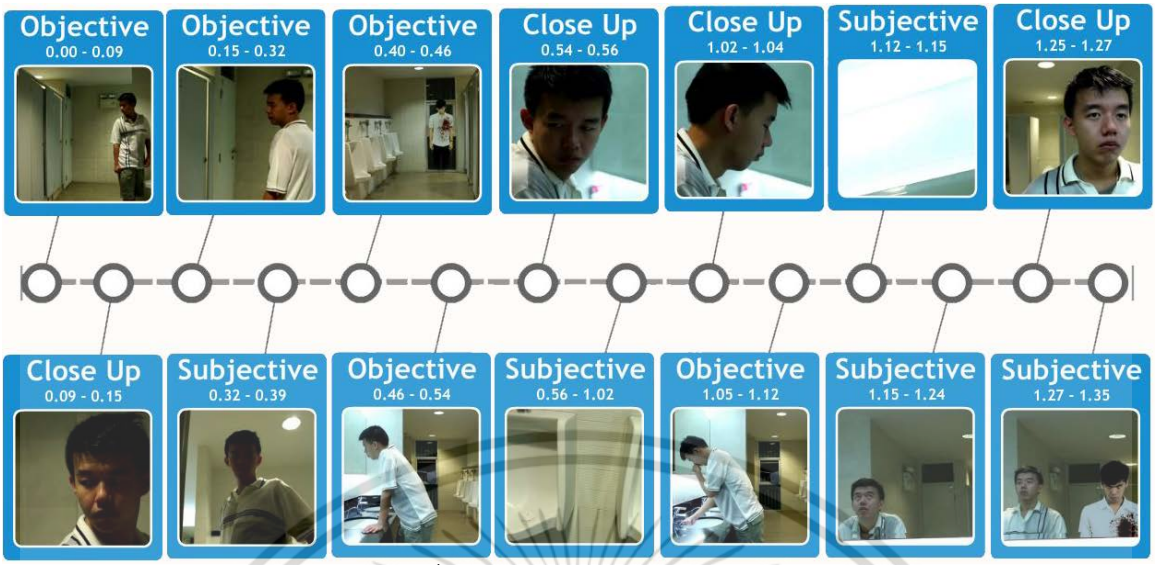
3. ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของมุมกล้องประเภทต่างๆในภาพยนตร์แนวสยองขวัญต่อระดับความน่ากลัวและน่าตกใจของผู้ชม โดยใช้ตัวอย่างหนังสั้นแนวสยองขวัญจำนวน 4 เรื่อง ที่มีเนื้อหาและเสียงประกอบเดียวกัน แต่มีองค์ประกอบมุมกล้องหลักที่แตกต่างกัน ถ่ายทำณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยมีกลุ่มผู้รับชมเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่าวีดิโอแต่ละชุดมีผลคะแนนเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความน่ากลัวและน่าตกใจของผู้ชม ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยวีดิโอที่ 1 ที่มีมุมกล้องหลักแบบ objective มีผลคะแนนเฉลี่ยของระดับความน่ากลัวสูงสุด คือ 2.61 ในขณะที่วีดิโอที่ 2 ที่มีมุมกล้องหลักแบบ objective ผสม close-up shot มีผลคะแนนเฉลี่ยของระดับความน่าตกใจสูงสุด คือ 2.47 และ วีดิโอที่ 4 ที่มีมุมกล้องหลักแบบ subjective และ point of view มีผลคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดของทั้งระดับความน่ากลัวและน่าตกใจ โดยมีคะแนนเฉลี่ยของระดับความน่ากลัวเท่ากับ 2.36 ซึ่งมีค่าเท่ากับวีดิโอที่ 3 ที่มีมุมกล้องหลักแบบ subjective และมีค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความน่าตกใจเท่ากับ 2.24

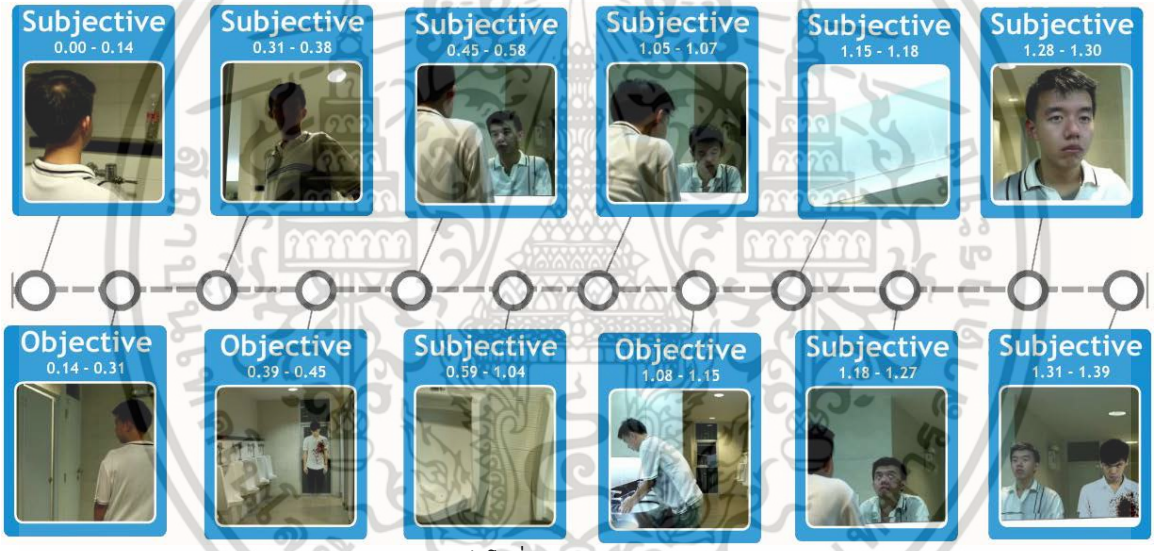


ก. วีดิโอที่ 1 มุมกล้องหลักแบบ objective

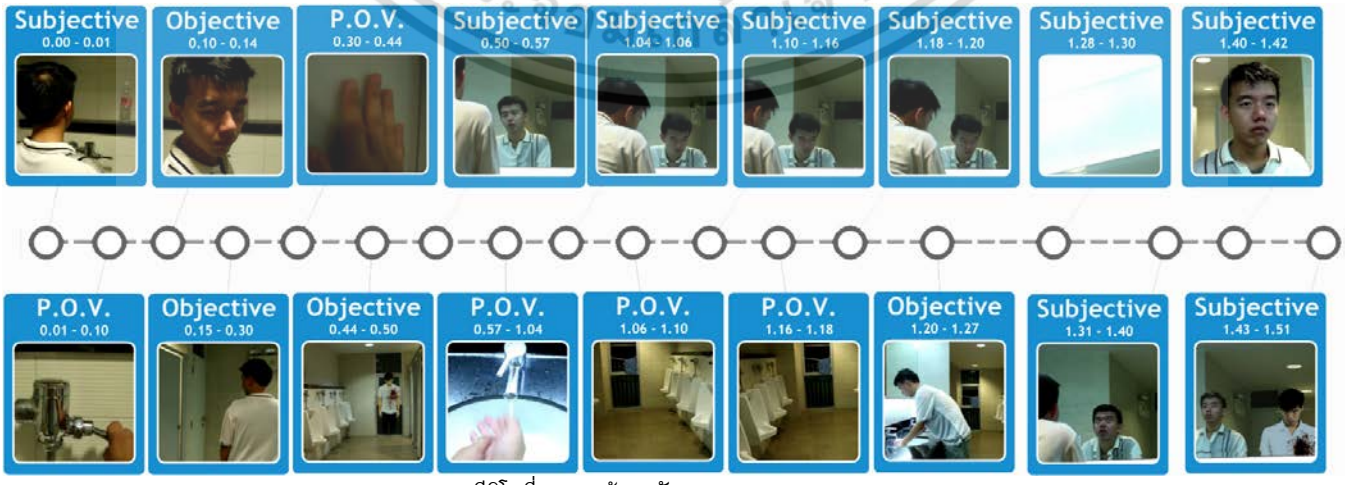
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. วีดีโอที่ 2 มุมกล้องหลักแบบ objective ผสม close-up shot



ค. วีดีโอที่ 3 มุมกล้องหลักแบบ subjective



ง. วีดีโอที่ 4 มุมกล้องหลักแบบ subjective และ point of view

รูปที่ 1 ตัวอย่าง shot ในชุดวีดีโอทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินระดับความน่ากลัวและน่าตกใจของชุดวีดิโอทดสอบ

วีดิโอที่	ประเภทมุมกล้องหลัก	ระดับความน่ากลัวของวีดิโอ		ระดับความน่าตกใจของวีดิโอ	
		คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	Objective	**2.61**	0.87	2.31	1.03
2	Objective ผสม Close-up shot	2.44	1.02	**2.47**	1.02
3	Subjective	*2.36*	0.96	2.39	1.02
4	Subjective และ Point of view	*2.36*	1.17	*2.24*	1.10

4. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของมุมกล้องประเภทต่างๆที่มีต่อระดับความน่ากลัวและน่าตกใจของภาพยนตร์แนวสยองขวัญ โดยผลจากการสำรวจของนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 171 คน พบว่า มุมกล้องแบบ objective สร้างความน่ากลัวให้กับวีดิโอแนวสยองขวัญได้มากกว่ามุมกล้องแบบ subjective อาจเป็นเพราะการถ่ายด้วยมุมกล้องแบบ objective ทำให้ผู้ชมเห็นภาพในแต่ละ shot กว้างกว่า เห็นบรรยากาศโดยรวมของ shot ได้มากขึ้น สร้างจินตนาการเชื่อมโยงสิ่งที่เห็น สิ่งที่ไม่เห็น และสิ่งที่คาดเดา เกิดเป็นความรู้สึกน่ากลัวได้ง่ายขึ้น สำหรับมุมกล้องแบบ objective ผสม close-up shot นั้น จากผลการศึกษาพบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยของระดับความน่าตกใจสูงกว่ามุมกล้องแบบอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง อาจเป็นเพราะการผสม close-up shot เข้าไปนั้น ทำให้ผู้ชมเห็นใบหน้าของตัวละครชัดเจนขึ้น การสื่อสารอารมณ์ของตัวละครไปยังผู้ชมมีประสิทธิภาพมากขึ้น เกิดจินตนาการไปยังเหตุการณ์ในอนาคตที่อาจเกิดขึ้น สร้างความน่าตกใจได้มากกว่ามุมกล้องแบบอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง สำหรับระดับความน่ากลัวของวีดิโอสยองขวัญที่มีมุมกล้องหลักแบบ subjective พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากมุมกล้องแบบ subjective ซึ่งเป็นการถ่ายให้ผู้ชมเห็นเฉพาะส่วนที่ตัวละครเห็นเท่านั้น เป็นมุมภาพแบบแคบ จำกัดมุมมองของผู้ชมและลดผลกระทบของสิ่งแวดล้อมอื่นๆในฉากที่ช่วยสร้างความน่ากลัวลง ส่วนมุมกล้องแบบ point of view จะยิ่งทำให้เห็นมุมภาพแคบลง ผู้ชมเห็นบรรยากาศต่างๆที่เกิดขึ้นในแต่ละ shot ได้น้อย เกิดจินตนาการได้น้อยกว่า โดยเฉพาะช่วงเวลาที่ตกใจซึ่งมักเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ จึงทำให้มีผลระดับความน่าตกใจน้อยกว่ามุมกล้องแบบอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า มุมกล้องที่แตกต่างกันส่งผลต่อการสื่อสารอารมณ์ ความรู้สึกแก่ผู้ชม โดยมุมกล้องแบบ objective มีส่วนช่วยเพิ่มความรู้สึกน่ากลัวของภาพยนตร์แนวสยองขวัญ และการผสม close-up shot จะช่วยเพิ่มความน่าตกใจให้แก่ผู้ชมได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งในอนาคตหากตัวอย่างกลุ่มประชากรในการวิจัยมีความหลากหลายมากขึ้น เช่น จากต่างวัย กลุ่มอาชีพ สัญชาติ ก็จะทำให้ได้ผลการศึกษาที่สามารถนำไปวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ในวงกว้างมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ทวีศักดิ์ กออนันตกูล, “การเปลี่ยนผ่านประเทศไทยสู่ยุคเศรษฐกิจดิจิทัล,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก http://www.slideshare.net/htk999/digital-economy-development-framework-thai

[2] นิพนธ์, “เทคนิคการกำกับภาพ และถ่ายมุมกล้อง,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก http://mis.kkw.ac.th/index.php/short-film/31-2014-05-16-07-25-21

[3] *Video Production Handbook*, 4th ed., Elsevier Inc., MA, 2008.

[4] Photography Monthly, “Important camera angles, utilising depth of field and more,” May 18, 2010. [Online]. Available: http://www.photographymonthly.com/Features/film-school/film-school-important-camera-angles-utilising-depth-of-field-and-more. [Accessed: April 10, 2015].

[5] อภิชาต พุทธเจริญ, “การศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากเทปโทรทัศน์สาธิตแบบต่างๆซึ่งใช้มุมกล้องต่างกัน,” ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527

[6] วิทยา ดำรงเกียรติศักดิ์, “อิทธิพลของมุมกล้องในการผลิตรายการวีดิทัศน์ต่อการเรียนรู้ด้านทักษะของเกษตรกร,” มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2533

[7] บุญเสริม เนตรเก่ง, “ปฏิสัมพันธ์ของแบบการคิดและชนิดของมุมกล้อง ในการสาธิตการตัดต่อวีดิทัศน์ด้วยบทเรียนวีดิทัศน์ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตปริญญาตรี,” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

[8] R. G. Cummins, J. R. Keene, and B. Nutting, “Sports spectatorship and emotional arousal: The role of camera angle,” presented at the meeting of the International Communication Association, Montreal, Canada, 2008.

[9] ณัฐพล วงษ์ชื่น, “ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้มัดแอนด์โทนของผู้ชมภาพยนตร์ไทยในการออกแบบงานสร้างภาพยนตร์แนวสยองขวัญ,” วิทยานิพนธ์ปริญญานิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552

[10] สุรพงษ์ พินิจค้า, “การถ่ายภาพยนตร์เพื่องานภาพยนตร์,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก http://elearning.aru.ac.th/3011103/soc43/topic7/linkfile/print5.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของวิชวลเอฟเฟกต์ที่มีผลต่อความน่ากลัวในภาพยนตร์แนวสยองขวัญ

Characteristics of Visual Effects in Conveying Fear for Horror Movie

สาริศ หอมโอ้ม[1], ฐิติพร เลิศรัตน์เดชากุล[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] ho.sarit_st@tni.ac.th
[2] thitiporn@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของวิชวลเอฟเฟกต์ที่ใช้ในการสร้างความน่ากลัวให้กับภาพยนตร์แนวสยองขวัญ โดยจัดทำตัวอย่างหนังสั้นประกอบด้วยเอฟเฟกต์ 4 ประเภท คือ ลักษณะของผี ลักษณะของเลือด โทนสี และเสียงประกอบ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่กำลังศึกษาอยู่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จำนวน 93 คน เข้ารับการทดลองโดยรับชมวีดีโอสยองขวัญและเลือกลักษณะเอฟเฟกต์แบบต่างๆที่น่ากลัวที่สุด ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ระดับความทึบของผี 70% และขนาดเลือดกองใหญ่เยิ้ม แบบไม่กระจายตัว สร้างความรู้สึกน่ากลัวให้แก่ผู้ชมมากที่สุด โดยโทนสีมืดแบบในป่าช้าให้ความรู้สึกน่ากลัวแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับโทนสีแบบอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โทนสีเก่าประวัติศาสตร์ โทนสีร้อน โทนสียามพระอาทิตย์ตกดิน และโทนสีเย็น สำหรับเสียงประกอบพบว่า เสียงเอฟเฟกต์ที่มีระดับความดังสูงสุดอย่างฉับพลัน ณ ตำแหน่งที่ตกใจของเนื้อเรื่องแล้วค่อยๆเบาลง ทำให้เกิดความรู้สึกน่ากลัวมากที่สุด ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้เอฟเฟกต์เพื่อสร้างความน่ากลัวให้กับภาพยนตร์แนวสยองขวัญต่อไป

คำสำคัญ: วิชวลเอฟเฟกต์, ภาพยนตร์แนวสยองขวัญ, ความน่ากลัว

Abstract

This research aims to study the characteristics of visual effects in conveying fear for horror movie. A short film with 4 types of visual effects (i.e., ghost and blood characteristics, color tone, and sound effects) is produced as the tested video for the experiment. Totally 93 undergraduates from Faculty of Information Technology, Thai-Nichi Institute of Technology were asked to watch the tested video and select the most fearful characteristic in each type of effects. The results show that the ghost with opacity level of 70% and large seeping blood makes the viewer fear most. For color tone, the graveyard-dark tone gives the distinguished fear comparing to the others used in the experiment (i.e., historical tone, warm tone, sunset tone, and cool tone). For sound effects, the sound that immediately changes to the highest volume right at the frightened shot and then gradually turn down gives the most fearful feeling. These results can be useful to apply the visual effects in conveying fear for horror movie.

Keywords: visual effects, horror movie, fear

1. บทนำ

ภาพยนตร์ถูกใช้เป็นสื่อเพื่อถ่ายทอดเรื่องราว สาระความรู้ ศิลปวัฒนธรรม สะท้อนวิถีชีวิต/แนวคิดของคนในสังคม และสร้างความบันเทิงให้กับผู้ชม ด้วยสื่อมัลติมีเดียของภาพยนตร์ที่มีทั้งภาพ เสียง และการเคลื่อนไหวนี้ ทำให้สามารถสื่อสารและเข้าถึงจิตใจของผู้ชมได้เป็นอย่างดี ในการผลิตภาพยนตร์ออกมาเรื่องหนึ่งนั้น ประกอบด้วยขั้นตอนและปัจจัยหลายอย่าง เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนก่อนการผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนการเตรียมการวางแผนก่อนที่จะผลิตภาพยนตร์ เตรียมสถานที่ บท นักแสดง และอุปกรณ์ต่างๆ ขั้นตอนถัดไปคือขั้นตอนการผลิต โดยขั้นตอนนี้จะทำการถ่ายทำตามแผนที่ได้วางไว้ และเมื่อถ่ายทำเสร็จสิ้น จะเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายคือ ขั้นตอนหลังการผลิต ซึ่งเป็นการตัดต่อ เรียบเรียงภาพและเสียงหลายๆส่วนที่ได้ถ่ายทำไว้ให้เป็นภาพยนตร์เรื่องเดียว และมีการใช้เทคนิคในการตกแต่งภาพ การใส่เอฟเฟกต์ต่างๆโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย เพื่อให้ภาพยนตร์มีความแปลกใหม่ น่าสนใจยิ่งขึ้น [1], [2] เอฟเฟกต์นั้นมีประโยชน์ต่อภาพยนตร์หลายอย่าง เช่น สามารถสร้างสิ่งที่ไม่มีอยู่จริงขึ้นมาได้ สามารถสร้างสิ่งต่างๆให้เคลื่อนไหวได้ตามที่ต้องการ สามารถปรับแสงสีเพื่อเปลี่ยนอารมณ์ของผู้ชมได้ ปัจจุบันการใส่เอฟเฟกต์ให้กับภาพยนตร์มีความนิยมเป็นอย่างมาก สามารถใช้ได้กับภาพยนตร์ทุกแนว เช่น แนวแอคชั่นสามารถสร้างฉากระเบิดหรือไฟไหม้ได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ของจริง แนวคอมเมดี้สามารถสร้างตัวตลกมาสคอตที่สามารถเคลื่อนไหวได้ แนวสยองขวัญสามารถสร้างผีหรือวิญญาณขึ้นมาได้ เป็นต้น ผู้วิจัยได้เลือกภาพยนตร์แนวสยองขวัญซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทยเพื่อศึกษาลักษณะเอฟเฟกต์ในการสื่อความน่ากลัวให้กับผู้ชม โดยเอฟเฟกต์ที่ใช้ในภาพยนตร์สามารถทำได้ทั้งในขั้นตอนการผลิต ขณะการถ่ายทำ (เรียกว่า special effects) และ/หรือในขั้นตอนหลังการผลิต (เรียกว่า visual effects) [3] เช่น การทำวัสดุเหมือนหิมะตกจริงขณะแสดง หรือการทำหิมะด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ใส่เพิ่มหลังการถ่ายทำจริง

โดยงานวิจัยของ ณัฐพล วงษ์ชื่น [4] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้มู้ดแอนด์โทนของผู้ชมภาพยนตร์ไทยในการออกแบบงานสร้างภาพยนตร์แนวสยองขวัญ ซึ่งพบว่ามุมกล้องมีผลต่อการรับรู้มู้ดแอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทนมากที่สุด รองลงมาคือ สีและฉากสถานที่ อุปกรณ์ประกอบฉาก แสง เงาและเวลา ตามลำดับ ส่วนกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้มู้ดแอนด์โทนน้อยที่สุด คือ การแต่งหน้า ทรงผมและเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย เนื่องด้วยผู้วิจัยเน้นการศึกษาเอฟเฟกต์ในขั้นตอนหลังการผลิต จึงได้เลือกโทนสีเป็นหนึ่งในวิชวลเอฟเฟกต์เพื่อใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ซึ่ง Xue, Agarwala, Dorsey และ Rushmeier [5] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ color styles และการประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะสำหรับกระบวนการ color grading เพื่อเพิ่ม color styles ให้กับภาพยนตร์ ซึ่งมักใช้เพื่อการเน้นอารมณ์บางอย่างหรือแสดงลักษณะเฉพาะของผู้กำกับ สีและโทนสีได้ถูกเลือกใช้ในภาพยนตร์อย่างระมัดระวังเพื่อส่งผลกระทบสูงสุดต่อการรับรู้อารมณ์ของผู้ชม โดยส่วนหนึ่งของผลการศึกษาพบว่า fear clips มีค่าเฉลี่ยของการเกิดสีน้ำเงินมากกว่า non-fear clips วิสิฐ อรุณรัตนานนท์ [6] ได้วิเคราะห์แนวทางการนำเสนอภาพยนตร์สยองขวัญ เพื่อศึกษาว่าทำไมผู้ชมที่ชอบดูภาพยนตร์สยองขวัญจึงสามารถเพลินเพลินไปกับการดูได้ทั้งๆที่ความกลัวเป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น และพบว่าเนื่องด้วยภาพยนตร์แนวสยองขวัญสามารถทำให้ผู้ชมเผชิญหน้ากับสิ่งแปลกประหลาดที่สามารถสั่นคลอนและท้าทายกรอบทางความคิดที่มนุษย์คุ้นชินได้ เป็นการตอบสนองความต้องการในการทำลายล้างกรอบและกฎเกณฑ์ของสังคมที่ควบคุมจิตสำนึกได้อย่างหนึ่ง ซึ่งเอฟเฟกต์มีบทบาทในการช่วยสร้างจินตนาการ การมีส่วนร่วมในสถานการณ์ความรู้สึกสมจริงมากยิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ ลักษณะของวิชวลเอฟเฟกต์ที่ได้นำมาศึกษาเพื่อสร้างความน่ากลัวให้กับภาพยนตร์สยองขวัญประกอบด้วย ลักษณะของผี ลักษณะของเลือด โทนสี และเสียงประกอบ ซึ่งเป็นเอฟเฟกต์ในขั้นตอนหลังการผลิตที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ แต่สามารถให้ผลในการสร้างความน่ากลัวได้เป็นอย่างดี

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาลักษณะของวิชวลเอฟเฟกต์แบบต่างๆที่ช่วยทำให้ภาพยนตร์แนวสยองขวัญมีความน่ากลัวมากยิ่งขึ้น โดยจัดทำวีดิโอสยองขวัญความยาว 235 วินาที ประกอบด้วยวิชวลเอฟเฟกต์ 4 ประเภท ซึ่งลักษณะเอฟเฟกต์ในแต่ละประเภท คัดเลือกจากการทดสอบปรับรายละเอียดเบื้องต้นของเอฟเฟกต์จากองค์ความรู้ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและเปรียบเทียบเลือกลักษณะเอฟเฟกต์ที่ส่งผลต่อความน่ากลัวมากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe After Affects ในการสร้างเอฟเฟกต์ประกอบ ซึ่งวิชวลเอฟเฟกต์ทั้ง 4 ประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1. เอฟเฟกต์ลักษณะของผี แบ่งเป็น 4 แบบ ตามค่าระดับความทึบ (opacity level) และลักษณะสีผิวของผี ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยค่าระดับความทึบ 100%, 70% และ 30% และลักษณะสีผิวแบบปกติและสีผิวซีด รูปที่ 1 แสดงภาพเปรียบเทียบลักษณะผีในแต่ละแบบที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 รายละเอียดเอฟเฟกต์ลักษณะของผีตามค่าระดับความทึบและลักษณะสีผิว

ลักษณะของผี	ค่าระดับความทึบ (opacity level) ของผี	ลักษณะสีผิวของผี
ลักษณะผีแบบที่ 1	100%	สีผิวปกติ
ลักษณะผีแบบที่ 2	70%	สีผิวปกติ
ลักษณะผีแบบที่ 3	30%	สีผิวปกติ
ลักษณะผีแบบที่ 4	100%	สีผิวซีด

รูปที่ 1 ลักษณะผีแบบที่ 1 - 4

2. เอฟเฟกต์ลักษณะของเลือด แบ่งเป็น 4 แบบ ตามขนาด จำนวนและการกระจายตัว ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 ซึ่งลักษณะเลือดในแต่ละแบบสามารถสรุปได้ในรูปที่ 2

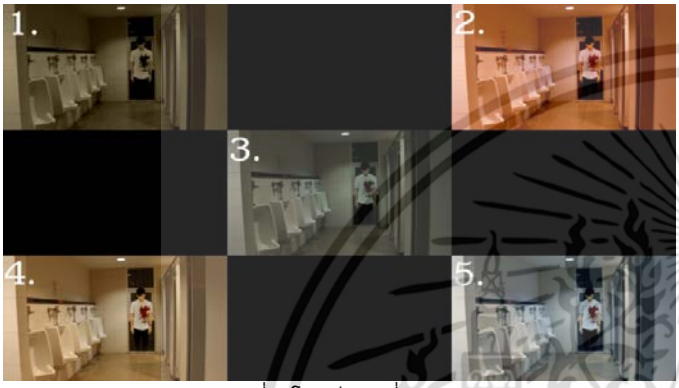
ตารางที่ 2 รายละเอียดเอฟเฟกต์ลักษณะของเลือดตามขนาด จำนวนและการกระจายตัว

ลักษณะของเลือดบนผี	กองใหญ่เยิ้มทั้งตัว	กองใหญ่		จุดเล็กกระจาย
		1 กอง	มากกว่า 1 กอง	
ลักษณะเลือดแบบที่ 1	●			
ลักษณะเลือดแบบที่ 2		●		●
ลักษณะเลือดแบบที่ 3			●	●
ลักษณะเลือดแบบที่ 4				●

รูปที่ 2 ลักษณะเลือดแบบที่ 1 - 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เอฟเฟกต์โทนสี แบ่งเป็น 5 โทน คือ 1.โทนสีเก่าประวัติศาสตร์ 2.โทนสียามพระอาทิตย์ตกดิน 3.โทนสีมืดแบบในป่าช้า 4.โทนสีร้อน (ชุดสีประกอบด้วย สีส้มเหลือง สีส้ม สีส้มแดง สีแดง และสีม่วงแดง ให้ความรู้สึกตื่นตา มีพลัง) 5.โทนสีเย็น (ชุดสีประกอบด้วย สีเขียวเหลือง สีเขียว สีเขียวน้ำเงิน สีน้ำเงิน และสีม่วงน้ำเงิน ให้ความรู้สึกสงบ ลึกลับ เยือกเย็น) [7] ซึ่งสีโทนต่าง ๆนั้นเกิดจาการปรับแสงและสีของภาพให้เป็นไปตามโทนสีที่ต้องการ โดยรูปที่ 3 แสดงภาพโทนสีทั้ง 5 แบบที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3 โทนสีแบบที่ 1 - 5

4. เอฟเฟกต์เสียงประกอบ แบ่งออกเป็น 3 เสียง ซึ่งต่างกันในช่วงเวลาที่ผีปรากฏออกมา โดยแต่ละเสียงจะมีช่วงเวลา ตำแหน่งและระดับความดังที่แตกต่างกัน ดังนี้

เสียงประกอบที่ 1 ลักษณะเสียงดังขึ้นแบบฉับพลันจากนั้นเบาลงแล้วดังขึ้นอีกครั้ง

เสียงประกอบที่ 2 ลักษณะเสียงดังขึ้นแบบฉับพลันแล้วค่อย ๆเบาลง

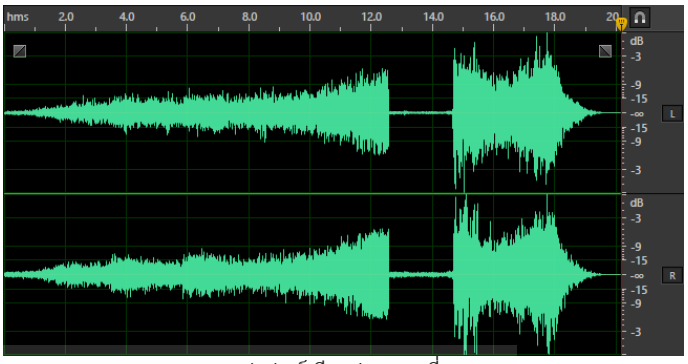
เสียงประกอบที่ 3 ลักษณะเสียงค่อย ๆไล่เสียงจากเบาไปดังแล้วค่อย ๆเบาลง

รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งและระดับความดังของเสียงในระบบ stereo ของ left channel (บน) และ right channel (ล่าง) โดยระดับความดังมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) และเวลามีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่ประมาณช่วงวินาทีที่ 12.5 เป็นต้นไปของกราฟช่วงเอฟเฟกต์เสียงประกอบในรูปที่ 4

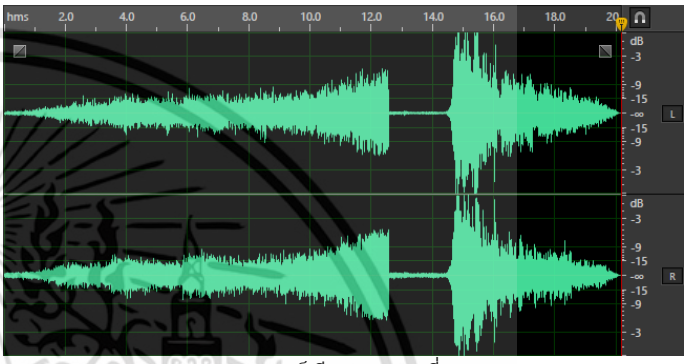
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น โดยให้นักศึกษาผู้เข้าร่วมการทดลอง รับชมวิดีโอสยองขวัญที่มีลักษณะเอฟเฟกต์ต่าง ๆและทำการเปรียบเทียบเพื่อเลือกลักษณะเอฟเฟกต์ในแต่ละประเภทที่น่ากลัวที่สุดโดยการตอบแบบสอบถามออนไลน์

3. ผลการวิจัย

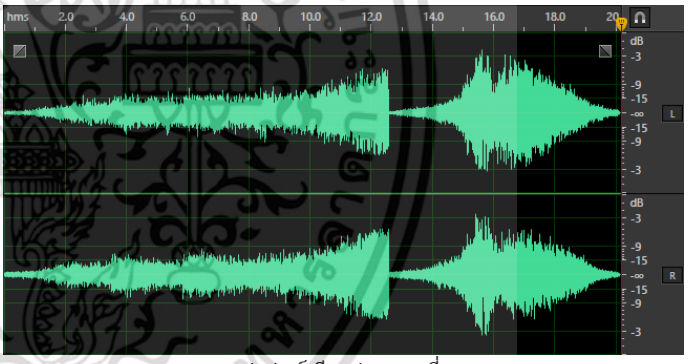
จากผลสำรวจโดยแบบสอบถามออนไลน์ของนักศึกษาจำนวน 93 คน ที่มีอายุระหว่าง 15-25 ปี แบ่งเป็นเพศหญิง 28 คน และเพศชาย 65 คน พบว่าลักษณะเอฟเฟกต์ในแต่ละประเภทมีจำนวนเปอร์เซ็นต์ของผู้ชมที่



เอฟเฟกต์เสียงประกอบที่ 1



เอฟเฟกต์เสียงประกอบที่ 2



เอฟเฟกต์เสียงประกอบที่ 3

รูปที่ 4 ตำแหน่งและระดับความดังของเอฟเฟกต์เสียงประกอบที่ 1 - 3

เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ที่น่ากลัวที่สุดดังแสดงในรูปที่ 5-8 โดยมีรายละเอียดดังนี้

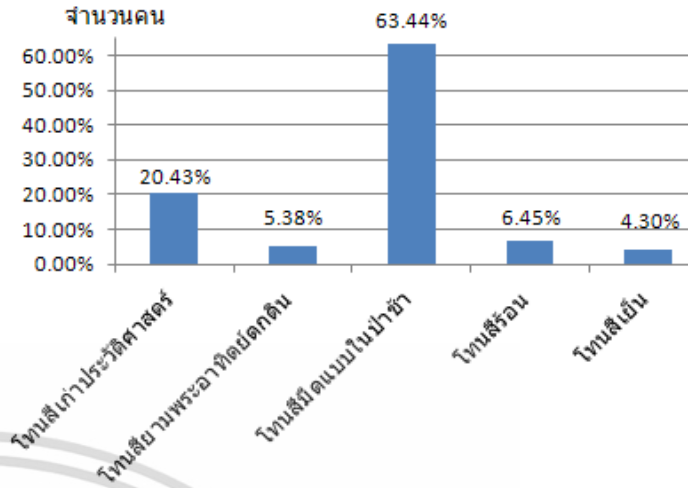
1. ลักษณะผีที่มีความน่ากลัวมากที่สุดคือ แบบที่ 2 มีค่าระดับความทึบ 70% สีผิวปกติ โดยมีจำนวนผู้เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ที่น่ากลัวที่สุดเท่ากับ 34.41% ซึ่งลักษณะผีแบบมีความโปร่งใส คือมีค่าความทึบน้อยกว่า 100% มีจำนวนผู้เลือกรวมกันคิดเป็น 61.29% หรือมากกว่าครึ่ง เมื่อเทียบกับลักษณะผีแบบปกติที่มีค่าความทึบ 100% และลักษณะสีผิวของผีแบบสีผิวซีดสามารถช่วยเพิ่มความน่ากลัวได้มากกว่าสีผิวแบบปกติ แต่จะมีผลน้อยหรือแยกความแตกต่างได้ยากหากค่าระดับความทึบของผีลดลง

2. ลักษณะเลือดที่มีความน่ากลัวมากที่สุดคือ แบบที่ 1 กองใหญ่เยิ้มทั้งตัว มีจำนวนผู้เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ที่น่ากลัวที่สุดเท่ากับ 47.31% โดยลักษณะเลือดที่ยิ่งมีการกระจายตัวมากขึ้น จะยิ่งลดความน่ากลัวลง

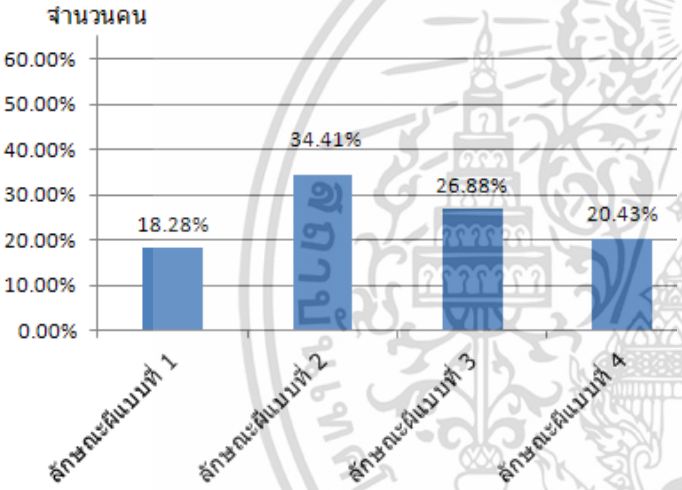
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โทนสีที่มีความน่ากลัวมากที่สุดคือ โทนสีมืดแบบในป่าช้า มีจำนวนผู้เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ที่น่ากลัวที่สุดเท่ากับ 63.44% ซึ่งเป็นจำนวนมากกว่าสามเท่าของเอฟเฟกต์โทนสีในอับดับรองลงมาคือ โทนสีเก่าประวัติศาสตร์ (20.43%) จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า มีผู้เลือกโทนสีที่มีความมืดสูง (โทนสีเก่าประวัติศาสตร์ และโทนสีมืดแบบในป่าช้า) มากกว่าโทนสีที่ดูสว่าง (โทนสียามพระอาทิตย์ตกดิน โทนสีร้อน และโทนสีเย็น)

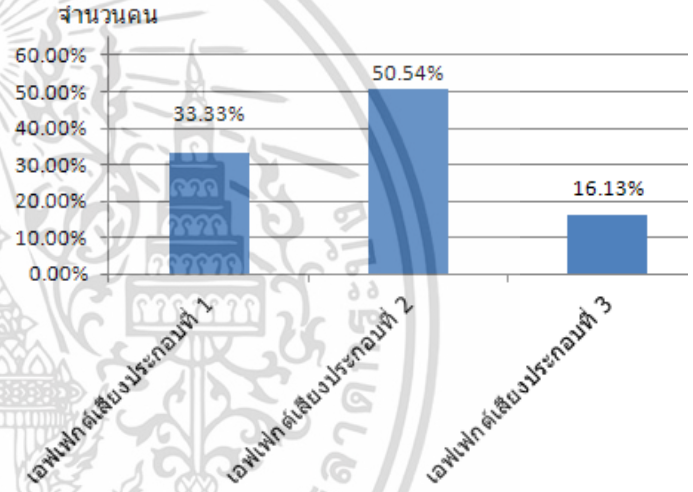
4. เสียงประกอบที่มีความน่ากลัวมากที่สุดคือ เสียงประกอบที่ 2 มีลักษณะเสียงดังขึ้นแบบฉับพลันแล้วค่อยๆเบาลง โดยมีจำนวนผู้เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ที่น่ากลัวที่สุดเท่ากับ 50.54% ซึ่งลักษณะเสียงที่ดังขึ้นอย่างฉับพลัน ณ ช่วงเวลาตกใจ เช่น ในช่วงที่ผีปรากฏตัวของเสียงประกอบที่ 1 และ 2 มีจำนวนผู้เลือกมากกว่าลักษณะเสียงที่มีความดังอย่างค่อยเป็นค่อยไปในเสียงประกอบที่ 3



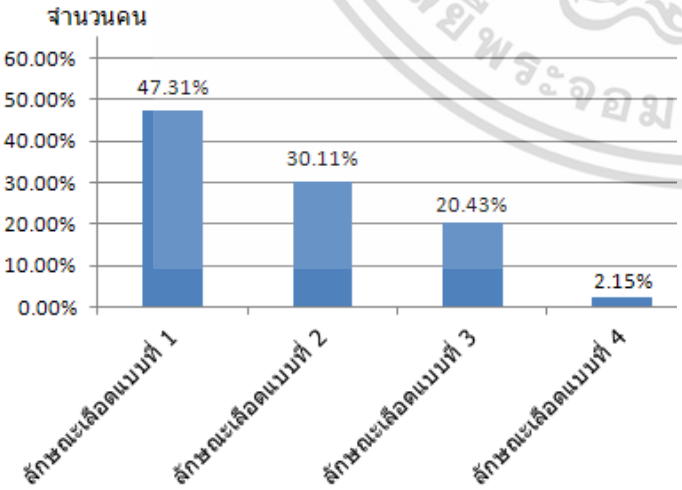
รูปที่ 7 จำนวนผู้ชมที่เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์โทนสีที่น่ากลัวที่สุด



รูปที่ 5 จำนวนผู้ชมที่เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ลักษณะของผีที่น่ากลัวที่สุด



รูปที่ 8 จำนวนผู้ชมที่เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์เสียงประกอบที่น่ากลัวที่สุด



รูปที่ 6 จำนวนผู้ชมที่เลือกให้เป็นเอฟเฟกต์ลักษณะของเลือดที่น่ากลัวที่สุด

4. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาลักษณะของวิชวลเอฟเฟกต์แบบต่างๆที่สร้างความน่ากลัวให้กับภาพยนตร์แนวสยองขวัญ โดยลักษณะผีที่มีความน่ากลัวมากที่สุดคือ แบบมองเห็นโปร่งใส มีค่าระดับความทึบเท่ากับ 70% ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่โปร่งใสมากจนเกินไป ผีมีลักษณะคล้ายวิญญาณแต่ยังคงสามารถมองเห็นรอยเลือดได้ชัดเจน สำหรับลักษณะเลือดที่มีความน่ากลัวมากที่สุดคือ กองเลือดที่มีขนาดใหญ่เยิ้มเพียงจุดเดียว สามารถดึงดูดความสนใจและสร้างความน่ากลัวในปริมาณเลือดที่เห็นได้มากกว่าลักษณะเลือดที่มีขนาดเล็กกว่าและมีการกระจายตัว ส่วนโทนสีพบว่าโทนสีมืดแบบในป่าช้าสร้างความน่ากลัวอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับโทนสีอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งโทนสีมืดสามารถสร้างความวิตกกังวลหรือ negative emotion ได้ง่ายกว่าโทนสีสว่าง และเอฟเฟกต์เสียงประกอบที่มีความดังของเสียงมากที่สุดเพียงครั้งเดียวอย่างฉับพลันในช่วงที่ผีปรากฏตัวออกมาแล้วค่อยๆเบาลง สร้างความน่ากลัวให้กับผู้ชมได้มากกว่า การมีระดับความดังสูงมากกว่าหนึ่งครั้งและการค่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไล่เสียงไปสู่ระดับความดังสูงสุด ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกเอฟเฟกต์ที่เหมาะสมกับภาพยนตร์แนวสยองเพื่อสร้างความน่ากลัวมากยิ่งขึ้นให้กับผู้ชม อย่างไรก็ตามการศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มตัวอย่างจากช่วงอายุที่กว้างขึ้น จะช่วยพัฒนางานวิจัยให้ตอบสนองต่อกลุ่มเป้าหมายผู้รับชมภาพยนตร์จากทุกเพศทุกวัยได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Video Production Handbook, 4th ed., Elsevier Inc., MA, 2008.

[2] สุรพงษ์ พินิจค้า, “การถ่ายภาพยนตร์เพื่องานภาพยนตร์,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก http://elearning.aru.ac.th/3011103/soc43/topic7/linkfile/print5.htm

[3] The VES Handbook of Visual Effects, Elsevier Inc., MA, 2010.

[4] ณัฐพล วงษ์ชื่น, “ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้มู้ดแอนด์โทนของผู้ชมภาพยนตร์ไทยในการออกแบบงานสร้างภาพยนตร์แนวสยองขวัญ,” วิทยานิพนธ์ปริญญานิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552

[5] S. Xue, A. Agarwala, J. Dorsey, and H. Rushmeier, “Learning and applying color styles from feature films,” Computer Graphics Forum, vol. 32, no. 7, 2013.

[6] วิสิฐ อรุณรัตนานนท์, “การวิเคราะห์แนวทางการนำเสนอภาพยนต์แนวสยองขวัญ,” การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552

[7] “การจัดโครงสี,” สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก http://netra.lpru.ac.th/~weta/unit55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessing Green IT Maturity and Recommendation of Improvement for Government Agencies in Thailand

Pornprom Ateetanan[#1], Sasiporn Usanavasin[#2]

School of Information, Computer, and Communication Technology, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University
131 Moo 5, Tiwanont Road, Bangkadi, Muang Pathum Thani 12000, Thailand
[1] d5722300257@studentmail.siit.tu.ac.th
[2] sasiporn.us@siit.tu.ac.th

***Abstract*— Role of Information Technology (IT) in responsible for environmental and sustainability matters has been approaching to IT & Non-IT Executives, policy makers, practitioners and business consultant's interests. Green IT is one of the keys to becoming a green low-carbon society. This study presents a model for assessing the level of Thailand Green IT Maturity. The study applies Korea National Information Society Agencies (NIA) Green IT Maturity Model Integration (GMMI) to assess the readiness of Green IT in Thailand government sector. This study uses this model to evaluate 55 government agencies from ministerial and departmental or equivalent level to assess the overall level of Green IT maturity among government agencies. The current status of Thailand Green IT Development in government agencies and improvement strategies are presented in this study. The overall levels of Green IT maturity among Thailand government agencies are likely to be lower. The needs for Green IT are acknowledged. Limited Green IT efforts are found but not producing substantial outcome. Structure and framework on Green IT are required for systemic management. Green IT efforts are required by adopting a variety of technology to manage eco-friendly IT resources. In order to accelerate Green IT development in Thailand, this study recommends that the government should take a leading role to promote Green IT through National Green IT initiatives including the reform of policy, strategy, regulation and promote education & training as well as provide technical assistance for accelerating Green IT development. Future study should be expand the assessing agency to national level including local government and/or private sector for further development and towards to low carbon society.**

***Keywords*— Climate Change, Sustainability, Green IT, Green IT Maturity Model, Green Management**

I. Introduction

Climate change is a global issue but we still do not have enough knowledge to predict the full extent of its impact. Urgent responses from all sectors in every corner of the world must be carefully strategized in order to mitigate the impact while sustaining economic growth. The IT sector is no exception and can do a lot more to contribute to a greener regional economy. However, in the initial stage, we must be able to understand the extent to which IT can help make the world greener.

Enterprises' information resources are one of the main sources of Greenhouse Gas (GHG) emission. At the same time it is a key solution for low-carbon and green management. IT offers many opportunities for Corporations to operate in a greener manner and provides an opportunity to save costs or increase revenue [1]. Green IT is a multifaceted construct [2] that is intended to address both of Green of IT and Green by (using) IT. Corporations need to actively adapt Green IT as part of strategic effort to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions. In order to effectively attain the goal of green management, corporations must first accurately assess the current level of Green IT Maturity and establish improvement strategies [3]. Government agencies in developed countries and global firms are assessing their current level of Green IT Maturity for more effective implementation of improvement efforts.

In Thailand, the government has a green growth vision, and followed suit with policy measures reflecting the vision such as 'The ICT2020 policy framework'[4]. In strategy No. 7- ICT and Environment- the Green ICT, The main purpose of the strategy is to make ICT an important driving force in green economy and social development. The strategic actions and measures concern on greening of ICT as well as greening by ICT. In this article, Author presents a model for assessing the level of Green IT Maturity among Thailand government agencies. Using this model, Author assesses the level of Green IT readiness in 55 agencies that are representative of their respective government agencies. Referring to the results of assessment, Author proposes strategies for accelerate Green IT Development in Thailand.

II. Literature Review

A. Accenture: Green Maturity Model

Accenture developed green maturity model for evaluating the level of green IT maturity of companies and proposing strategy for improving green performance. Accenture Green maturity model measures the green IT maturity of companies by using 300 indicators in 5 evaluation areas including data centers, office environment, work practice, procurement, and corporate citizenship. [5]

B. U.K. Cabinet Office: Green ICT Scorecard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The British Cabinet Office co-developed Green ICT scorecard with Gartner to assess the level of Green IT Maturity among government agencies. The green ICT scorecard, developed to reduce the environmental impact of ICT, is designed and used with the targets of the Sustainable Operations by government. In 2009, the scorecard was piloted in 8 government agencies and the local government of Scotland.[6]

C. Korea: Green IT Maturity Model Integration

Korea, National Information Society Agency (NIA) have developed Green IT Maturity Model Integration (GMMI) to assess the current status of and support for Green IT in order to build a roadmap and an effective action plan for the promotion of Green IT. The GMMI consists of 5 main categories, namely, Leadership, Work Practice, Office Environment, IT Asset Management and Data Center. An organization's level of Green IT Maturity is assessed based on the maturity stage model, which consists of 6 stages (0 to 5) for each indicator. An indicator-specific weight is applied to calculate the overall score.

D. Australia: Green IT Readiness Index

Australia Connection Research, IT consulting firm, co-developed with the Royal Melbourne Institute of Technology, Green IT readiness index for measuring the level of green IT maturity among Australian companies in 2009. Connection Research explores around 200 Australian companies [7]. The green IT readiness of companies is me measured in 36 indicators in 5 areas, including lifecycle, end user, enterprise, enablement and metrics.

E. Infosys: Green IT Maturity Model

Infosys introduces a green IT maturity (GITM) model [8] for assessment and implementation of Green IT services. This model used to measure and grade an organization's maturity in being green and its efforts towards a greener future. The factors that are typically integrated in the maturity model are 1) Data center and facilities 2) End user computing 3) Asset lifecycle 4) IT service management and 5) People practices.

F. APECTEL: Green ICT Maturity Model

The project "Study Workshop on Best Practices Transfer of Green ICT for Sustainable Growth [9]" has been approved by APEC Secretariat in Year 2010 and conducted by NSTDA Academy, National Science and Technology Development Agency, Thailand in Year 2011. The assessment areas are 1) Knowledge & Awareness 2) Policy & Strategy 3) Management Techniques and 4) Implementation and Development

G. Comparison of 6 Existing Tools for Green IT Assessment

Regarding to existing assessment tools as Table 1 which was initiated from Public and private Agencies as well as Academic Institute. There are diversities on Strength and weakness. This study applies Korea National Information Society Agencies (NIA) Green IT Maturity Model Integration (GMMI) to assess the readiness of Green IT in Thailand government sector. GMMi is the most proper for adapting to Thailand Government Agencies. GMMI is designed for Korea Government Sector and already implemented with Korea Government agencies in Year 2010. This model reflects specific IT conditions in the government sector, consists of concrete 42 indicators in 5 areas and 15 sub categories.

TABLE I COMPARISON OF 6 EXISTING TOOLS FOR GREEN IT ASSESSMENT (ADOPTED FROM [3])

	Green Maturity Model	**Green ICT Scorecard**	**Green IT Maturity Model Integration**	**Green IT Readiness**	**Green IT Maturity Model**	**APECTEL Green ICT Maturity Model**
Initiator	Global Consultancy: **Accenture**	National Government: **U.K Cabinet Office**	National Information Society Agency **Korea**	National IT Consultancy **Australia Connection Research**	Biz Tech Consulting: **Infosys**	NSTDA Academy **Thailand**
Assessment Area	1. Data center 2. Office Environment 3. Work Practices 4. Procurement 5. Corporate Citizenship	1. Sustainable Development and Corporate Social Responsibility 2. Level of Tech Optimization 3. Green ICT Policy	1. Leadership 2. Work practice 3. Office Environment 4. IT Asset Management 5. Data Center	1. End user 2. Enterprise 3. Life Cycle 4. Metrics 5. Enablement	1. Data Center 2. End User Computing Asset Lifecycle 3. IT Service Management 4. People Practices	1. Knowledge and Awareness 2. Policy & Strategy 3. Management Techniques 4. Implementation & Development
Strengths	Comparative analysis information is rich due to the developer's world-wide practice	Well aligned with a corporate-level sustainability management process	Concrete indicators in 5 areas, 15 sub-categories, reflecting specific ICT conditions in public sector.	Yearly feedback on impact measurement for private firms in Australia	Focusing on Technology	Well combination in policy & implementation level
Limitations	Few guidelines are given on how to validate and apply indexes in a rigorous way	Limited to central or local government	No international Adoption/ Inter-national Site References	No details on Index selection or weight assessment	No international Adoption	No follow up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Korea GMMi focuses on Management and Technical Aspect especially for the Scenario of Government sector; it is described in 5 assessment areas as Table II.

TABLE III ASSESSMENT AREA AND CONCEPT

Area	Concept and indexing: To diagnoses
Leadership	Capabilities and the intention to promote Green IT, and is composed of vision, strategy, implementation capability and change management.
Work Practice	The way of performing work including the business process, and is composed of administrative informatization, business innovation, and smart work.
Office Environment	The level of environmental friendliness of the computing environment and equipment in the office, and is composed of the PC/monitor, printer, OA equipment, and office facilities.
IT Asset Management	The level of environmental friendliness of information asset purchases and management, and is composed of purchase operation, reuse, and disposal.
Data Center	Eco-friendliness of the data center or computer room configuration and operation, and is composed of the server assets, support infrastructure, and buildings.

To determine the level of Green IT maturity for each of the 42 indicators, NIA defined 6 stages of maturity (Stage 0 to Stage 5) for each indicator as shown in Table III

TABLE IIIII STAGES OF MATURITY

Level	Description
0: Incomplete	Although a process is in place, it is not used, and efforts to draw actual benefits from it are insufficient.
1: Initial	The process is not at all or poorly documented, and tends to be modified depending on the user or event.
2: Repeatable	Although the process manual or instructions are far from clear or complete, they, nevertheless, are helpful in maintaining existing practices.
3: Defined	A clearly-established process exists, and the process has improved over time.
4: Managed	The process is carried out using statistical, quantitative techniques, and it is possible to predict quantitative values.
5: Optimized	There is a quantitative process improvement goal, and the process has been continuously improved to reflect the business goals.

III. ASSESSING THE LEVEL OF GREEN IT MATURITY AMONG THAILAND GOVERNMENT AGENCIES

A. *Survey Method*

To explore the Green IT maturity model developed in this study for its practical applicability and to measure the level of Green IT maturity among Thailand government agencies and explore strategies for improving their related performance, we evaluated 55 agencies (including ministerial, departmental, State Enterprise and Independent agency) using Korea Green IT Maturity Model Integration through 1) online survey, 2) offline survey (by email) and 3) Tele Interview

B. *The analysis of results*

The overall average score of the 55 agencies, evaluated for Green IT maturity, was rather poor at 1.55 and the best score is 3.30 from 5. The result is shown in Table IV

TABLE IV
RESULTS OF ASSESSING THE LEVEL OF GREEN IT MATURITY AMONG THAILAND GOVERNMENT AGENCIES

Assessment Area	Score	
	Best	**Average**
Overall	3.30	1.55
1) Leadership	2.67	0.54
2) Work Practice	3.94	2.11
3) Office Environment	3.71	1.83
4) IT Asset Management	4.86	1.63
5) Data Center	5.00	2.24

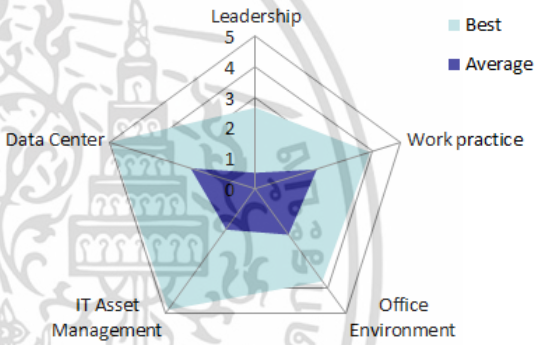


Fig.1 Results of Assessing the level of Green IT Maturity among Thailand government agencies

1) Overall analysis:

- The needs for Green IT are acknowledged and limited Green. IT efforts are found but not producing substantial outcome.
- Structure and framework on Green IT are required for systemic management.
- Green IT efforts are required by adopting a variety of technology to manage eco-friendly IT resources.

2) Area of Leadership:

- Structuring framework for strategic Green IT and consensus from central government are priorities.
- Green IT could contribute to GHG reduction; accordant performance management framework should be established.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Area of Work Practices:

- Major works should be computerized and those results should be shared through links with affiliated organizations.
- Public service should be made available online or on mobile, while staffs are teleworking for efficiency.

4) Area of IT Asset Management:

- From procurement, management to recycling or disposal of IT asset including guidelines or process, electricity efficiency or environment should be taken into consideration in implementation.
- Systemic efforts to reduce power consumption of IT devices at office are required, and solutions or support infrastructure should be introduced in long term.
- Office facility should be toward low electricity governance

5) The last area, Data Center:

- Equipment or solutions for efficient management need to be proliferated by applying advanced energy saving technology in data centers.

C. Recommendations for Improvement by category for Thailand

1) Leadership

The summary of Recommendations for Leadership Sector is as follow.

- Vision, strategy, as well as framework related Green IT should be structured and organized, thus Green Growth strategy can be supported in informatization either in planning or organization.
- Constant awareness on GHG emission reduction and management within the institution should be considered and the related informatization works follow. GHG emissions should be managed specifically and supporting data system is needed for management.
- Plan to manage Green IT performance needs to be structured. In a short term, performance should be managed within the existing informatization framework, whereas, in a longer term, independent category is needed within the institutional performance management assessment framework. Green Growth and Green IT strategy concerned, action plan for training & education needs to be established and implemented.

2) Work Practices

The summary of Recommendations for Work Practice Sector is as follow

- Computerization and business links need to be expanded actively minimizing inefficient work process. Public service should be serviced on mobile; such as tracking or simple administrative service.
- Major work process need to be reviewed, simplified and systemized. Information generated of work process should be integrated not producing duplicated information.
- Field work functions like emailing and e-payment need to be expanded in phases. Telework should be introduced and communication infrastructure among staffs using intra messenger, or collaborative work solutions need to be introduced.

3) Office Environment

The summary of Recommendations for Office Environment is as follow

- Power saving management rule should be compulsory and automatic controlled solutions should be considered. Desktop virtualization should be assessed and its use expanded.
- Printer/ Office Automation (OA) equipment should be managed at corporate level sharing with different divisions in an integrated management. Solutions for printing or toner reduction should be introduced and in such a way printing consumption needs to be managed.
- High efficiency/ intelligent lighting system should be introduced, and heating controlled centrally and facility improved. Power consumption should be measured and managed by floor or section further.

4) IT Asset Management

The summary of Recommendations for IT Asset Management is as follows

- Institutional device is required to take into account of power efficiency or environment concerns pursuant to guidelines set forth in IT asset procurement.
- Life cycle management needs to be proliferated and efficiency of IT asset management measured. Links with IT asset list and applied system should be improved by introducing data resource system.
- Guidelines on recycling/re-use or eco-friendly disposal are required, implemented and those performances should be managed.

5) Data Center

The summary of Recommendations for Data Center is as follows

- Guidelines or management tools need to be improved for optimizing by utilizing or relocating data resources. Server virtualization or its application needs to be expanded gradually.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- While introducing virtualization technology in storage, efficiency of integrated backup system should be maximized. Network should be integrated on a wire/wireless basis actively.
- In establishing data centers, advanced energy saving technology should be introduced, and detailed management framework is required including for power consumption. Data resources should be integrated and managed by data center.

IV. Evaluation & Conclusion

The objective of this study was to assess the current status of the awareness and readiness of Green IT in government sector of Thailand. Considering the fact findings that the 55 government agencies evaluated in this study, the overall level of Green IT maturity among Thailand government agencies are likely to be lower. The needs for Green IT are acknowledged. Limited Green IT efforts are found but not producing substantial outcome. Structure and framework on Green IT are required for systemic management. Green IT efforts are required by adopting a variety of technology to manage eco-friendly ICT resources. Thus, it is time for Thailand Government Sector to make great further efforts to improve their Green IT performance. Leading countries around the world are making active efforts to make their processes greener society. Assessing Green IT Maturity is the First step towards creating a Green Society.

Proposing improvement strategies for Thailand from this study will be one of input for "Green ICT Initiatives" of the Draft of 3rd Thailand National ICT Master Plan (2014-2018) [10] and make Thailand Green ICT growth and sustainable.

V. Recommendations

The proposing improvement strategies for Thailand are described in 2 key approaches as below

1) Strategic Recommendations

For accelerating Green IT development in Thailand Government Sector, It is need to integration among Inter-Intra cooperation included Policy, strategies, implementations and monitoring in mainly 4 areas which are

1) Establishing the National steering on Green growth strategy and Green IT Policy.
2) Forming Policy and Regulation include Green IT Action plan and Green IT Procurement Guidelines.
3) Setting up Education and Promotion campaigns include Green IT Training and Government Green IT Awards.
4) Initiating Technical Assistance by setting up Green IT Technical Taskforce, Green IT forum and Call Center/Help Desk

2) Action Recommendations

In term of Enterprise level, these following actions are recommended to Thai Government to taking into consideration and move forward.

1) Leadership: Establishment of Green IT vision & strategy, Training, Campaign and Promotion.
2) Work Practice: Providing business workflow system development for business workflow with affiliated agencies and private sector
3) Office Environment: Adaptation of a PC/Monitor power-saving management system.
4) IT Asset Environment: Establishment of IT Asset lifecycle management system based on power efficiency and preparing the process in order to monitor power consumption by IT Asset and Replace inefficient equipment.
5) Data Center: Advancement of the management solution to measure power efficiency of data center periodically, including power consumption by item of equipment and improve operation efficiency by item of equipment.

VI. The Way Forward and Future Study

Regarding to moving forward on Thailand Green IT Development, Author would like to suggest further studies focused on government agency with the following:

1) To increase the sample size of respondents, it would be great to expand this survey to national level either in government or private sector by supporting from and cooperating with Thailand Ministry of ICT.
2) To develop online/mobile self-assessment tool for provision of a free consulting service via website that assess Green IT Maturity conveniently.
3) To develop Thailand indicators and weight for Green IT Maturity Model

Acknowledgment

This research was partially supported by Global Information and Telecommunication Technology Program (ITTP), Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) and National Information Society Agency (NIA) Republic of Korea, and the Center of Excellence in Intelligent Informatics, Speech and Language Technology and Service Innovation (CILS) and by NRU grant at Sirindhorn International Institute of Technology (SIIT), Thammasat University, Thailand.

References

[1] M. B. Geoffrey N Dick, "Green IT in Small Businesses: An Exploratory Study," in *the Southern Association for Information Systems Conference*, Atlanta, GA, USA., 2011.

[2] V. A. C. Alemayehu Molla, Siddhi Pittayachawan, "IT and Eco-Sustainability: Developing and Validating a Green IT Readiness Model," presented at the Thirtieth International Conference on Information Systems, Phoenix, 2009.

[3] J. E. Sang-Hyun Park, Joosung J. Lee, "Assessing and Managing an Organization's Green IT Maturity," *MIS Quarterly Executive*, p. 14, 2012.

[4] T. Ministry of Information and Communication Technology. (2011). *Thailand National ICT Policy Framework 2011-2020*. Available: https://cloudfile.mict.go.th/public.php?service=files&t=a87a2f145474664982fdc6d1e5787eb8&download

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[5] R. D. Hersch, & Bonecutter, C.R. , "The business case for a greener IT Agenda: Accenture Outlook 2008," *The journal of high-performance business*, 2008.
[6] C. o. o. U. K., "Greening government ICT: Efficient, sustainable, responsible," 2008.
[7] M. Alemayehu, "The Extent of Green IT Adoption and its Driving and Inhibiting factors: An Exploratory Study.," *Journal of Information Science and Technology*, p. 21, 2009.
[8] V. H. B. Mitesh Desai, "Green IT Maturity Model: How does your Organization Stack up?," Infosys Technologies Limited2011.
[9] NSTDA. (2011). *APECTEL: Study Workshop on Best Practices Transfer of Green ICT for Sustainable Growth*.
[10] T. Ministry of Information and Communication Technology. (2014). *(Draft) the third Thailand National ICT Master Plan (2014-2018)*. Available: https://cloudfile.mict.go.th/public.php?service=files&t=40881ff3e1902055177a3dbf49c5192e&download

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเกณฑ์การประเมินสมรรถนะผู้ส่งมอบชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย: กรณีศึกษา

Designing Supplier Performance Evaluation Criteria for Automotive Parts Using Factor Analysis Approaches: A Case Study

สุนีย์พร อุ่นสมัย[†1], พัชราภรณ์ ญาณภิรัต[‡2]

[†]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] bankem09@gmail.com

[‡]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] fengppy@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบเกณฑ์การประเมินสมรรถนะของผู้ส่งมอบชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ของกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง วิธีที่ใช้ในการออกแบบหลักเกณฑ์คือ การสำรวจโดยแบบสอบถามและการสัมภาษณ์จากกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินต้องสามารถตอบสนองต่อกลยุทธ์และเป้าหมายขององค์กรภายใต้หลักการของการประเมินองค์กรแบบสมดุล (Balanced Scorecard; BSC) กิจกรรมทางด้านความปลอดภัย และการบริหารการจัดการคุณภาพโดยรวมตามเกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่งชาติ ผลการศึกษาพบว่า หลักเกณฑ์สามารถครอบคลุมความเสี่ยงด้านต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าและต่อการบริหารจัดการที่สอดคล้องต่อกลยุทธ์และเป้าหมายขององค์กรโดยรวม

คำสำคัญ: การประเมินสมรรถนะผู้ส่งมอบ, การวิเคราะห์ปัจจัย, ชิ้นส่วนประกอบรถยนต์

Abstract

The objective of this paper is to design performance criteria of automotive parts suppliers of the selected case study; an automotive manufacturer in Thailand. The proposed performance criteria were based on the perspective level of the company case such as Balanced Scorecard, Safety Activities, and Total Quality Management complying with all the required criteria of Thailand Quality Award. The empirical study was undertaken by the survey via questionnaire and interviewing techniques from the sampling stakeholders. The factor analysis was applied to analyze correlation and to combine among the significant criteria. The result showed that the proposed criteria were fulfilled the requirements at the perspective level and enhancing customer satisfaction.

Keywords: automotive, factor analysis, performance measurement, supplier evaluation

1. คำนำ

การคัดเลือกผู้ส่งมอบที่ใช้เพียงหลักเกณฑ์ทางด้านราคาในการคัดเลือก โดยผู้ส่งมอบที่เสนอราคาต่ำสุดจะถูกคัดเลือกให้เป็นตัวแทนในการผลิตและจัดส่งผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงาน ซึ่งจากการสำรวจของ [1] พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มความพึงพอใจแก่ลูกค้าหรือสมรรถนะการดำเนินงานขององค์กร แต่องค์กรที่ดำเนินการประเมินและคัดเลือกผู้ส่งมอบโดยพิจารณาหลักเกณฑ์ด้านอื่น เช่น คุณภาพหรือคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันแก่องค์กร [2] ดังนั้นกระบวนการประเมินและคัดเลือกผู้ส่งมอบจำเป็นต้องพิจารณาในมุมมองของระดับภาพรวมด้านกลยุทธ์และวัตถุประสงค์ขององค์กรและระดับตัวบ่งชี้ พิจารณาทั้งหลักเกณฑ์ด้านตัวเงินและไม่ใช่ตัวเงิน [3-4] ตัวอย่างเช่น การจัดการสารสนเทศ [5] การประเมินองค์กรแบบสมดุลมาใช้ (Balanced Scorecard; BSC) การประเมินสมรรถนะแบบเชิงดุลยภาพ 5 มิติ (5 Dimensional Balanced Scorecard; 5DBSC) [6] มุมมองสมรรถนะด้านความปลอดภัย (Safety Activity) และการจัดการคุณภาพโดยรวม (Total Quality Management; TQM) [7] หรือการนำเกณฑ์รางวัลคุณภาพมาตราฐานมาประยุกต์ใช้ของประเทศไทย [8] เป็นต้น กระบวนการประเมินและการคัดเลือกผู้ส่งมอบโดยทั่วไปประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก [9] คือ การกำหนดผู้ส่งมอบ การกำหนดหลักเกณฑ์หรือคุณลักษณะและตัวบ่งชี้ การประเมิน และการคัดเลือกตามลำดับ การกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการประเมินที่สำคัญซึ่งส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความสามารถในการแข่งขันขององค์กร จากการทบทวนผลงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าการประเมินและการคัดเลือกผู้ส่งมอบเป็นลักษณะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making) วิธีการที่ใช้ในการกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ วิธีเชิงปริมาณ (Quantitative method) และเชิงคุณภาพ (Qualitative method) โดยวิธีการเชิงปริมาณที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหรือหลักเกณฑ์ประเมิน ได้แก่ การวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแบบจำลองสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักเกณฑ์ (Structural equation modeling) [1] การวิเคราะห์เชิงถดถอย (Regression analysis) [4] การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) และการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) [10] เป็นต้น สำหรับวิธีเชิงคุณภาพโดยทั่วไปมุ่งเน้นการกำหนดหลักเกณฑ์จากประสบการณ์ของผู้ตัดสินใจ ได้แก่ Nominal Group Technique (NGT) [11], Delphi method [12,13] และวิธี Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje (VIKOR) ซึ่งเป็นวิธีการประยุกต์แนวคิดทฤษฎีอรรถประโยชน์ [14] เป็นต้น วิธีการใดเป็นวิธีที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ขึ้นอยู่กับสภาพของปัญหา ลักษณะของข้อมูล และทรัพยากรที่มีอยู่

การประเมินและการคัดเลือกผู้ส่งมอบเป็นกระบวนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในการประยุกต์หลักเกณฑ์ต่างๆ ในการแก้ปัญหาเพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบที่เหมาะสม ดังนั้นหลักเณฑ์การประเมินจำเป็นต้องสอดคล้องในบริบทของแต่ละองค์กรตลอดจนปัจจัยต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกที่เกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าและสมรรถนะการดำเนินงานขององค์กร [14] การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบหลักเกณฑ์สำหรับการประเมินสมรรถนะของผู้ส่งมอบโดยพิจารณาหลักเกณฑ์ประเภทตัวเงินและไม่ใช่ตัวเงิน และหลักเกณฑ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ภายใต้กรอบการดำเนินงานระดับกลยุทธ์และปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของโรงงานประกอบรถยนต์แห่งหนึ่งที่ถูกเลือกเป็นกรณีศึกษา

2. วิธีการ

2.1 การประเมินความเหมาะสมของหลักเกณฑ์การประเมินในปัจจุบันสำหรับผู้ส่งมอบผลิตภัณฑ์ของกรณีศึกษา

การคัดเลือกผู้ส่งมอบที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการหรือกลยุทธ์ขององค์กรนั้น กลยุทธ์ด้านต่างๆ ตลอดจนวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ขององค์กรจำเป็นต้องมีกระบวนการถ่ายทอดจากระดับนโยบายลงสู่ระดับปฏิบัติการ และมีการใช้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงานหลักที่สำคัญ การปรับปรุงกระบวนการประเมินผู้ส่งมอบขั้นตอนที่สำคัญของการปรับปรุงคือ การทบทวนความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินว่ามีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงหรือไม่ [15] จากการทบทวนหลักเกณฑ์และวิธีการประเมินของกระบวนการคัดเลือกผู้ส่งมอบของกรณีศึกษา พบว่า หลักเกณฑ์การประเมินหลัก ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านคุณภาพ (Quality) ด้านความสามารถในการจัดส่ง (Delivery) ด้านความสามารถทางด้านราคาและต้นทุน(Cost) ด้านความสามารถทางด้านการออกแบบและวิศวกรรม (Engineering) และความสามารถทางด้านการจัดการ (Management) ซึ่งการประเมินเป็นแบบการคิดให้คะแนนจำแนกตามหลักเกณฑ์ข้างต้นโดยกลุ่มผู้ประเมินและปรับระดับคะแนนเป็นร้อยละเพื่อจัดลำดับผู้ส่งมอบ ตามลำดับ และจากนโยบายการประยุกต์การประเมินสมรรถนะขององค์กรโดยวิธีการแบบสมดุล (Balanced Scorecard; BSC) พบว่า กระบวนการประเมินในปัจจุบันของกรณีศึกษาไม่สามารถวัดผลการดำเนินงานทางด้านการบริหารการจัดการทางด้านการเงินของผู้ส่งมอบซึ่งเป็นมิติที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบการวัดสมรรถนะขององค์กร เนื่องจากเมื่อผู้ส่งมอบประสบปัญหาทางด้านการจัดการการเงินภายในองค์กรจะส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกรณีศึกษา รวมถึงมิติด้านลูกค้า กระบวนการทำงาน และการพัฒนาความรู้และองค์กร เป็นต้น

2.2 การออกแบบเกณฑ์การประเมิน

2.2.1 การกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินหลัก โดยอาศัยวิธีการ 5DBSC ซึ่งเป็นแนวทางในการพิจารณาหลักเกณฑ์การประเมินมีมุมมองพื้นฐานจาก BSC ทั้ง 4 มุมมองเป็นพื้นฐานคือ การจัดการทางด้านการเงิน ด้านลูกค้า กระบวนการทำงาน และการพัฒนาความรู้และองค์กร นอกจากนี้มุมมองมิติที่ 5 ที่เป็นตัวชี้วัดทางด้านผลการดำเนินงานของผู้ผลิตฯ คือ การบริหารคุณภาพโดยรวม (TQA) ซึ่งมีหัวข้อที่แตกต่างจาก BSC คือ การนำองค์กรและความสามารถของผู้นำ การวางแผนเชิงกลยุทธ์ และการมุ่งเน้นทางด้านบุคคลากร โดยพิจารณารวมกันเป็น มุมมองด้านนโยบายการเป็นผู้นำในการบริหาร และการพิจารณาทางด้านมุมมองความปลอดภัยเป็นส่วนเพิ่มเติมที่แยกออกมาจาก TQA เพื่อให้มีความสอดคล้องกับนโยบายขององค์กรซึ่งสามารถสรุปเป็นหลักเกณฑ์หลักสำหรับการประเมินดังแสดงในตารางที่ 1 – 6

2.2.2 การกำหนดหลักเกณฑ์รองและตัวบ่งชี้หรือตัววัด (Indicators/Measures) สำหรับแต่ละหลักเกณฑ์หลัก ดำเนินการคัดกรองตามความเหมาะสมกับบริบทของกรณีศึกษา โดยการรวบรวมจากหลักเกณฑ์การประเมินในปัจจุบัน และหลักเกณฑ์การประเมินต่างๆ ที่รวบรวมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์หลักซึ่งสามารถสรุปได้ดังแสดงใน ตารางที่ 1 – 6 ตามลำดับ [5, 7, 16-22] เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับกลุ่มผู้ตัดสินใจในการคัดกรองเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสมต่อไป

2.3 การสำรวจและเก็บข้อมูล

วิธีการในการรวบรวมความคิดเห็นที่มีต่อหลักเกณฑ์การประเมินสมรรถนะผลการดำเนินงานของผู้ส่งมอบ ดำเนินการโดยการสำรวจด้วยแบบสอบถามไปยังกลุ่มบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะผู้ส่งมอบทั้งหมดภายในองค์กร จำนวน 80 คน มีจำนวนผู้ให้ความร่วมมือในการตอบกลับทั้งหมด 58 คน คิดเป็นร้อยละ 73 ซึ่งมีหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผู้ผลิตฯคือ จัดซื้อ คุณภาพ และการออกแบบ การจัดส่ง และสนับสนุนการผลิต โดยข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะอยู่ในรูปของค่าความถี่ของการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการใช้หลักเกณฑ์ที่นำเสนอดังกล่าวมาแล้วข้างต้น และค่าความถี่ต่างๆ สำหรับแต่ละตัวบ่งชี้หรือตัววัดสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์รองที่สอดคล้องกับหลักเกณฑ์หลัก เนื่องจากความแตกต่างของอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบและประสบการณ์การทำงานของกลุ่มผู้ประเมินซึ่งมีความหลากหลาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการปรับค่าของความถี่ที่ได้จากแบบสอบถามด้วยการถ่วงน้ำหนักของความสำคัญของกลุ่มผู้ตัดสินใจ โดยพิจารณาความสำคัญตามลำดับขั้นตำแหน่งของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในองค์กรเป็นสำคัญ ด้วยวิธีการคำนวณโดยวิธีของ Noguchi's strong ordering method [22] เพื่อนำไปวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้หรือตัววัดที่ได้จากการสำรวจข้างต้นโดยการประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) เพื่อจัดกลุ่มและลดจำนวนตัวบ่งชี้โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.4 การลดจำนวนตัวบ่งชี้สำหรับหลักเกณฑ์การประเมิน

การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) เป็นวิธีการทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายๆ ตัวแปร จากค่าความแปรปรวน ซึ่งนิยมประยุกต์เพื่อลดจำนวนตัวแปรของปัจจัยที่พิจารณาโดยปัจจัยที่ได้จะเป็นผลมาจากการจัดกลุ่มของตัวแปรที่มีสหสัมพันธ์เข้าด้วยกัน [23-24] ดังนั้นการประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้หลายๆ ตัวบ่งชี้และลดจำนวนตัวบ่งชี้สำหรับแต่ละปัจจัยหรือหลักเกณฑ์รอง มีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 การสกัดปัจจัย (Extracting the factors) คือ การจัดกลุ่มของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้เพื่อนำมาใช้แทนในการอธิบายตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ทั้งหมด หรือกล่าวคือเป็นการวิเคราะห์หาจำนวนตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์รองโดยการนำผลของฐานข้อมูลจากการสำรวจผลความคิดเห็นที่ได้ไปประมวลผลด้วยโปรแกรม MINITAB 16 เพื่อคำนวณหาค่า Factor loading (f) เพื่อแสดงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ในค่าร้อยละของค่าความแปรปรวนของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ โดยมีการปรับเป็นค่ามาตรฐาน (Standardization) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ $\pm$ 1.0 จากนั้นจึงนำค่าที่ไปคำนวณหาค่า Eigen value (λ) ซึ่งเป็นค่าความผันแปรของกลุ่มตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่เกิดจากค่าน้ำหนักของทุกๆ ตัวแปรรวมกัน และในการเลือกพิจารณาให้เลือกจากจำนวนกลุ่มตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ให้ค่า $\lambda \geq 1$ และมีความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนสะสมของกลุ่มได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 [25-26]

2.4.2 การหมุนแกนปัจจัย (Rotating the factors) เนื่องจากบางกรณีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้หลายตัวอาจมีความสัมพันธ์กันในหลายกลุ่ม ดังนั้นเพื่อทำให้ค่า f มีค่ามากขึ้นหรือลดลงจนสามารถทราบได้ว่าตัวแปรหรือตัวบ่งชี้นั้นควรถูกจัดกลุ่มอยู่ในกลุ่มใด โดยวิธีที่นิยมใช้ในการหมุนตัวแปร (Factor rotation) คือวิธีการหมุนแกนแบบ Varimax จากนั้นคำนวณหาค่า λ และพิจารณาภายใต้เงื่อนไขเหมือนข้อ 2.4.1

2.4.3 การคัดออกตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ พิจารณาค่าร้อยละของค่าความแปรปรวนของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ (f) โดยให้เลือกตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักตั้งแต่ ±0.6 ขึ้นไป ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ปัจจัยระดับปานกลาง ส่วนตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ใดที่มีค่าน้ำหนักน้อยกว่า 0.6 ให้พิจารณาเป็นตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออก

2.4.4 การกำหนดชื่อกลุ่มตัวแปร (Naming the factors) จะพิจารณาจากค่า f สำหรับแต่ละตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ว่าควรถูกจัดกลุ่มอยู่ในกลุ่มตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ใด ถ้าค่า f ของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ในปัจจัยกลุ่มใดมีค่ามาก (เข้าใกล้ค่า 1 หรือ –1) ขณะที่มีค่าน้อยหรือเข้าใกล้ 0 สำหรับปัจจัยกลุ่มอื่น ตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ดังกล่าวจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มปัจจัยที่ตัวแปรนั้นมีค่า f สูง สำหรับการตั้งชื่อกลุ่มปัจจัยหรือหลักเกณฑ์รองจะกำหนดให้สัมพันธ์กันกับตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่อยู่ในกลุ่มของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้นั้นๆ

2.4.5 จากขั้นตอนวิเคราะห์ข้อ 2.4.1 – 2.4.4 ดำเนินการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้เบื้องต้นสำหรับหลักเกณฑ์รองประเภทต่างๆ ดังเสนอในตารางที่ 1 - 6

2.5 การสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออก

จากตัวบ่งชี้ที่ถูกพิจารณาคัดออกเพื่อยืนยันและการยอมรับในการนำผลไปใช้ร่วมกันของกลุ่มผู้ตัดสินใจ ก่อนการพิจารณาเพื่อการคัดออกสำหรับตัวบ่งชี้ใดๆ ให้ทำการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้บริหารอีกครั้งเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่สมควรหรือไม่ควรคัดออก และถือว่าเป็นการอนุมัติจากระดับผู้บริหารก่อนการนำไปใช้จริง

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์รองจากด้านการเงิน

หลักเกณฑ์รอง	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
อัตราส่วนแสดง	$X_{1,1}$	อัตราส่วนผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม
สมรรถนะในการ	$X_{1,2}$	อัตราผลตอบแทนจากสินทรัพย์ถาวร
ทำงาน	$X_{1,3}$	อัตราการหมุนเวียนของสินทรัพย์รวม
⋮	⋮	⋮
เสถียรภาพและ	$X_{1,6}$	อัตราส่วนหนี้สิน
นโยบายทางการเงิน	$X_{1,7}$	อัตราส่วนหนี้สินระยะยาว
⋮	⋮	⋮
อัตราส่วนสภาพ	$X_{1,10}$	อัตราส่วนเงินทุนหมุนเวียน
คล่อง	$X_{1,11}$	อัตราการหมุนเวียนของลูกหนี้
⋮	⋮	⋮
อัตราส่วนในการทำ	$X_{1,14}$	อัตราผลตอบแทนจากการถือหุ้น
กำไร	$X_{1,15}$	อัตราส่วนผลตอบแทนต่อยอดขาย
⋮	⋮	⋮
อัตราการเติบโต	$X_{1,26}$	ยอดการขายต่อสินทรัพย์รวม

3. ผลลัพธ์

จากหลักเกณฑ์รองซึ่งสอดคล้องกับหลักเกณฑ์หลัก 6 ด้าน และตัวบ่งชี้หรือตัววัดจำนวนทั้งหมด 135 ตัวแปร ดังนั้นผลลัพธ์จำเป็นต้องนำเสนอเพียงบางกลุ่มของหลักเกณฑ์เพื่อเป็นตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งจะนำเสนอตัวอย่างหลักเกณฑ์หลักสำหรับการประเมินสมรรถนะผลการดำเนินงานด้านการเงิน มีรายละเอียดผลลัพธ์สำหรับการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอน ดังนี้

3.1 การสกัดปัจจัย

การสกัดปัจจัยหรือการคัดกรองตัวบ่งชี้เบื้องต้น จากผลการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขตามขั้นตอนข้อ 2.4.1 กล่าวคือ กลุ่มของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ต้องมีค่าไอแกน (λ) $\geq$ 1 และมีค่าในการอธิบายความแปรปรวนสะสมของกลุ่ม $\geq$ ร้อยละ 70 จากตารางที่ 7 พบว่า มีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ถูกจัดกลุ่มได้จำนวน 5 กลุ่ม จากทั้งหมด 26 กลุ่ม (โดยจำนวนกลุ่มของตัวแปรหรือกลุ่มของตัวบ่งชี้สูงสุดเท่ากับจำนวนตัวแปรทางด้านการเงินทั้งหมด 26 ตัวแปร) ที่สามารถอธิบายความแปรปรวนสะสมของกลุ่มได้ร้อยละ 70 และให้ค่า $\lambda \geq 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การหมุนแกน

จากจำนวนกลุ่มตัวแปรหรือตัวบ่งชี้เบื้องต้นที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1 นำไปหมุนแกนด้วยวิธี Varimax มีผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 8 หลังการหมุนแกนให้ค่า $\lambda \geq 1$ และมีความสามารถในการอธิบายค่าความแปรปรวนสะสมของกลุ่มได้มากกว่าร้อยละ 70 (ซึ่งถือว่าตรงตามเงื่อนไขเป็นไปตามที่กำหนด)

ตารางที่ 2 หลักเกณฑ์รองจากด้านลูกค้า

หลักเกณฑ์รอง	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
ความสามารถในการให้บริการ	$X_{2,1}$	ความตรงต่อเวลาในการส่งใบนำเสนอราคา
	$X_{2,2}$	ความตรงต่อเวลาในการต่อรองราคา
	$X_{2,3}$	การให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล
⋮	⋮	⋮
ราคาสินค้าและการบริการ	$X_{2,20}$	ความสามารถในการลดราคา
	$X_{2,21}$	ความสามารถทางการแข่งขันด้านต้นทุน

ตารางที่ 3 หลักเกณฑ์รองจากด้านกระบวนการทำงาน

หลักเกณฑ์รอง	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
ความสามารถในการควบคุมดูแลการผลิต	$X_{3,1}$	อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง
	$X_{3,2}$	ใช้กำลังการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด
	$X_{3,3}$	การจัดการกระบวนการผลิต
⋮	⋮	⋮
กระบวนการทางด้านการพัฒนาและการออกแบบ	$X_{3,43}$	การทดลองเพื่อการผลิต
	$X_{3,44}$	เครื่องมือที่ใช้เพื่อการออกแบบ
	$X_{3,45}$	ความสามารถในการปรับเปลี่ยนรูปแบบ
	$X_{3,46}$	การบริหารการจัดการทางด้านการทดสอบและตรวจสอบ

ตารางที่ 4 หลักเกณฑ์รองจากด้านความปลอดภัย

หลักเกณฑ์รอง	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
สมรรถนะในการควบคุมดูแลด้านความปลอดภัย	$X_{4,1}$	เวลาการสูญเสียที่เกิดจากอุบัติเหตุภายในโรงงาน
	$X_{4,2}$	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน
	⋮	⋮
	$X_{4,12}$	การเสริมสร้างกิจกรรมสนับสนุนด้านความปลอดภัย

3.3 การจัดกลุ่มตัวแปรหรือตัวบ่งชี้

การพิจารณาเลือกค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการจัดกลุ่มพบว่า ตัวบ่งชี้ที่มีค่า f ที่มีค่าตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ของการหมุนแกนสามารถแบ่งกลุ่มตัวแปรแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ส่วนตัวบ่งชี้ที่มีค่า f น้อยกว่า 0.6 จะถูกคัดออกจากกลุ่มเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับกลุ่มตัวบ่งชี้ทั้ง 5 กลุ่มในระดับต่ำ ทำให้สามารถตัดออกจากกลุ่มตัวบ่งชี้ได้ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ทั้งหมด 4 ตัวบ่งชี้ คือ $X_{1,17}$, $X_{1,19}$, $X_{1,20}$ และ $X_{1,25}$

3.4 การกำหนดชื่อกลุ่มตัวบ่งชี้

หลังจากจัดกลุ่มตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ออกเป็น 5 กลุ่ม ในการตั้งชื่อกลุ่มของตัวแปรนั้นให้พิจารณาตามลักษณะตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน กลุ่ม 1 คือ อัตราส่วนทางการเงินที่แสดงถึงเสถียรภาพ และสภาพคล่องระยะยาว ประกอบด้วย $X_{1,2}$ $X_{1,4}$ $X_{1,7}$ $X_{1,9}$ $X_{1,11}$ $X_{1,13}$ และ $X_{1,18}$ กลุ่ม 2 คือ อัตราส่วนนโยบายการลงทุน และความสามารถในการบริหารเพื่อก่อให้เกิดรายได้ ประกอบด้วย $X_{1,8}$, $X_{1,12}$, $X_{1,15}$, $X_{1,24}$ และ $X_{1,26}$ กลุ่ม 3 คือ อัตราส่วนทางการเงินที่แสดงถึงสภาพคล่องระยะสั้นและผลตอบแทนตลอดจนอัตราการขยายตัวของทรัพย์สิน ประกอบด้วย $X_{1,1}$, $X_{1,6}$, $X_{1,10}$ $X_{1,14}$, และ $X_{1,22}$ กลุ่ม 4 คือ อัตราการหมุนเวียนทรัพย์สินที่ก่อให้เกิดกำไรประกอบด้วย $X_{1,3}$, $X_{1,5}$ และ $X_{1,21}$ และสุดท้ายกลุ่ม 5 คือ อัตราการเติบโตของยอดขายและรายได้สุทธิ ประกอบด้วย $X_{1,16}$ และ $X_{1,23}$

ตารางที่ 5 หลักเกณฑ์รองจากด้านการพัฒนาความรู้และองค์กร

หลักเกณฑ์รอง	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
การจัดการทางด้านการเรียนรู้	$X_{5,1}$	กระบวนการหรือขั้นตอนในการส่งข้อมูล
	$X_{5,2}$	ข่าวสารภายในหรือภายนอกบริษัท
⋮	⋮	⋮
การเติบโตขององค์กร	$X_{5,18}$	ยอดการขายต่อสินทรัพย์รวม
	$X_{5,19}$	ระบบหรือแนวทางในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 6 หลักเกณฑ์รองจากด้านนโยบายความเป็นผู้นำในการบริหาร

หลักเกณฑ์รอง	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
การนำองค์กรโดยผู้บริหารระดับสูง	$X_{6,1}$	การส่งเสริมการประพฤติปฏิบัติตามกฎหมายและมีจริยธรรม
	$X_{6,2}$	มีการสื่อสารและชี้แจงผลการดำเนินงานขององค์กร
⋮	⋮	⋮
การวางแผนเชิงกลยุทธ์	$X_{6,11}$	มีการกำหนดตัวชี้วัดหลัก สำหรับติดตามความคืบหน้าของแผนปฏิบัติการที่ชัดเจน

ตารางที่ 7 การคัดกรองตัวแปรหรือตัวบ่งชี้เบื้องต้นโดยการจัดกลุ่มตัวแปรสำหรับหลักเกณฑ์รองด้านการเงิน

กลุ่มตัวแปร	ร้อยละความแปรปรวน	ร้อยละความแปรปรวนสะสม	ค่าไอแกน
กลุ่ม1	0.294	0.294	7.641420
⋮	⋮	⋮	⋮
กลุ่ม 5	**0.065**	**0.745**	**1.682034**
⋮	⋮	⋮	⋮
กลุ่ม 26	0	0.999	0.001851

ผลการคัดกรองตัวบ่งชี้ด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านลูกค้า ด้านกระบวนการทำงาน ด้านความปลอดภัย ด้านการพัฒนาความรู้และองค์กร และด้านนโยบายความเป็นผู้นำในการบริหาร ดำเนินการวิเคราะห์มีขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์ด้านการเงิน ปรากฏผลลัพธ์ดังนี้

ด้านลูกค้า ตัวบ่งชี้เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นมีทั้งหมด 21 ตัวบ่งชี้ (ตารางที่ 2) ผลการวิเคราะห์พบว่า มี 2 ตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออก คือ ความ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พึงพอใจของลูกค้าภายในหรือความพึงพอใจของพนักงานภายในบริษัท ($X_{2,10}$) และราคาที่เป็นไปตามความเป็นจริง ($X_{2,19}$)

ด้านกระบวนการ ตัวบ่งชี้เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นมีทั้งหมด 46 ตัวบ่งชี้ (ตารางที่ 3) ผลการวิเคราะห์พบว่า มี 5 ตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออก คือ การจัดการกระบวนการผลิต ($X_{3,3}$) การลดต้นทุนการผลิต ($X_{3,4}$) อัตราส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ($X_{3,7}$) อัตราส่วนของเสีย ($X_{3,8}$) และระบบการแก้ไขและป้องกัน ($X_{3,18}$)

ด้านการพัฒนาความรู้และองค์กร ตัวบ่งชี้เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นมีทั้งหมด 12 ตัวบ่งชี้ (ตารางที่ 4) ผลการวิเคราะห์พบว่า มี 3 ตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออก คือ ช่วงระยะเวลาในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ ($X_{5,2}$) การฝึกอบรมพนักงานใหม่ ($X_{5,8}$) และ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม ($X_{5,17}$)

ด้านความปลอดภัย และด้านนโยบายความเป็นผู้นำในการบริหาร ตัวบ่งชี้เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นมีทั้งหมด 19 และ 11 ตัวบ่งชี้ (ตารางที่ 5 และ 6) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่า ไม่มีตัวบ่งชี้ที่ถูกพิจารณาในการคัดออก

3.5 ผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้บริหารสำหรับการกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินขั้นสุดท้าย

การพิจารณาเกณฑ์การประเมินสมรรถนะผู้ผลิต ฯ เพื่อการลดจำนวนเกณฑ์การประเมินให้น้อยลง ตัววัดสมรรถนะที่ถูกพิจารณาในการคัดออกนั้นนอกจากจะต้องมีความสัมพันธ์การทางสถิติแล้ว จำเป็นต้องสอดคล้องกับนโยบายขององค์กร ดังนั้นการคัดออกตัวบ่งชี้ที่จะใช้ในการประเมินสมรรถนะผู้ผลิตจำเป็นต้องผ่านการเห็นชอบร่วมกันจากกลุ่มผู้บริหารขององค์กรนั้นอีกครั้งด้วยการสัมภาษณ์ความคิดเห็น

จากขั้นตอนที่ 3.5 พบว่า มีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้บางตัวที่ผลการสัมภาษณ์ออกมาควรเก็บไว้เป็นเกณฑ์เพื่อการพิจารณาสมรรถนะในการดำเนินงานของผู้ผลิต ฯ คือ การจัดการกระบวนการผลิต ($X_{3,3}$) การลดต้นทุนการผลิต ($X_{3,4}$) และการฝึกอบรมพนักงานใหม่ ($X_{5,8}$)

ตารางที่ 7 การคัดกรองตัวแปรหรือตัวบ่งชี้เบื้องต้นโดยการจัดกลุ่มตัวแปรสำหรับหลักเกณฑ์รองด้านการเงินเมื่อมีการหมุนแกนแบบ Varimax

กลุ่มตัวแปร	ร้อยละความแปรปรวน	ร้อยละความแปรปรวนสะสม	ค่าไอแกน
กลุ่ม 1	0.250	0.250	6.493169
กลุ่ม 2	0.187	0.437	4.854079
กลุ่ม 3	0.137	0.574	3.554974
กลุ่ม 4	0.100	0.674	2.610869
กลุ่ม 5	0.071	0.745	1.839095

4. สรุปผลและวิจารณ์

4.1 จากการกำหนดหลักเกณฑ์การประเมินหลักโดยวิธี 5DBSC พบว่าเมื่อเปรียบเทียบหัวข้อที่ได้จาก [6] พบว่าจำนวนหัวข้อหลักเกณฑ์ที่มีความแตกต่างกันนั้นถูกปรับให้มีความเหมาะสมตามนโยบายของแต่ละองค์กร โดยเลือกตัวชี้วัดผลการดำเนินงานทางด้านความปลอดภัยเป็นหัวข้อหลักเกณฑ์การพิจารณาผู้ผลิตเพิ่มเติม

และเพื่อการวัดผลการจัดการโดยรวมที่มุ่งเน้นการนำนโยบายการบริหารเพื่อนำไปสู่การนำไปปฏิบัติจริงของผู้ผลิตฯ จึงพิจารณาโดยยึดตามหลักเกณฑ์การประเมินจาก TQA เข้าร่วมกับ BSC ซึ่งหัวข้อที่มีความแตกต่างจาก BSC จึงถูกพิจารณาให้เป็นหัวข้อหลักเกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพผู้ผลิตฯ ร่วมด้วย

4.2 จากการพิจารณาตัวแปรหรือการคัดออกของตัวบ่งชี้ที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะผู้ส่งมอบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติกับผลการสัมภาษณ์พบว่า ความคิดเห็นของผู้บริหารที่มีต่อตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออกนั้นมีทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยดังต่อไปนี้

โดยผลสัมภาษณ์ที่เห็นด้วยกับตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออกเนื่องจากมีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้อื่นๆ ที่สามารถใช้เพื่อวัดสมรรถนะแทนกันได้ในแต่ละกลุ่มของหลักเกณฑ์รอง หรือตัวแปรที่ถูกคัดออกนั้นไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อวัดสมรรถนะของผู้ส่งมอบชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ซึ่งมีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ถูกคัดออกหลังผลการสัมภาษณ์ ด้านการเงินคือ รายได้สุทธิต่อสินทรัพย์รวม ($X_{1,17}$) อัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของกำไรสุทธิ ($X_{1,19}$) กำไรขั้นต้นของค่าใช้จ่ายจากการขาย ($X_{1,20}$) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม ($X_{1,25}$) ด้านลูกค้าคือ ความพึงพอใจของลูกค้าภายในหรือความพึงพอใจของพนักงานภายในบริษัท ($X_{2,10}$) และราคาที่เป็นไปตามความเป็นจริง ($X_{2,19}$) ด้านกระบวนการคือ อัตราส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ($X_{3,7}$) อัตราส่วนของเสีย ($X_{3,8}$) และระบบการแก้ไขและป้องกัน ($X_{3,18}$) และด้านการพัฒนาความรู้และองค์กรคือ ช่วงระยะเวลาในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ ($X_{5,2}$) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม ($X_{5,17}$) ในทางกลับกันมีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ผู้บริหารไม่เห็นด้วยกับผลการวิเคราะห์ปัจจัยในการพิจารณาเป็นตัวแปรที่ถูกคัดออกและควรเป็นตัวแปรที่ใช้เพื่อเป็นตัววัดสมรรถนะของผู้ส่งมอบชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ทางด้านกระบวนการ กลุ่มของการวางแผนและการบริหารของกระบวนการภายในคือ การจัดการกระบวนการผลิต ($X_{3,3}$) และการลดต้นทุนการผลิต ($X_{3,4}$) และด้านการพัฒนาความรู้และองค์กร กลุ่มของแนวทางในการส่งเสริมเพื่อพัฒนาในอนาคตคือ การฝึกอบรมพนักงานใหม่ ($X_{5,8}$)

ดังนั้นในการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยไปใช้ควรใช้ควบคู่กันกับผลการสัมภาษณ์ผลความคิดเห็นของผู้บริหารภายในองค์กร เนื่องจากผลสรุปที่ได้เป็นผลที่ผู้บริหารได้ผ่านการยอมรับและพร้อมในการนำไปประยุกต์อย่างเหมาะสมสำหรับแต่ละองค์กร

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Tracey, C. L. Tan. (2001). "Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance," *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 6 Issue. 4 pp. 174–188.

[2] Y.-J. Chen. (2011). "Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain," *Information Sciences*, Vol. 181, pp. 1651-1670.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[3] A. Otto, H. Kotzab. (2003). “Does supply chain management really pay? Six perspec-tives to measure the performance of managing a supply chain,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 144, pp. 306–320.

[4] J. R. Carter, A. Maltz, E. Maltz, M. Goh, and T. Yan. (2010). "Impact of culture on supplier selection decision making". *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 21, No. 3, pp. 353–374.

[5] A. Asosheh, S. Nalchigar, and M. Jamporazmey. (2010). "Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach," *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, pp. 5931-5938.

[6] X. Fan, S. Zhang, L. Wang, Y. Yang, and K. Hapeshi. (2013). "An Evaluation Model of Supply Chain Performances Using 5DBSC and LMBP Neural Network Algorithm," *Journal of Bionic Engineering*, Vol. 10, pp. 383-395.

[7] X. Fan, S. Zhang, L. Wang, Y. Yang, and K. Hapeshi. (2013). "An Evaluation Model of Supply Chain Performances Using 5DBSC and LMBP Neural Network Algorithm," *Journal of Bionic Engineering*, Vol. 10, pp. 383-395.

[8] สำนักงานรางวัลคุณภาพแห่งชาติ. 2557. เกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่งชาติ ปี 2557-2558.

[9] C.-N. Liao and H.-P. Kao. (2010). “Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming,” *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 58, pp. 571–577.

[10] S.Li, B. Ragu-Nathan, T.S.Ragu-Nathan, and S. S. Rao. (2006). “The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance,” *Omega*, Vol. 34, pp.107 – 124, 2006

[11] A. Dargi, A. Anjomshoae, M. R. Galankashi, A. Memari, and M. B. M. Tapa. (2014). “Supplier selection: A fuzzy-ANP approach,” *Procedia Computer Science,* Vol. 31, pp. 691–700.

[12] P. Chatterjee, P. Mukherjee, S. Chakraborty. (2011). “Supplier selection using compromise ranking and outranking methods,” *J. Ind. Eng. Int.*, Vol. 7, No. 14, pp. 61-73.

[13] C.-N. Liao. (2010). “Supplier selection project using an integrated Delphi, AHP and Taguchi loss function,” ProbStat Forum, Vol. 03, pp. 118-134.

[14] A. K. Kar and A. K. Pani. (2014). "Exploring the importance of different supplier selection criteria," *Management Research Review*, Vol. 37, No. 1, pp. 89 –105.

[15] I. N. Caddy and M. M. Helou. (2007). “Supply chains and their management: Application of general systems theory,” *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 14, pp. 319–327.

[16] H. A. E. M. Ali, I. A. Al-Sulaihi, and K. S. Al-Gahtani. (2013). "Indicators for measuring performance of building construction companies in Kingdom of Saudi Arabia," Journal of King Saud University - Engineering Sciences, Vol. 25, pp. 125-134.

[17] X. Xu and Y. Wang. (2009). "Financial failure prediction using efficiency as a predictor," Expert Systems with Applications, Vol. 36, pp. 366-373.

[18] M. Zeydan, C. Çolpan, and C. Çobanoğlu. (2011). "A combined methodology for supplier selection and performance evaluation," Expert Systems with Applications, Vol. 38, pp. 2741-2751.

[19] W. Ho, X. Xu, and P. K. Dey. (2010). "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review," European Journal of Operational Research, Vol. 202, pp. 16-24.

[20] V. Ojanen, P. Piippo, and M. Tuominen. (2002). "Applying quality award criteria in R&D project assessment," International Journal of Production Economics, Vol. 80, pp. 119-128.

[21] จารุณี วงศ์กันตา. 2552. "การประเมินปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการทำกิจกรรม CCCF," วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[22] F.-H. F. Liu and H. L. Hai. (2005). "The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier," *International Journal of Production Economics*, Vol. 97, pp. 308-317

[23] Y. Lee and H. Lee. (2011). "Application of factor analysis for service R & D classification: A case study on the Korean ICT industry," *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 2119-2124.

[24] M. Emin Öcal, E. L. Oral, E. Erdis, and G. Vural. (2007). "Industry financial ratios—application of factor analysis in Turkish construction industry," *Building and Environment*, Vol. 42, pp. 385-392.

[25] ยุทธ ไกยวรรณ์. 2556. การวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปรสำหรับงานวิจัย (Multivairate statistical analysis for research) สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[26] รสริน ศรีริกานนท์. 8 กุมภาพันธุ์ 2557. การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis). Available on: http://www.saruthipong.com/port/document/299-705/299-705-8.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม

A study of key behavior success factors in Total Energy Management (TEM) activity for improving energy efficiency of small and medium scale industries

ศุภนิธิ เรืองทอง
คณะบริหารธุรกิจ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง กรุงเทพมหานคร
supanithi@tni.ac.th

บทคัดย่อ

การดำเนินกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมให้ประสบผลสำเร็จมีปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรม ประกอบด้วย การได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ บทบาทของผู้บริหารระดับสูง และการมีส่วนร่วมของพนักงาน โดยเมื่อทำการจำแนกปัจจัยในแต่ละด้านออกเป็นปัจจัยย่อยและจัดลำดับความสำคัญสูงสุด 10 ลำดับ จะพบว่าการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์และความรู้ด้านเทคนิคในเรื่องมาตรการอนุรักษ์พลังงานและมีการตรวจติดตามอย่างสม่ำเสมอเป็นปัจจัยย่อยที่สำคัญสูงสุด ในขณะผู้บริหารระดับสูงมีบทบาทในด้านการกำหนดและกระจายนโยบายและเป้าหมายอย่างชัดเจนเป็นรูปธรรม รวมถึง การแสดงความมุ่งมั่นที่จะดำเนินกิจกรรมให้ประสบความสำเร็จเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ส่วนปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงานจะเกิดขึ้นภายหลังจากการให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญและปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูง

คำสำคัญ: การจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์, ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, วิสาหกิจอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม

Abstract

The implementation of Total Energy Management activity for improving energy efficiency of small and medium scale industries required key behavior success factors including consultation of experts, role of top management and participation of employee respectively, The top 10 Items of sub-factors to be required for accomplishing the target of activity are including the experience of expert in implementing energy conservation measures and the role of top management in commitment's, effective policy and target deployment, but the participation of employee shall be initiated through the factor of expert and top management afterward.

Keywords: total energy management, energy efficiency, small and medium scale industries.

1. บทนำ

กิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรม หรือ Total Energy Management (TEM) [1] ซึ่งดำเนินงานโดยสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมเป้าหมาย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Scale Industries: SMIs) ให้กับอุตสาหกรรมภาคการผลิตในเรื่องของการลดการใช้พลังงานจากความสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิตส่งผลต่อการลดต้นทุนด้านพลังงาน ผลลัพธ์ที่ได้รับก็คือ วิสาหกิจที่เข้าร่วมสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า 1,984 ล้านบาท เฉลี่ยแห่งละ 2.7 ล้านบาท นอกจากนี้ ยังได้มีการงานเพื่อมอบรางวัลการจัดการพลังงานดีเด่นให้กับวิสาหกิจที่สามารถปรับปรุงระบบการจัดการพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างดีเยี่ยม มีการมอบเกียรติบัตรให้กับวิสาหกิจที่เข้าร่วมโครงการฯจำนวน 299 รายซึ่งสามารถการใช้พลังงานรวมกันได้มากกว่า 900 ล้านบาท

การศึกษาปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแนวทางและวิธีการในเชิงพฤติกรรมที่จะส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ SMIs ให้ประสบผลสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงการสร้างตัวอย่างของความสำเร็จให้เป็นต้นแบบสำหรับ SMIs ในประเทศไทยจะได้พัฒนาด้านการจัดการพลังงานเพื่อสร้างความมั่นคงด้านพลังงานและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้วยการจัดการพลังงานแบบบูรณาการโดยทุกคนมีส่วนร่วมที่เหมาะสมต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลก

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อความสำเร็จที่จะการดำเนินงานกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ SMIs

2.2 เพื่อแสวงหารูปแบบเชิงพฤติกรรมของบุคลากรใน SMIs ที่มีส่วนสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ประสบผลสำเร็จได้อย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้กำหนดโครงสร้างการจัดการพลังงานให้กับโรงงานและอาคารที่อยู่ในเกณฑ์ควบคุมจะต้องดำเนินการตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 [2]

รูปที่ 1 โครงสร้างการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 [2]

เนื่องจาก SMIs จำนวนมากไม่ได้อยู่ในบังคับตามกฎหมายฉบับดังกล่าว อีกทั้งมีความแตกต่างในด้านอุปสรรคของการดำเนินกิจกรรมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงที่ไม่เหมือนกัน แต่ที่มีเหมือนกันก็คือ การให้ความสำคัญกับการผลิตมากกว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน [3]

อุปสรรคในการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่สำคัญของ SMIs [4] ประกอบด้วย การขาดแคลนเงินทุน การสื่อสารและการปรับความเห็น การขาดข้อมูล นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ในเชิงลึกยังพบประเด็นที่เป็นอุปสรรคที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพอย่างมาก ประกอบด้วย ความลำบากในการหาบุคลากรที่มีความสามารถด้านการจัดการพลังงาน ได้รับข้อมูลด้านการจัดการพลังงานที่ไม่ชัดเจนหรือยากต่อการทำความเข้าใจหรือมีความคลุมเครือ ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถนำมาปรับใช้กับองค์กรได้ การปิดกั้นการสื่อสารกัน ของบุคลากรภายในองค์กร ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และการขาดแคลนเงินทุนในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้มีการจัดทำโครงการการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับ SMIs [1] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือให้คำปรึกษาแก่ธุรกิจอุตสาหกรรมไทยในการพัฒนาองค์กรให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ลดปริมาณ การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและลดการนำเข้า รวมทั้งยังเป็นการลดต้นทุน การผลิตในโรงงาน อันเนื่องจากการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิตและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยเป็นการผสมผสานแนวความคิดทางการบริหารจัดการและหลักทางวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ เช่น การควบคุมคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (Total Quality Control) วิศวกรรมระบบที่เน้นการออกแบบระบบบำรุงรักษาเครื่องจักรและระบบควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Concurrent Engineering) และวิศวกรรมคุณค่า เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Value Engineering) การดำเนินกิจกรรมแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) Cost / Energy Focus ปรับเปลี่ยนทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงานว่าไม่ใช่เรื่องของพลังงานเท่านั้น หากแต่เป็นเรื่องของการ ลดต้นทุน และเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขัน

2) การกำหนดนโยบาย แผนงานและแผนการปฏิบัติ ผู้บริหารระดับสูงจำเป็นต้องมีการกำหนดนโยบาย เป้าหมายและทิศทางขององค์กรที่ชัดเจน เพื่อให้ผู้บริหารระดับกลางและล่างสามารถนำไปประยุกต์เป็นแผนปฏิบัติการ (Action Plan)

3) Product / Process Improvement โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Optimization of Resource Usage) เพื่อลดต้นทุนการสูญเสียที่เกิดจากการออกแบบและการผลิต (Process)

4) Total Involvement ผู้บริหารและพนักงานทุกคนทุกระดับมีส่วนร่วมในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาและปรับปรุง

SMIs ที่ต้องการประสบผลสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมเพื่อยกระดับประสิทธิภาพพลังงานจำเป็นต้องมีแนวทางและวิธีการที่เหมาะสมกับการกำจัดอุปสรรคซึ่งแตกต่างไปจากวิสาหกิจในขอบข่ายควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน

การศึกษานี้จึงได้ใช้กรอบแนวคิดด้านคุณลักษณะของปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมของบุคลากรของวิสาหกิจเฉพาะส่วนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ตามที่แสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแรกคือ บทบาทของผู้บริหารระดับสูงในด้านการกำหนดนโยบาย เป้าหมาย การแสดงความมุ่งมั่น ให้การสนับสนุน มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาอุปสรรค ส่งผลเชิงบวกต่อทัศนคติและพฤติกรรมของพนักงานในการดำเนินงานกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน

ส่วนสำคัญลำดับต่อมาคือ การมีส่วนร่วมของพนักงานเป็นกลไกเชิงพฤติกรรมของพนักงานในด้านการใช้ความรู้ความสามารถและทักษะ รวมถึงการมีแรงจูงใจที่จะร่วมดำเนินให้บรรลุเป้าหมาย [3]

ส่วนที่สำคัญลำดับสุดท้ายก็คือ การได้รับคำปรึกษาแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทาง วิธีการ กลไก มาตรการที่เหมาะสม ตลอดจนการให้คำแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาระหว่างการดำเนินงานกิจกรรมซึ่งส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมบรรลุเป้าหมายและประสบผลสำเร็จ

3.1 บทบาทของผู้บริหารระดับสูง (Top management role)

การเปลี่ยนแปลงวิสาหกิจที่มุ่งหวังความยั่งยืนจำเป็นต้องอาศัยจิตวิทยาองค์กรซึ่งส่งผลต่อความมั่นใจของพนักงานในการบริหารนโยบายของผู้บริหารซึ่งหมายถึงการให้ความสำคัญต่อความมั่นคงในชีวิตการงานของพนักงาน จึงทำให้พนักงานทุ่มเทความรู้ความสามารถให้กับวิสาหกิจอย่างแท้จริง บทบาทสำคัญของผู้บริการระดับสูงที่มีผลต่อพฤติกรรมของพนักงานมีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 ตัวแปร คือ ความมุ่งมั่น และ การจัดสรรทรัพยากร [3], [4], [5], [6], [7]

3.1.1 ความมุ่งมั่น (Commitment)

ผู้บริหารระดับสูงจำเป็นต้องแสดงบทบาทในเรื่องของการกำหนดนโยบาย แนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรภายในวิสาหกิจ การกำหนดเป้าหมายที่เหมาะสม การมีส่วนร่วม การแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่ยุ่งยากในการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ การเข้าตรวจเยี่ยมติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงาน โดยต้องมีลักษณะที่ส่งเสริมให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมและพฤติกรรมการใช้พลังงานของพนักงานภายในวิสาหกิจให้เป็นรูปแบบที่ยั่งยืนมากกว่าแบบเฉพาะกิจ เพื่อให้เกิดพฤติกรรมของพนักงานที่ส่งผลทางบวกต่อการการดำเนินกิจกรรมต่างๆ

3.1.2 การจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation)

แนวคิดและวิธีการบริหารจัดการทรัพยากรของวิสาหกิจ การคัดเลือกพนักงานที่มีความรู้ความสามารถเพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมกิจกรรม การจัดสรรงบประมาณ การจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมที่ต่อเนื่อง การบริหารจัดการทรัพยากรของวิสาหกิจ

3.2 การมีส่วนร่วมของพนักงาน (Employee involvement)

การเปิดโอกาสให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วมกับการดำเนินกิจกรรมเพื่อการเปลี่ยนแปลงวิสาหกิจจะส่งเสริมให้เกิดความตระหนักรู้ถึงความสำคัญในการดำเนินกิจกรรมและสร้างแรงกระตุ้นให้พนักงานปฏิบัติตามงานกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างเป็นรูปธรรม การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของพนักงานโดยรวม ก็คือ การเปลี่ยนวัฒนธรรมองค์การ จากการศึกษาปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมกลุ่มเกิดจากปัจจัยสำคัญย่อย 3 ประการ คือ ความสามารถของพนักงาน แรงจูงใจ และ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม [6], [7], [8]

3.2.1 ความสามารถของพนักงาน (Ability)

การให้ความสำคัญการปรับปรุงความสามารถของพนักงานส่งผลต่อพฤติกรรมในการลำดับความสำคัญของการกิจกรรมที่จะดำเนินงานซึ่งแสดงออกทางพฤติกรรม เช่น การแสดงความคิดเห็น การเสนอแนวทางการปรับปรุงงาน การเข้าร่วมประชุมกลุ่มกิจกรรม การติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง ความสามารถในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคความยุ่งยาก ฯลฯ

3.2.2 แรงจูงใจ (Motivation)

บทบาทของพนักงานที่มีความรับผิดชอบ มีความรู้ มีทักษะการทำงาน มีการสร้างหน่วยงานที่สนับสนุนและส่งเสริมการดำเนินกิจกรรม มีการตรวจเยี่ยมให้กำลังใจและให้รางวัลตอบแทน เพื่อกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมที่ดีอย่างต่อเนื่องและสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีให้เกิดขึ้นภายในองค์กรโดยรวม ความเข้าใจถึงผลลัพธ์ที่ได้และการได้รับผลตอบแทนจากผลลัพธ์นั้นอย่างเป็นรูปธรรมจะสร้างแรงจูงใจ รวมถึงการกระตุ้นเตือนในรูปแบบต่างๆ เช่น ป้ายเตือน ฯลฯ

3.2.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Favorable working environment)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพิ่มประสิทธิภาพทั้งทางด้านกายภาพและจิตวิทยา ก็คือ การกำจัดอุปสรรคในการดำเนินงานกิจกรรมปรับปรุงต่างๆและกำจัดอุปสรรคต่อการตัดสินใจในเรื่องของการจัดสรรทรัพยากร ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึง การอำนวยความสะดวกในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงขั้นตอนหรือวิธีการปฏิบัติงาน การเข้าถึงทรัพยากรที่จำเป็น เช่น ข้อมูล เครื่องมือ อุปกรณ์

3.3 การได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ (Consultant)

อุปสรรคในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ SMIs ก็คืออุปสรรคต่อการที่จะนำมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไปปฏิบัติใช้จริง อันมีสาเหตุต่อเนื่องมากจาก การขาดบุคลากรด้านพลังงาน การขาดความรู้เกี่ยวกับมาตรการและวิธีการดำเนินการดำเนินงานกิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งด้านการบริหารจัดการและด้านเทคโนโลยี เป็นต้น [3]

ดังนั้นการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ จะช่วยวิสาหกิจสามารถแก้ไขปัญหาอุปสรรคและส่งเสริมให้การดำเนินงานกิจกรรมต่างๆบรรลุเป้าหมายได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยองค์ประกอบสำคัญของคุณสมบัติที่ผู้เชี่ยวชาญควรมี 3 ประการ ประกอบด้วย ความรู้ทางด้านเทคนิค ประสบการณ์ และ ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้คัดเลือกวิสาหกิจที่เข้าร่วมกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมซึ่งได้รับรางวัลการจัดการพลังงานดีเด่นในประเภทอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันจำนวน 5 วิสาหกิจเพื่อทำการเก็บข้อมูลในลักษณะที่เป็นแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากพนักงานที่มีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมวิสาหกิจละ 30 คน รวมทั้งสิ้น 150 คน

5. ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุดที่สำเร็จ ประสบการณ์ในการทำงาน แผนกที่สังกัดและบทบาทในการดำเนินงานกิจกรรม

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามทัศนคติเกี่ยวกับปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูง จำนวน 20 ข้อ

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามด้านทัศนคติเกี่ยวกับปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงาน จำนวน 30 ข้อ

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามด้านทัศนคติเกี่ยวกับปัจจัยด้านการได้รับความปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 20 ข้อ

วิธีตอบแบบสอบถามใช้การประเมินความเห็นว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับสภาพจริงของวิสาหกิจมากน้อยเพียงใดในแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

1 หมายถึงไม่สอดคล้องอย่างยิ่ง
2 หมายถึงไม่สอดคล้อง
3 หมายถึงปานกลาง
4 หมายถึงสอดคล้อง
5 หมายถึงสอดคล้องอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการแจกและเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามจำนวนวิสาหกิจละ 30 ชุด จากนั้น ทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบถามเป็นรายข้อและรายด้าน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ One way ANOVA ซึ่งกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพื่อให้มั่นใจว่าค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันไม่ได้เกิดจากค่าความแปรปรวนที่แตกต่างกัน เมื่อผลการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยของปัจจัยในแต่ละข้อสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ จึงทำการจัดเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามค่าเฉลี่ยรายข้อจากค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด

6. การวิเคราะห์ข้อมูลและการสรุปผล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามและสรุปผลทางสถิติของข้อมูลทั่วไปที่ได้จากแบบสอบถามสำหรับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของปัจจัยแต่ละข้อ พบว่า ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หมายความว่า สามารถนำค่าเฉลี่ยของปัจจัยในแต่ละข้อมาเปรียบเทียบกันได้และมีผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของพนักงานที่ตอบแบบสอบถาม

ลักษณะผู้ตอบแบบสอบถาม		จำนวน	%
เพศ	ชาย	121	80.7
	หญิง	29	19.3
อายุ	18 - 30 ปี	44	29.3
	31 - 40 ปี	62	41.3
	41 - 50 ปี	34	22.7
	51 - 60 ปี	10	6.2
การศึกษา	ต่ำกว่า ปวส.	73	48.7
	ปวส.	26	17.3
	ปริญญาตรี	46	30.7
	สูงกว่าปริญญาตรี	5	3.3
ประสบการณ์ทำงาน	1 – 5 ปี	28	18.7
	6 – 10 ปี	44	29.3
	11 – 15 ปี	32	21.3
	16 ปีขึ้นไป	46	30.1
หน่วยงานที่สังกัด	แผนกผลิต	102	68.0
	แผนกซ่องบำรุง	21	14.0
	แผนกวางแผน	3	2.0
	แผนกอื่นๆ	24	16.0
บทบาทในการดำเนินกิจกรรม	ส่งเสริมกิจกรรม	39	26.0
	ตรวจประเมิน	8	5.3
	หัวหน้ากลุ่ม	15	10.3
	สมาชิกกลุ่ม	88	58.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนักงานที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศชาย มีอายุในช่วง 31 ปี ถึง 40 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรีมีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 16 ปี สังกัดแผนผลิต และมีบทบาทเป็นสมาชิกกลุ่มกิจกรรม ดังรายละเอียดของข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลเรื่องทัศนคติของพนักงานเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์จำแนกเป็นรายด้าน พบว่า ปัจจัยทั้งสามด้านมีความสำคัญในระดับมาก โดยปัจจัยด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่ปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูงอยู่ในระดับรองลงมา ส่วนปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงานอยู่ในระดับน้อยกว่าปัจจัยด้านอื่นๆ ดังข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

เมื่อทำการจัดเรียงลำดับปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมาย 10 ลำดับ พบว่า 2 ลำดับแรกเป็นปัจจัยด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย

- ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในด้านมาตรการอนุรักษ์พลังงาน
- การตรวจติดตามของผู้เชี่ยวชาญช่วยให้ผู้บริหารมีการติดตามผลความคืบหน้าของการดำเนินกิจกรรม

ส่วนปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูงอยู่ใน 4 ลำดับถัดมา ประกอบด้วย

- นโยบายในการดำเนินกิจกรรมมีกระจายลงสู่พนักงานระดับปฏิบัติการอย่างเป็นรูปธรรม
- นโยบายและเป้าหมายของผู้บริหารระดับสูงมีความชัดเจน
- นโยบายและเป้าหมายทำให้พนักงานมีความพยายามดำเนินกิจกรรมให้ประสบผลสำเร็จ
- ผู้บริหารระดับสูงมีความมุ่งมั่นที่จะดำเนินกิจกรรมให้ประสบความสำเร็จ

สำหรับปัจจัยใน 3 ลำดับต่อมาเป็นปัจจัยด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

- ผู้เชี่ยวชาญมีความรู้ด้านเทคนิคที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมาย
- การตรวจติดตามของผู้เชี่ยวชาญทำให้พนักงานเกิดความกระตือรือร้นในการนำเสนอความคืบหน้า
- ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้มีคุณวุฒิและคุณสมบัติเหมาะสมต่อการเป็นที่ปรึกษา

ส่วนลำดับสุดท้ายเป็นปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูงในหัวข้อผู้บริหารระดับสูงได้สนับสนุนให้พนักงานเพิ่มพูนทักษะความรู้ความสามารถที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมให้ประสบผลสำเร็จดังข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

ในขณะที่ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงานนั้นไม่อยู่ใน 10 ลำดับแรก แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญและปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูงมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงาน นอกจากนี้ ยังมีส่วนอย่างมากในการกำจัดอุปสรรคสำคัญของ SMIs ประกอบด้วย อุปสรรคด้านการขาดแคลนเงินทุน อุปสรรคจากการสื่อสารและการปรับความเห็น และ อุปสรรคจากปัญหาจากการขาดข้อมูล

ตารางที่ 2 ปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานกิจกรรม จำแนกเป็นรายด้าน

ปัจจัยสำคัญ	N	Mean	SD.
ด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูง	150	3.67	0.80
ด้านการมีส่วนร่วมของพนักงาน	150	3.63	0.78
ด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ	150	3.77	0.77

ตารางที่ 3 ปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานกิจกรรม ตามระดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 10 ลำดับแรก

ปัจจัยสำคัญ	ปัจจัยเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อความสำเร็จ	ค่าเฉลี่ย
ด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ	• ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในมาตรการต่างๆได้ประสบความสำเร็จ • การตรวจติดตามของผู้เชี่ยวชาญช่วยให้ผู้บริหารมีการติดตามความคืบหน้าเพิ่มมากขึ้น	4.20 (0.70) 4.03 (0.71)
ด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูง	• นโยบายของการดำเนินกิจกรรมมีกระจายลงสู่ระดับพนักงานอย่างเป็นรูปธรรม • นโยบายและเป้าหมายของผู้บริหารระดับสูงมีความชัดเจน • นโยบายและเป้าหมายทำให้พนักงานมีความพยายามในการปฏิบัติให้ประสบความสำเร็จ • ผู้บริหารระดับสูงมีความมุ่งมั่นที่จะดำเนินกิจกรรมให้ประสบความสำเร็จ	3.98 (0.65) 3.97 (0.63) 3.95 (0.70) 3.94 (0.65)
ด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ	• ผู้เชี่ยวชาญมีความรู้ด้านเทคนิคที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมาย • การตรวจติดตามของผู้เชี่ยวชาญทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการนำเสนอความคืบหน้า • ผู้เชี่ยวชาญมีคุณวุฒิและคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเป็นที่ปรึกษา	3.94 (0.69) 3.92 (0.67) 3.91 (0.68)
ด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูง	• ผู้บริหารระดับสูงได้สนับสนุนให้พนักงานเพิ่มพูนทักษะความรู้ความสามารถที่จะเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมให้บรรลุเป้าหมาย	3.90 (0.60)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. อภิปรายผล

ปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลให้ SMIs สามารถดำเนินงานกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์ได้ประสบผลสำเร็จจนได้รับรางวัลดีเด่น คือ การได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในมาตรการอนุรักษ์พลังงานและมีการตรวจติดตามอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังมีคุณวุฒิและคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเป็นที่ปรึกษา ในขณะผู้บริหารระดับสูงเป็นผู้มีบทบาทในด้านการกำหนดนโยบายและเป้าหมาย มีวิธีการกระจายนโยบายและเป้าหมายลงสู่พนักงานในระดับปฏิบัติการได้อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรม รวมถึง การแสดงออกถึงความมุ่งมั่นที่จะดำเนินกิจกรรมให้ประสบความสำเร็จ [1], [5], [6], [7], [10] ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลทางด้านจิตวิทยาต่อการสร้างความมีส่วนร่วมของพนักงาน

ดังนั้น SMIs ที่ต้องการดำเนินกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ประสบความสำเร็จมีความจำเป็นต้องส่งเสริมปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมในด้านการให้คำปรึกษาและบทบาทของผู้บริหารระดับสูง ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมของพนักงานให้มีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การสร้างความมีส่วนร่วมของพนักงานระดับปฏิบัติการจะเกิดขึ้นจากการให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญและปัจจัยด้านบทบาทของผู้บริหารระดับสูงซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของพนักงาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมเป้าหมาย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานกิจกรรมการจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรม รวมถึงวิสาหกิจที่ได้รับรางวัลดีเด่นจากการดำเนินงานกิจกรรมดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, “รายงานผลการดำเนินงาน”, URL: http://www.dip.go.th, access on 25/08/2015.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550, *พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550*, กระทรวงพลังงาน.

[3] Ali Hasanbeigi, Christoph Menke and Peter Du Pont, “Barriers to Energy Efficiency Improvement and Decision-making Behavior in Thai Industry, Energy Efficiency, Springer Science, 2010, Vol. 3, No. 1, pp. 3:33-52.

[4] ณัฐกร กิตติวรรุทธ์, กูสกานา กูบาฮา, 2556, *การจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดสมุทรสาคร*, วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] Rensis Likert,“New Pattern of Management”, Institute for social Researchม 1961.

[6] Vered Blass; et al.,“Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US”, Energy, 2014, Vol. 65. pp. 560 - 577.

[7] Nakajima Seiichi and Shirose Kunio, สมชัย อัครทิวา และรังสรรค์ เลิศในสัตย์ (ผู้แปล),“การดำเนินกิจกรรม TPM เพื่อการปฏิรูปการผลิต”, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2548.

[8] Society of TPM Research, Kinjiro Nakano,มังกร โรจน์ประภากร (ผู้แปลและเรียบเรียง),“Zero Loss ด้วย TPM ฉบับเจ้าใจง่าย”, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2550.

[9] Richard Newton, “The Management Consultant: Mastering the art of consultancy”, Prentice Hall, 2010.

[10] S. Thiede, G. Posselt, C. Herrmann, 2013, “SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies”, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Vol. 6, pp.204–211.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย

An analysis of factors affecting the potential development and innovation of Thailand industrial sector

รังสรรค์ เลิศในสัตย์ [1], อนุวัต เจริญสุข [2]
คณะบริหารธุรกิจ,สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
[1] orbusiness@hotmail.com
[2] anuwat@tni.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทยกลุ่มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มและกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารผู้วิจัยกำหนดวิธีการศึกษาการสุ่มตัวอย่างจากประชากรโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างมีระบบ (Systematic Random Sampling) และได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 370 บริษัท เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากผลการศึกษารายด้านพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย จำแนกรายด้าน พบว่า ด้านที่ส่งผลมากที่สุด คือ ด้านการพัฒนากระบวนการผลิตรองมาคือ ด้านการตลาดโดยที่ปัจจัยทุกด้านส่งผลอยู่ในระดับมากเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ทั้งหมดพบว่าส่งผลอยู่ในระดับมากทุกปัจจัยจากการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย ภาพรวม มีทั้งหมด 7 องค์ประกอบประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 ด้านการพัฒนากระบวนการผลิตสินค้ามี 11 ตัวแปร องค์ประกอบที่ 2 ด้านนโยบายการสนับสนุนของบริษัทมี 11 ตัวแปร องค์ประกอบที่ 3 ด้านนโยบายการสนับสนุนจากภาครัฐมี 8 ตัวแปร องค์ประกอบที่4 ด้านการฝึกอบรมพัฒนาทักษะบุคลากรมี 11 ตัวแปร องค์ประกอบที่ 5 ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีมี 6 ตัวแปรองค์ประกอบที่ 6 ด้านคุณภาพของวัตถุดิบมี 5 ตัวแปรและองค์ประกอบที่ 7 ด้านความต้องการพัฒนาสินค้ามี 4 ตัวแปรการดำเนินงานเพื่อที่จะพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย ต้องพิจารณาดำเนินการทั้งระบบโดยปัจจัยหลักคือ การพัฒนากระบวนการผลิตซึ่งจะต้องได้รับการสนับสนุนจากภายในก่อน คือ การมีนโยบายสนับสนุนจากบริษัท และการสนับสนุนจากภายนอกคือนโยบายจากภาครัฐ ทั้งนี้เพื่อที่บริษัทจะสามารถขับเคลื่อนเพื่อพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : นวัตกรรม การพัฒนาศักยภาพ

Abstract

The study aims to investigate factors that affect Thailand industrial sectors' potential development and innovation. The samples were automotive industrial sector, electrical and electronics industrial sector, textile and garment industrial sector, and food industrial sector. Systematic Random Sampling was used to select the samples. The samples included 370 companies. The research instrument was a 5-point rating scale questionnaire. The data were analyzed for their descriptive analysis and factor analysis with the statistic program. The results revealed that the factors that affected the potential development and innovation of Thailand industrial sectors the most was the production process development. The second effective factor was the marketing.

From the factor analysis, there were 7 factors that affected the potential development and innovation of Thailand industrial sectors. Those were; 1) production process development consisting of 11 indicators; 2) company's supporting policy consisting of 11 indicators; 3) government's supporting policy consisting of 8 indicators; 4) personnel development consisting of 11 indicators; 5) technology transfer consisting of 6 indicators; 6) material quality consisting of 5 indicators; and 7) need for product development consisting of 4 indicators. In addition, the results also revealed that operation that aimed to develop potential and innovation of Thailand industrial sectors needed to operate the whole system. The main focus should be on production process development which needed to have all supports from inside and outside. The inside referred to the company's own policy while the outside referred to the government supporting policy. With this way, the industrial companies could be able to continuously develop their potential and innovation.

Keywords:Innovation, the potential development

1. บทนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านสินค้าและด้านบริการทำให้องค์กรต่าง ๆต้องมีการปรับกลยุทธ์อย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะสามารถรักษาศักยภาพการแข่งขัน (Competitive Advantage) ผู้บริหารขององค์กรที่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาองค์กรไปสู่การเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมเพื่อนำความรู้และแนวคิดใหม่มาสร้างสรรค์และปรับใช้ในการพัฒนาสินค้าและบริการซึ่งนวัตกรรมไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะการพัฒนาสินค้าใหม่ๆเท่านั้นแต่รวมไปถึงการให้บริการใหม่และกระบวนการขั้นตอนการบริหารจัดการแบบสร้างสรรค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์กรแห่งนวัตกรรมมีความสำคัญมากขึ้นเป็นลำดับในปัจจุบันผู้บริหารองค์กรพยายามที่จะปรับองค์กรของตนให้เป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมโดยใช้กลยุทธ์ต่างๆเพื่อความได้เปรียบในการแข่งขันในปัจจุบันแม้ว่าจะมีผู้กล่าวถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศแต่ก็ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดถึงปัจจัยและลำดับความสำคัญที่ส่งผลต่อการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรม

ดังนั้นข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการบริหารจัดการเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากเพื่อให้ธุรกิจสามารถแข่งขันกับคู่ต่อสู้ได้โดยเฉพาะการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง หากการตัดสินใจมีการหาข้อมูลและได้ข้อมูลที่ดีในการตัดสินใจ โอกาสของความผิดพลาดเกิดขึ้นได้น้อยโดยเฉพาะข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมเพื่อที่จะคงอยู่และสามารถแข่งขันกับคู่แข่งขันได้ ในทางตรงกันข้ามหากผู้ที่จะตัดสินใจละเลยการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจแล้ว โอกาสของความผิดพลาดก็ย่อมเกิดขึ้นได้มาก

ผู้ประกอบการธุรกิจ มีความต้องการผลกำไรสูงสุด ถือว่าเป็นจุดมุ่งหมายหลักที่ผู้ประกอบการต้องการมากที่สุด แหล่งข้อมูลทางธุรกิจจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินธุรกิจทั้งในด้านการผลิต การจำหน่าย การเงิน และการจัดการ การมีข้อมูลทางธุรกิจที่เพียงพอ ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจ การวางแผนและการกำหนดยุทธวิธีในการประกอบการให้เป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำเหนือกว่าคู่แข่งขันตลอดจนการพัฒนานวัตกรรมของตนเองเพื่อสามารถสู้กับคู่แข่งขันจากต่างชาติทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการวิจัย เรื่องการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย เพื่อที่ค้นหาถึงปัจจัยที่นำไปสู่การพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทยต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1ได้รับรู้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย

3.2สามารถนำเสนอความคิดเห็นและความต้องการนั้น สู่สาธารณะ ให้ได้รับรู้อย่างเป็นระบบและรูปธรรม

3.3สามารถใช้เป็นฐานในการพัฒนาองค์ความรู้ที่จำเป็นเสนอเป็นการบริการวิชาการได้

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จุดกำเนิดนวัตกรรมในธุรกิจมาจาก 2 แหล่งหลักด้วยกันคือ[1]แหล่งแรกการคิดค้นภายในองค์กรแหล่งที่มาเบื้องต้นของแนวคิดใหม่ในสินค้าและบริการโดยองค์กรมักจัดตั้งหน่วยงานวิจัยและพัฒนา (Research & Development-R&D) ขึ้นภายในองค์กร และจัดหาผู้ที่มี ความสามารถในการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ซึ่งอาจเป็นการพัฒนาสินค้าและบริการใหม่นำไปสู่ “มูลค่าเพิ่มในสินค้าและบริการ” ขององค์กร จะเห็นได้ว่า การเกิดนวัตกรรมที่มีคุณค่าอย่างต่อเนื่องนั้นโดยทั่วไปมักมาจากการกระตุ้นนวัตกรรม โดยการใช้วัฒนธรรมองค์กรเป็นกลไกผลักดันให้บุคลากรทั้งหมดขององค์กรตื่นตัวสร้างความแปลกใหม่และความคิดสร้างสรรค์ต่างๆ

แหล่งที่สอง การแลกเปลี่ยน เรียนรู้และรับนวัตกรรมจากภายนอก หรือนวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation) ไม่จำเป็นว่าแนวคิดที่ดีจะต้องมาจากบุคลากรภายในกิจการแต่เพียงอย่างเดียว โดยลักษณะคือ เปิดรับแนวคิดใหม่จากภายนอก จะทำให้แนวคิดใหม่ๆ เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และหลากหลายกว่า รวมถึงอาจจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการพัฒนาเองทั้งหมด เนื่องจากบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน อาจจะกระจัดกระจายกันอยู่ในองค์กรต่างๆ เช่น การจัดจ้างภายนอก (Outsourcing) เลือกจ้างหน่วยงานภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญมากกว่าหรืออาจจะร่วมมือในเชิงพันธมิตรกับหน่วยงานที่มีความพร้อมและบุคลากรในการสร้างสรรค์ความคิดใหม่ๆ

นวัตกรรมเป็นตัวแปรที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงองค์กรด้านต่างๆ ในเชิงธุรกิจ ได้แก่ ความอยู่รอด การเจริญเติบโต การสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน การสร้างโอกาสทางธุรกิจใหม่และสมรรถนะหลักซึ่งนวัตกรรมไม่ใช่แค่การพัฒนาสินค้าใหม่เท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับการลดต้นทุน การแสวงหาแนวทางการตอบสนองความต้องการของตลาด การยกระดับคุณภาพชีวิตและการสร้างคุณภาพเพิ่มประเภทของนวัตกรรมนวัตกรรมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ

นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) คือผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตขึ้นในเชิงพาณิชย์ที่ได้ปรับปรุงให้ดีขึ้น หรือ เป็นสิ่งใหม่ ในตลาด นวัตกรรมนี้อาจจะเป็นของใหม่ ต่อโลก ต่อประเทศ องค์กรหรือแม้แต่ตัวเราเอง

นวัตกรรมในขบวนการผลิตหรือการดำเนินงาน (Process Innovation) เป็นการเปลี่ยนแนวทางหรือวิธีการผลิตสินค้าหรือการให้บริการในรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากเดิม

นวัตกรรมทางธุรกิจ (Business Innovation) นวัตกรรมทางธุรกิจเพื่อความยั่งยืน การที่ธุรกิจจะประสบความสำเร็จและ ยั่งยืนได้ ธุรกิจต้องค้นหา" นวัตกรรมธุรกิจ" ออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง นวัตกรรมมิใช่เพียงแค่ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดใหม่ๆแต่ต้องเป็น ความคิดใหม่ๆที่สามารถขายได้ หรือการทำให้ความคิดใหม่ๆ มีมูลค่าเชิงพาณิชย์ แหล่งที่สำคัญที่สุดของการเกิดนวัตกรรม อยู่ที่ "ลูกค้าหรือตลาดการแข่งขัน" เพราะจะแสดงถึงความต้องการของผู้บริโภค

ปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรม[2]จากการทบทวนทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมสามารถแบ่งออกเป็น

• โครงสร้างองค์กร (Structure) – องค์กรที่จะเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมได้ควรมีลักษณะโครงสร้างเป็น Organic Structure กล่าวคือเป็นองค์กรที่มีความยืดหยุ่น (Flexibility)ไม่ยึดติดกับขั้นตอนเดิมๆหรือมีกฎเกณฑ์มากเกินไปมีการปรับตัวหรือการบริหารงานได้ตามสภาพแวดล้อมหรือภาวะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนไปมีการกระจายอำนาจในการบริหาร(Decentralization) อำนาจในการตัดสินใจโดยที่ไม่ยึดติดกับผู้บังคับบัญชาเป็นหลักพนักงานมีส่วนร่วมในการตัดสินใจมีการสื่อสารกันได้ในทุกระดับระหว่างสายการบังคับบัญชาและไม่ต้องมีรูปแบบที่เป็นทางการ(Horizontal Communication) และสิ่งที่สำคัญคือมีการทำงานร่วมกันในแต่ละแผนกโดยไม่ยึดติดเฉพาะงานที่ได้รับมอบหมาย(Teamwork) รวมทั้งต้องทำให้พนักงานทุกคนรู้สึกว่าสำคัญและมีคุณค่าโดยได้มีการยกตัวอย่างองค์กรที่ประสบความสำเร็จเช่น General Electric, 3M, Google เป็นต้น

• ขนาดขององค์กร (Size) ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างขนาดขององค์กรกับการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรม เนื่องจากมีความคิดเห็นที่แบ่งเป็น 3ฝ่ายโดยมีงานวิจัยหลายชิ้นที่สรุปว่าองค์กรขนาดใหญ่มีความได้เปรียบเหนือกว่าองค์กรขนาดเล็กในเรื่องของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรัพยากรทั้งในด้านของเงินทุนสนับสนุน (Financial Resources)โดยเน้นไปที่ความได้เปรียบในเรื่องของ R&D Expenditureและ Marketing and Promotion การสนับสนุนด้านเทคโนโลยีต่างๆ (Technological Resources) ด้านของการพัฒนาบุคลากรและการมีพนักงานที่มีประสิทธิภาพ (HR Development) การมีผู้ชำนาญการ (Specialist) ที่มากกว่าซึ่งส่งผลดีต่อการสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ๆ ในทางตรงกันข้ามมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่กล่าวว่าองค์กรขนาดเล็กมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าองค์กรขนาดใหญ่โดเฉพาะในด้านของการบริหารและลักษณะภายในองค์กรที่มีความยืดหยุ่นมากกว่ามีความใกล้ชิดลูกค้ามากกว่ามีการแบ่งชั้นของการบริหารที่น้อยกว่า(Low Hierarchies) ในขณะที่มีงานวิจัยหลายชิ้นที่กล่าวว่าขนาดขององค์กรไม่มีผลโดยตรงต่อการเกิดนวัตกรรมโดยให้ความสำคัญไปที่ความเอาใจใส่ในการพัฒนานวัตกรรมของผู้บริหารองค์กร (Level of Concentration) และรวมไปถึงCycle) ภาวะตลาดและนโยบายภาครัฐ

• แหล่งที่มาของนวัตกรรม (Sources of Innovation) องค์กรแห่งนวัตกรรมต้องมีการค้นหาแนวคิดใหม่ๆอยู่ตลอดโดยจุดกำเนิดเริ่มมาจากแนวความคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆของคนโดยแตกต่างกันตามแหล่งที่มาของความคิดเช่นจากตัวบุคคลเอง (Individuals) จากภายในองค์กร (Corporate Undertaking) การพัฒนานวัตกรรมจากห้องทดลอง (R&D Lab) จากความต้องการของลูกค้า(Customers and Lead Users) จากกลุ่มบุคคลภายนอกองค์กร (Outsiders and Spillovers) และรวมไปถึงการปรับเปลี่ยนกระบวนการใหม่ๆ (New Process Change)นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่สรุปว่าการทำงานร่วมกันระหว่างองค์กรก็เป็นแหล่งที่มาที่สำคัญของนวัตกรรม (Inter-Organizational Relationship) ทั้งในรูปแบบของ Inter-Organizational Network, Joint Venture, Merge and Acquisition และยังมีงานวิจัยที่กล่าวว่าแหล่งที่มาของนวัตกรรมอาจเกิดจากความไม่ตั้งใจขึ้นได้ (Accidents)เช่นการค้นพบยา Penicillin

• กระบวนการในการพัฒนานวัตกรรม(Process of Innovation) กระบวนการทำงานต้องมีความยืดหยุ่นสามารถที่จะปรับตามเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้มีการทำงานร่วมกันระหว่างแผนกในแต่ละขั้นตอนโดยร่วมกันพัฒนานวัตกรรมและมีการคัดกรองแนวความคิดใหม่ๆก่อนที่จะนำออกสู่ตลาด

• การบริหารจัดการบุคลากร (Human Resource Management) การจัดการต้นทุนมนุษย์ (Human Capital)ถือเป็นปัจจัยสำคัญของการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมทั้งในด้านของพนักงาน (Employee) ที่ต้องมีการคิดค้นหรือพัฒนาแนวคิดใหม่ๆอยู่ตลอดเวลาด้านของผู้บริหาร (Top Management) ที่ต้องสื่อสารถึงจุดมุ่งหมายขององค์กรต่อพนักงานให้เข้าใจตรงกันรวมทั้งให้การสนับสนุนในทุกๆด้านแก่พนักงานเช่นการให้อิสระทางความคิดการสนับสนุนทรัพยากรต่างๆที่จำเป็นและการสร้างบรรยากาศในองค์กรที่สนับสนุนการคิดสรรค์ด้าน Human Resource Management ต้องให้การสนับสนุนในด้านการพัฒนาบุคลากรภายในองค์กรและต้องมีการสร้างแรงจูงใจในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ

• การทำงานร่วมกันในทุกแผนก (Collaboration) องค์กรแห่งนวัตกรรมต้องมีการรวบรวมองค์ความรู้และความสามารถจากพนักงานในทุกแผนกขององค์กรมาทำงานร่วมกันเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนทรัพยากรและองค์ความรู้นอกจากการทำงานร่วมกันภายในองค์กรแล้วยังกล่าวถึงการทำงานร่วมกันระหว่างองค์กรทั้ง Joint Ventures and Strategic Alliances ที่มีโอกาสประสบความสำเร็จมากกว่าและสามารถลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้น

• การสื่อสารกันระหว่างบุคลากร (Communication) องค์กรแห่งนวัตกรรมควรมีการสื่อสารแบบ Informal Communication ซึ่งพบได้ในองค์กรที่มีโครงสร้างแบบ Organic Structure เนื่องจากมีข้อได้เปรียบในงานที่ต้องมีการสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ๆสามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่อยู่นอกเหนือแผนงานได้

• องค์ความรู้ (Knowledge) องค์กรแห่งนวัตกรรมต้องสามารถแปลงข้อมูลพื้นฐานให้กลายเป็นองค์ความรู้ขององค์กรได้ซึ่งถือเป็นปัจจัยพื้นฐานในการพัฒนาแนวคิดใหม่ๆรวมทั้งต้องมีการนำองค์ความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ให้กับบุคลากรในองค์กรเพื่อนำไปสู่องค์กรแห่งการเรียนรู้ (Learning Organization)

• เทคโนโลยี (Technology) เทคโนโลยีนับเป็นปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนองค์กรโดยเน้นที่ความสามารถในการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่องค์กรเช่นการประหยัดเวลาและสถานที่การเข้าถึงลูกค้าได้โดยตรงและสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็วการรับข้อมูลข่าวสารที่ทันต่อเหตุการณ์ในยุคโลกาภิวัตน์

• วัฒนธรรมองค์กร (Culture) ความสำเร็จหรือความล้มเหลวของทีมงานขึ้นกับสภาพแวดล้อมและบรรยากาศในองค์กรเป็นสำคัญเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ต่างกันส่งผลต่อประสบการณ์ความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาที่ต่างกันโดยบรรยากาศในองค์กรแห่งนวัตกรรมต้องสนับสนุนให้พนักงานในองค์กรมีการสร้างสรรค์แนวความคิดใหม่ๆและส่งเสริมต่อการสร้างนวัตกรรมมีงานวิจัยจำนวนมากที่สรุปถึงลักษณะของวัฒนธรรมองค์กรที่สนับสนุนการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมเช่นการยอมรับฟังความคิดเห็นและข้อติชม (Openness) การโต้เถียงกันอย่างมีเหตุผล (Debate)กล้าที่จะยอมรับความเสี่ยง (Risk Taking) การมีอิสระทางความคิด (Freedom) การร่วมมือกันของทุกคนภายในทีม(Teamwork)

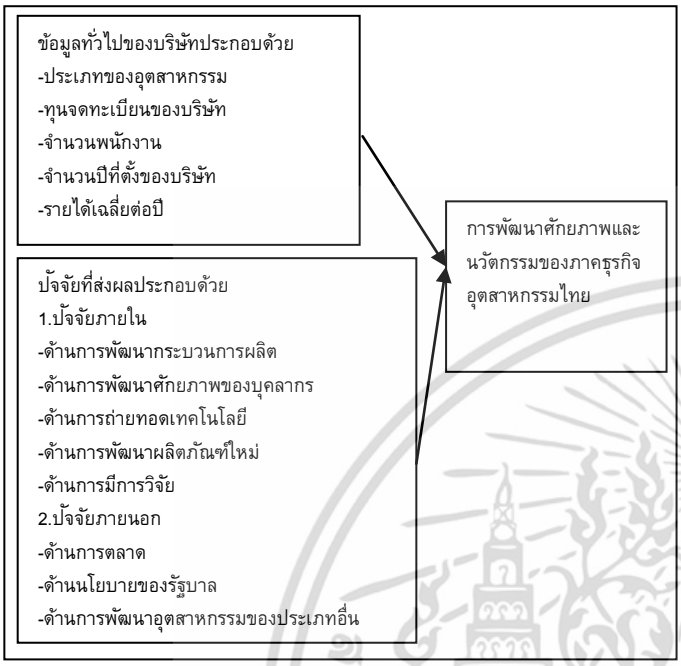
• การตลาด เพื่อการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย (New Market Access) จากแนวโน้มการรวมประเทศต่างๆของโลกในบริบทใหม่ที่จะเกิดขึ้นนั้น ส่งผลให้ประเทศต่างๆมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมให้เหมาะสมกับกระแสการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น รวมถึงประเทศเกิดใหม่ที่มีแนวโน้มเพิ่มจำนวนขึ้น จึงเป็นโอกาสอันดีในการสร้างตลาดใหม่ โดยการเข้าถึงตลาดเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยความรวดเร็ว ภาพลักษณ์ในการสร้างตลาด รวมไปถึงช่องทางในการกระจายสินค้า ทั้งนี้เพื่อการสร้างฐานการแข่งขันของอุตสาหกรรมให้มีความเติบโตมากยิ่งขึ้น

• นโยบายของรัฐ ภาครัฐมีนโยบายที่จะเร่งส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรมของอุตสาหกรรมไทยโดยการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาช่วยอยู่แล้ว ทว่า การดำเนินการดังกล่าวยังขาดการเชื่อมโยงกับภาคอุตสาหกรรมเอกชน ไม่ว่าจะเป็นการคิดโจทย์งานวิจัย ตลอดจนสิทธิประโยชน์ต่างๆ เพื่อสนับสนุน ส่งเสริมการทำงานของภาคเอกชน ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมที่ตรงตามความต้องการของภาคเอกชนอย่างแท้จริง นอกจากนี้ หากสามารถเน้นการส่งเสริมสนับสนุนอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีศักยภาพและมีความได้เปรียบอยู่แล้ว ก็จะสามารถต่อยอดระดับของการพัฒนาที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจในวงกว้างได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ (government procurement) ก็มีส่วนสำคัญอย่างมากในการรองรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมของภาคเอกชน

• การพัฒนาอุตสาหกรรมของประเภทอื่นการพัฒนาอุตสาหกรรมประเภทอื่นในภาพรวม จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิสัยทัศน์ในการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรม โดยต้องมีการเตรียมพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อมโลกที่จะเกิดขึ้น เพื่อยกระดับศักยภาพของอุตสาหกรรมไทย และนำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศในอนาคตได้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

5. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มเป้าหมาย คือ
5.1กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จำนวน 1,809 ราย[3]
5.2 กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 2,017 ราย[4]
5.3กลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม จำนวน 246 ราย[5]
5.4 กลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร จำนวน 435 ราย[6]

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย โดยเลือก 4 กลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าว เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมหลักและมียอดการผลิตส่วนใหญ่ของประเทศและมีการใช้แรงงานเป็นจำนวนมากซึ่งแรงงานมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรม

6. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการสุ่มประชากรตรงตามลักษณะที่กำหนดจะศึกษาโดยใช้วิธีการสุ่มประชากรแบบระบบ (systematic sampling) โดยเป็นการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มๆตามลักษณะทางภูมิศาสตร์หรือตามพื้นที่ โดยกำหนดสัดส่วนความน่าจะเป็นต่อขนาดของตัวอย่าง วิธีสุ่มตัวอย่างและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้เท่ากับ 367.39 คณะผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 370 บริษัท คิดเป็นสัดส่วน 8.21 %ของจำนวนประชากร โดยที่จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 370 บริษัท จะต้องครอบคลุมกลุ่มอุตสาหกรรมทั้ง 4 กลุ่ม

7.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทจำนวน 12 ข้อ
ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย
ปัจจัยภายใน
ด้านการพัฒนากระบวนการผลิตจำนวน 10 ข้อ
ด้านการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรจำนวน 10 ข้อ
ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำนวน 6 ข้อ
ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จำนวน 3 ข้อ
ด้านการมีการวิจัย จำนวน 10 ข้อ
ปัจจัยภายนอก
ด้านการตลาดจำนวน 5 ข้อ
ด้านนโยบายของรัฐบาลจำนวน 7 ข้อ
ด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเภทอื่น จำนวน 3 ข้อ
ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

8.การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

8.1 การประมวลผลข้อมูลโดยแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสและแปลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
8.2 วิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย

9.สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

9.1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน
9.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

10.ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูล		Frequency	Percent
ประเภทอุตสาหกรรม	ยานยนต์	96	46.6
	เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	47	22.8
	อาหาร	46	22.3
	สิ่งทอ	17	8.3
ทุนจดทะเบียนบริษัท	ไม่เกิน 100 คน	42	20.4
	101-500 คน	74	35.9
	501-1000 คน	40	19.4
	1001 คนขึ้นไป	50	24.3
จำนวนปีที่ตั้งบริษัท	ไม่เกิน 10 ปี	54	26.2
	11-20 ปี	54	26.2
	21-30 ปี	48	23.3
	31 ปีขึ้นไป	50	24.3
รายได้เฉลี่ยต่อปี (ประมาณการ)	ไม่เกิน 100 ล้านบาท	45	21.8
	101-500 ล้านบาท	53	25.7
	501-1000 ล้านบาท	46	22.3
	1001 ล้านบาทขึ้นไป	62	30.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2จำนวนองค์ประกอบค่าไอเกนร้อยละของความแปรปรวนร้อยละของความแปรปรวนสะสม

องค์ประกอบที่	ค่าไอเกน(Eigen Value)	ร้อยละของความแปรปรวน	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม
1	9.223	16.470	16.470
2	7.268	12.979	29.449
3	6.415	11.456	40.906
4	5.568	9.943	50.848
5	5.476	9.778	60.626
6	4.570	8.161	68.787
7	3.747	6.691	75.478

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่มีค่าไอเกน (Eigenvalue) (ค่าไอเกน หมายถึงค่าความผันแปรของตัวแปรทั้งหมดในแต่ละองค์ประกอบ) มากกว่า 1 ซึ่งมีทั้งหมด7องค์ประกอบโดยทั้ง7 องค์ประกอบสามารถอธิบายความแปรปรวนสะสมได้ร้อยละ75.478ของความแปรปรวนทั้งหมด

การวิเคราะห์องค์ประกอบของการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทยภาพรวม มีทั้งหมด7 องค์ประกอบโดยเรียงลำดับจากองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

องค์ประกอบที่1 ด้านการพัฒนากระบวนการผลิตสินค้ามี 11ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรบริษัทของท่านต้องการพัฒนากระบวนการผลิตสินค้าให้มีต้นทุนต่ำที่สุดเพื่อแข่งขันในตลาดได้บริษัทของท่านต้องการพัฒนาระบบข้อมูลเพื่อใช้กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดบริษัทของท่านต้องการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อคุณภาพของสินค้าที่สามารถแข่งขันในตลาดได้บริษัทของท่านต้องการพัฒนารูปแบบของสินค้าเพื่อสามารถแข่งขันในตลาดได้บริษัทของท่านต้องการพัฒนาการบริการกับลูกค้าเพื่อสามารถแข่งขันในตลาดได้บริษัทของท่านต้องการพัฒนากระบวนการผลิตสินค้าเพื่อสามารถแข่งขันในตลาดได้บริษัทของท่านต้องการพัฒนาการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดบริษัทของท่านต้องการพัฒนาการใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดบริษัทของท่านต้องการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้บริษัทของท่านต้องการพัฒนาการใช้แรงงานที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .560ถึง .730มีค่าไอเกนเท่ากับ9.223

องค์ประกอบที่ 2 ด้านนโยบายการสนับสนุนของบริษัทมี11 ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องได้รับการสนับสนุนเวลาในการวิจัยการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องได้รับการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีจากบริษัทการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของบริษัทการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องได้รับการสนับสนุนงบประมาณที่เพียงพอบริษัทของท่านต้องการพัฒนาการวิจัยเพื่อการเจริญเติบโตของบริษัทการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องการข้อมูลที่ดีในการวิจัยการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องสถานที่เพื่อใช้ในการวิจัยบริษัทของท่านต้องการพัฒนาการวิจัยเพื่อความอยู่รอดของบริษัทการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องการอุปกรณ์เครื่องมือเฉพาะทางการวิจัยและพัฒนาบริษัทต้องการบุคลากรที่มีความสามารถสูงบริษัทในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องมีการพัฒนาทำให้บริษัทท่านจำเป็นต้องพัฒนามีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .456ถึง .775มีค่าไอเกนเท่ากับ7.268

องค์ประกอบที่3 ด้านนโยบายการสนับสนุนจากภาครัฐมี 8ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรภาครัฐควรมีนโยบายสนับสนุนให้ภาคการศึกษามีส่วนช่วยพัฒนาภาคอุตสาหกรรมภาครัฐควรให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางด้านการเงินภาคอุตสาหกรรมภาครัฐควรมีการสนับสนุนในการสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันศึกษากับภาคอุตสาหกรรมเพื่อผลิตบุคลากรที่มีคุณภาพตามที่ต้องการของอุตสาหกรรมภาครัฐควรให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางด้านเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรมภาครัฐควรจะให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการทำวิจัยและพัฒนาภาคอุตสาหกรรมภาครัฐควรมีการสนับสนุนในการสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันเฉพาะทางกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อผลิตบุคลากรที่มีคุณภาพตามที่ต้องการของอุตสาหกรรมภาครัฐควรมีการสนับสนุนในการสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันฝึกอบรมกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อผลิตบุคลากรที่มีคุณภาพตามที่ต้องการของอุตสาหกรรมบริษัทในอุตสาหกรรมเดียวกันมีการพัฒนาทำให้บริษัทท่านจำเป็นต้องพัฒนามีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .408ถึง .765 มีค่าไอเกนเท่ากับ6.415

องค์ประกอบที่4 ด้านการฝึกอบรมพัฒนาทักษะบุคลากรมี 11 ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรบริษัทของท่านต้องการพัฒนาทักษะด้านภาษาต่างประเทศให้กับบุคลากรบริษัทของท่านต้องการหลักสูตรรองรับทุกตำแหน่งงานเพื่อพัฒนาบุคลากรตามแผนงานบริษัทของท่านต้องการพัฒนาทักษะการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเพื่อแก้ไขเฉพาะหน้าเบื้องต้นบริษัทของท่านต้องการงบประมาณสนับสนุนอย่างเพียงพอเพื่อพัฒนาบุคลากรตามแผนงานบริษัทของท่านต้องการพัฒนาบุคลากรโดยส่งพนักงานไปดูงานภายนอกประเทศบริษัทของท่านต้องการพัฒนาให้พนักงานมีทักษะการบริหารงานเพื่อความก้าวหน้าในอาชีพการงานบริษัทของท่านต้องการพัฒนาให้พนักงานมีความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพบริษัทของท่านต้องการพัฒนาทักษะการออกแบบรูปแบบการปฏิบัติงานของบุคลากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิตบริษัทของท่านต้องการพัฒนาให้พนักงานมีเจตคติที่ดีในการปฏิบัติงานบริษัทของท่านต้องการพัฒนาบุคลากรให้มีความชำนาญด้านการตรวจสอบชิ้นงานของการผลิตบริษัทของท่านต้องการพัฒนาทักษะการออกแบบชิ้นงานของบุคลากรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิตมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .506ถึง .644 มีค่าไอเกนเท่ากับ5.568

องค์ประกอบที่ 5 ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีมี 6ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรบริษัทของท่านต้องการให้บริษัทญี่ปุ่นที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ต้องมีการร่วมทุนกันบริษัทท่านต้องการให้บริษัทญี่ปุ่นที่มาลงทุนมีหน้าที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้บริษัทท่านต้องการให้บริษัทญี่ปุ่นถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เท่าเทียมกันกับบริษัทญี่ปุ่นบริษัทของท่านต้องการให้บริษัทญี่ปุ่นที่มาลงทุนในประเทศไทยถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ท่านต้องการให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีจะต้องไม่มีอุปสรรคทางด้านความต่างของวัฒนธรรมบริษัทของท่านต้องการนำเทคโนโลยีจากต่างประเทศมาช่วยในการพัฒนาบริษัทมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .465 ถึง .807มีค่าไอเกนเท่ากับ 5.476

องค์ประกอบที่ 6 ด้านคุณภาพของวัตถุดิบมี 5 ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรบริษัทของท่านต้องการพัฒนาการหาแหล่งวัตถุดิบราคาถูกลูกค้ามีความต้องการซื้อสินค้าที่มีราคาถูกทำให้บริษัทต้องพัฒนาศักยภาพของบริษัทบริษัทของท่านต้องการพัฒนาการหาแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพลูกค้ามีความต้องการซื้อสินค้าที่มีคุณภาพทำให้บริษัทต้องพัฒนาศักยภาพของบริษัทบริษัทของท่านต้องการพัฒนาการหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ๆมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .590 ถึง .727มีค่าไอเกนเท่ากับ 4.570

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่ 7 ด้านพัฒนาสินค้ามี 4ตัวแปร

ประกอบด้วยตัวแปรบริษัทของท่านต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เดิมให้มีความแปลกใหม่มากขึ้นบริษัทของท่านต้องการพัฒนาดัดแปลงผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งขันเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัทบริษัทของท่านต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่เคยมีในตลาดมีความร่วมมือของกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกับท่านทำให้บริษัทต้องมีการพัฒนามีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .407 ถึง .829มีค่าไอเกนเท่ากับ 3.747

11.สรุปภาพรวม

การวิเคราะห์ภาพรวมของปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพและนวัตกรรมของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมไทย พบว่า ปัจจัยของภาพรวมส่งผลอยู่ในระดับมาก โดยด้านการพัฒนากระบวนการผลิตเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เมื่อพิจารณาเป็นรายอุตสาหกรรม พบว่า อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมอาหาร ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการพัฒนากระบวนการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นอุตสาหกรรมที่ มีการพัฒนาระบบการผลิตอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว และเน้นการลดต้นทุนจากกระบวนการผลิต ฉะนั้นการพัฒนานวัตกรรมในอุตสาหกรรมทั้งสามควรมีส่วนในการลดต้นทุนในการบวนการผลิต ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ คือ ด้านการพัฒนาศักยภาพของบุคลากร ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ยังต้องใช้แรงงานมนุษย์ ซึ่งการต้องใช้ทักษะ ฝีมือตลอดจนความเชี่ยวชาญจากประสบการณ์มากว่าอุตสาหกรรมอื่น ซึ่งสอดคล้องกับเรื่อง นวัตกรรมทางการตลาดด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องไทย[8]พบว่าธุรกิจได้ให้ความสำคัญทางด้านนวัตกรรมทางการตลาดด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่อยู่ในระดับมาก เพราะว่าธุรกิจได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งการพัฒนาจะต้องตอบสนองต่อกลุ่มลูกค้าเป็นสำคัญและยังต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบได้ 7 องค์ประกอบ ซึ่งทั้ง 7 องค์ประกอบเป็นองค์ปะกอบที่ส่งผลที่จะให้บริษัทสามารถมีนวัตกรรมใหม่เกิดขึ้นได้ นั่นคือ บริษัทต้องการนวัตกรรมในการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อที่จะลดต้นทุน สามารถแข่งขันกับตลาดได้ ทั้งนี้ต้องได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากบริษัททั้งงบประมาณ เวลา เครื่องมือต่างๆ บริษัทต่าง ๆมีความต้องการให้หน่วยงานของรัฐมีการสนับสนุนเพื่อที่จะสามารถพัฒนานวัตกรรมได้ ซึ่งสอดคล้องกับเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างนวัตกรรมทางการตลาดกับความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจสินค้าเกษตรส่งออกในประเทศไทย[9]พบว่า ผู้ประกอบการธุรกิจในประเทศไทยควรให้ความสำคัญและมีการศึกษาถึงการสร้างนวัตกรรมทุกด้าน คือ ความสามารถหลักทางเทคโนโลยีด้านความต้องการของลูกค้าด้านการวิจัยค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และด้านการจัดการที่เป็นเลิศเพื่อให้สามารถเข้าถึงความคาดหวังในตัวสินค้าและบริการของลูกค้าเป็นผู้นำในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ๆออกสู่ตลาดได้ทำให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขันกับธุรกิจอื่นๆในอุตสาหกรรมเดียวกันได้สอดคล้องกับเรื่องรูปแบบปัจจัยการมุ่งเน้นการตลาดปัจจัยการมุ่งเน้นการบริการปัจจัยด้านองค์กรและปัจจัยนวัตกรรมการบริการที่ส่งผลต่อผลประกอบการของธุรกิจสปาเพื่อสุขภาพในประเทศไทย[10]พบว่า รูปแบบปัจจัยการจัดการธุรกิจสปาเพื่อสุขภาพสำคัญที่สุดคือปัจจัยการมุ่งเน้นการตลาดรองลงมาได้แก่ปัจจัยการมุ่งเน้นการบริการปัจจัยด้านองค์กรและปัจจัยนวัตกรรมการบริการตามลำดับและส่งผลต่อผลประกอบการคือยอดขายมากที่สุดรองลงมาคือผลกำไรลูกค้าและภาพลักษณ์คุณภาพการบริการตามลำดับ

12.ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

12.1 งานวิจัยครั้งนี้กลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เป็นตัวอย่างยังไม่ครอบคลุมทุกอุตสาหกรรม ควรที่จะศึกษาอุตสาหกรรมที่ไม่ได้ศึกษาในครั้งนี้

12.2 งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการสำรวจในภาพรวมและรายด้าน เพื่อที่จะได้ข้อมูลเชิงลึกควรมีการเก็บข้อมูลในประเด็นที่เฉพาะเจาะจงในด้านที่ส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมมากๆ เช่นการพัฒนากระบวนการผลิต การพัฒนาศักยภาพของพนักงาน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์งบประมาณจากสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณสถานประกอบการอุตสาหกรรมที่ได้กรุณาให้ข้อมูลในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ ตลอดจนความร่วมมือเป็นอย่างดีของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ดนัย เทียนพุฒ.คิดไทยสไตล์โมเดิร์น : ผู้นำแบบเศรษฐกิจพอเพียง.*กรุงเทพธุรกิจ BIZWEEK*.

[2] นรวัฒน์ชุติวงศ์และดร.ณัฐสิทธิ์เกิดศรี. (2554,เมษายน-มิถุนายน). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อการเป็นองค์กรแห่งนวัตกรรมในประเทศ.*วารสารบริหารธุรกิจ พาณิชยศาสตร์และการบัญชีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*,34(130).

[3] สมาคมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย. (2555). *50 ผู้นำไทยที่ประสบผลสำเร็จอันยิ่งใหญ่ ปี 2553-2554 THAI AUTO 2 MILLION CELEBRATION*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แพรว.

[4] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). *เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิจัยเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม*.กรุงเทพมหานคร: บริษัทวงศ์สว่างพับลิชชิ่งแอนด์พริ้นติ้งจำกัด.

[5] สำนักวิจัยเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). *อนาคตอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย*.กรุงเทพมหานคร: บริษัทวงศ์สว่างพับลิชชิ่งแอนด์พริ้นติ้งจำกัด.

[6] กลุ่มพัฒนาระบบตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า (กตม.)สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช (สมพ.) กรมวิชาการเกษตร. (2555). *รายชื่อสถานประกอบการที่ผ่านการรับรอง*. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

[7] ณรงค์ศักดิ์สุมาลย์โรจน์. (2534).*การประเมินผลโครงการฝึกอบรมหลักสูตรเตรียมผู้อำนวยการประถมศึกษาจังหวัดสถาบันพัฒนาผู้บริหารการศึกษา สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ*.ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. (สำเนา)

[8] ปุณยวีร์สุขรุ่งเรืองสันติ. (2552).*นวัตกรรมทางการตลาดด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องไทย*.วิทยานิพนธ์ ปริญญาดุษฎีบัณฑิต.มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.(สำเนา)

[9] รุ่งนภาเกศา. (2553).*ความสัมพันธ์ระหว่างนวัตกรรมทางการตลาดกับความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจสินค้าเกษตรส่งออกในประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.(สำเนา)

[10] สมรดีสมเลิศ. (2554).*รูปแบบปัจจัยการมุ่งเน้นการตลาดปัจจัยการมุ่งเน้นการบริการปัจจัยด้านองค์กรและปัจจัยนวัตกรรมการบริการที่ส่งผลต่อผลประกอบการของธุรกิจสปาเพื่อสุขภาพในประเทศไทย*.วิทยานิพนธ์ ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.(สำเนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาพฤติกรรมการรับข่าวสารของ Gen-M

THE STUDY OF GEN-M ON CONSUMPTION INFORMATION BEHAVIOR

ทิวา พาร์ค[1], นรมน ฤทัยวาณิชกุล[2]
คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น
[1] tiwa@tni.ac.th
[2] noramon.rue@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคข่าวผ่านสื่อของกลุ่ม Gen-M เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มGen-M ซึ่งเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย ทั้งเพศชายและหญิง มีอายุระหว่าง18 – 24ปี เป็นจำนวน 420 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาด้วยการแจกแจงความถี่ นำมาวิเคราะห์และหาข้อสรุปภายใต้แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้นำมาประกอบในการศึกษาครั้งนี้ จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งเพศชายและเพศหญิง มีการบริโภคข่าวสารที่มาก โดยประเภทข่าวอันดับแรกที่มีความถี่ในการบริโภคมากที่สุดคือ สถานการณ์ปัจจุบัน ส่วนช่องทางที่ใช้ในการบริโภคข่าวสารอันดับแรกคือ เว็บไซต์ ซึ่งเว็บไซต์ที่มีความถี่เข้าชมมากที่สุดคือ Pantip.com นอกจากนี้ อีกหนึ่งช่องทางสำคัญที่คนกลุ่มนี้ใช้ในการรับข่าวสารคือ โทรทัศน์ตามมาด้วยช่องทางไลน์ เครือข่ายสังคมออนไลน์ที่กำลังนิยมอยู่ในขณะนี้ และถ้าหากต้องการสื่อสารให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มGen-M ควรมีการนำเสนอข่าวในรูปแบบที่เนื้อหาสั้นและกระชับ ที่สำคัญเนื้อหาต้องผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว และจะยิ่งน่าสนใจมากขึ้นหากใส่รูปภาพประกอบ

คำสำคัญ: Gen-M , พฤติกรรมการรับข่าว

Abstract

This report is intended to study how the group Gen-M is consuming news and media and what is their behavior. The tools being used are a research, questionnaires and data from the sample. Gen-M is a group of university students, both male and female, between the ages of 18 and 24 year-olds. 420 people's data were analyzed by descriptive statics. The results showed that the both male and female, there is much information consumption. The kind of news, first; who consumed the most is the present situation. The channel used in information consumption first is a website which website with frequency visits most is also another important channel Pantip.com. This group is used to get the news. Television followed by the channel. Social network that is popular at the moment. And if you want to communicate, to meet the needs of the Gen-M should have a presentation in form, content, short and concise. Through the analysis of the important contented. And will even more interesting if put pictures.

1.บทนำ

ในปัจจุบันเป็นยุคสังคมข้อมูลข่าวสาร (Information Society) ซึ่งเป็นสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะข่าวสารซึ่งเป็นสิ่งที่คนในยุคนี้ให้ความสำคัญและให้ความสนใจมาก เพื่อที่จะรับรู้เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อตนเองและคนรอบข้าง ซึ่งจะสอดคล้องกับ [1] คำที่ว่า “ข้อมูลคืออำนาจ” (Information is power) หมายถึงคนที่สามารถนำข้อมูลที่มีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้คนนั้นก็จะมีอำนาจ และได้เปรียบคนอื่นโดยเฉพาะ “ข่าว” ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต่อคนในสังคม เนื่องจากในปัจจุบันโลกได้มีการเปลี่ยนแปลงไปมีการรวมระหว่างสื่อดั้งเดิมและเทคโนโลยีใหม่ๆ จึงเกิดเป็นสื่อใหม่และทำให้พฤติกรรมในการบริโภคข่าวเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทุกคนสามารถมีสื่อเป็นของตัวเองได้ โดยไม่ต้องจ่ายเงินมากเหมือนในอดีตหรืออาจจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเลย สามารถรับข่าวสารได้ทุกเวลาที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับที่ว่า [2] เทคโนโลยีใหม่ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของการบริโภคข่าว ซึ่งเป็นช่องทางในการแลกเปลี่ยนกับสังคมโดยสามารถสร้างเรื่องราวและบอกต่อด้วยตนเองผ่านช่องทางต่างๆ เช่น สื่อออนไลน์ เว็บไซต์ หรือเครือข่ายออนไลน์ บริษัท Nielsen ได้สำรวจเกี่ยวกับสื่อหนังสือพิมพ์ในประเทศไทยปี 2554 พบว่าผู้บริโภคมีการอ่านหนังสือพิมพ์ในหลายลักษณะด้วยกัน โดยอ่านจากหนังสือพิมพ์ที่เป็นสื่อดั้งเดิมและอ่านจากสื่อออนไลน์ หรือบางคนอาจจะอ่านจากทั้งสองสื่อและที่สำคัญผู้อ่านหนังสือพิมพ์ที่เป็นสื่อดั้งเดิมนั้นมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ

ในการเปิดรับสื่อของบุคคลนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะเมื่อคนเราต้องการข้อมูลในการตัดสินใจ หรือเมื่อเกิดความไม่แน่ใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ความต้องการสื่อก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น [3] คนเราจะเลือกเปิดรับสื่อที่ตรงกับความต้องการประสบการณ์ ความเชื่อ ทัศนคติ หรือความสนใจของตนเอง [2] คนเราจะมีพฤติกรรมการเปิดรับข่าวสารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเฉพาะ ปัจจัยต่างๆ และเกณฑ์การเลือกสื่อ เช่น เลือกสื่อที่สามารถจัดหามาได้ (Availability) เช่น คนในต่างจังหวัดมักจะเปิดรับสื่อวิทยุเป็นหลัก เพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก สะดวกต่อการพกพา เลือกสื่อที่ตนสะดวกและนิยม (Convenience Preferences) เช่น บางคนนิยมฟังข่าวทางวิทยุขณะขับรถ บางคนชอบดูโทรทัศน์พร้อมรับประทานอาหาร บางคนชอบอ่านหนังสือในห้องน้ำ หรือบางคนชอบอาจจะชอบให้คนอื่นสรุปข่าวให้ฟัง เป็นต้น เลือกสื่อตามความเคยชิน (Accustomed) คนเราส่วนใหญ่มักมีความเคยชิน ไม่ชอบการเปลี่ยนแปลง ซึ่งผู้ใหญ่อาจจะชอบฟังวิทยุหรือโทรทัศน์เป็นหลัก หรือวัยรุ่นนิยมรับข่าวสารผ่านทางอินเตอร์เน็ตโดยไม่สนใจสื่ออื่นเลย ลักษณะเฉพาะของสื่อ (Characteristic of Media) สื่อต่างๆก็จะมีลักษณะเด่นแตกต่างกันไปทั้งข้อดีและข้อเสีย เช่น หนังสือพิมพ์ ให้รายละเอียดที่มากกว่าสื่ออื่นๆ ราคาถูกและหาได้ง่าย โทรทัศน์ ทำให้เราเห็นภาพชัดเจนเห็นภาพจริงในเหตุการณ์ แต่อาจจะบอกรายละเอียดไม่หมดเพราะมีเวลาจำกัด ส่วนบางคนที่ไม่มีเวลาเลือกที่จะฟังวิทยุ เพื่อความรวดเร็วในการรับข่าวสาร และสามารถทำอย่างอื่นไปด้วยได้ เลือกสื่อที่สอดคล้องกับตน (Consistency) ผู้รับสารจะเลือกสื่อที่สอดคล้องกับความรู้ค่านิยมความเชื่อและทัศนคติของตนเลือกตามการเลือกสรร (Selective Process) แต่ละคนจะมีประสบการณ์ทัศนคติความเชื่อและความต้องการที่ต่างกันไป ทำให้การเลือกรับข่าวสารนั้นแตกต่างกันไปด้วย ถึงแม้ว่าคนเรานั้นจะมีความต้องการวัตถุประสงค์ในการเปิดรับสื่อและพฤติกรรมการเปิดรับสื่อที่แตกต่างกัน [4] ในปัจจุบันเข้าสู่ยุคดิจิทัลทำให้มีพฤติกรรมการเปิดรับข่าวสารผ่านสื่อต่างๆ โดยให้ความสำคัญกับสื่อออนไลน์มากขึ้นโดยใช้สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตซึ่งมีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน

ณ ปัจจุบัน นักการตลาดให้ความสำคัญกับ Gen-M (Millennial Generation) [5] จากผลสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่ามีประมาณ 9 ล้านคน มีอายุระหว่าง 18 - 24 ปีแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มที่เริ่มทำงาน (อายุงานไม่เกิน4ปี) เป็น Generation ที่ตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการอย่างรวดเร็ว สำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าการอ่านหนังสือของประชากรปี 2551 มีผู้อ่านหนังสือพิมพ์ประมาณ 28.4 ล้านคนโดยวัยรุ่นและวัยทำงานมีอัตราใกล้เคียงกัน 57% และ 56% รองลงมาคือวัยสูงอายุ 25% และวัยเด็ก19% โดยประเภทเนื้อหาที่ชอบอ่านมากที่สุดคือข่าว 89% ดังนั้นจากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเห็นแนวทางที่น่าสนใจเกี่ยวกับการบริโภคข่าวของกลุ่มวัยรุ่นซึ่งเป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา “พฤติกรรมการรับข้อมูลข่าวสารของ Gen-M” ว่าผู้บริโภคในกลุ่มGen-Mนั้นมีพฤติกรรมในการบริโภคข่าวสารอย่างไร ไม่ว่าจะเป็นสื่อช่วงเวลาที่ใช้ในการรับข่าว สิ่งต่างๆที่ให้ความสนใจตลอดจนแนวโน้มในอนาคตที่มีต่อการนำเสนอข่าว โดยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้องค์กรสื่อต่างๆ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อกำหนดนโยบายการผลิตข่าวให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคข่าวในกลุ่ม Gen-M ได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับ Generation M (Millennium Generation)

[6] คำนิยามของกลุ่มคน Gen-M คือ ”ติดสื่อออนไลน์ บ้าแชท ขี้เบื่อเห่อของแบรนด์ ชอบเป็นตัวของตัวเองและไม่อยากซ้ำใคร” ซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าที่น่าจับตามองด้วยพฤติกรรมหลายๆอย่างทำให้นักการตลาดต้อง “คิดใหม่ทำใหม่” เพื่อให้โดนใจคนกลุ่มนี้ที่เกิดมาในยุคสื่อสังคมออนไลน์ อยู่กับโลกออนไลน์ตลอดเวลา ทั้งการรับข่าวสารและการใช้แอพพลิเคชั่น จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติพบว่าคนกลุ่มนี้มีจำนวนประมาณ 9 ล้านคน นอกจากนี้ปัญญาสมาพันธ์เพื่อการวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทยปี 2551 ได้ทำการสำรวจค่าใช้จ่ายของกลุ่มวัยรุ่นพบว่ามีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 5,000 - 10,000 บาทต่อคนต่อเดือนหรือคิดเป็นมูลค่าการใช้จ่ายคิดเป็น 44,800 ล้านบาทต่อเดือน ซึ่งในทางการตลาดถือว่าเป็นกลุ่มมีกำลังซื้อสูงและมีการจับจ่ายใช้สอยที่น่าสนใจ

ไลฟ์สไตล์ของกลุ่มผู้หญิงวัยนี้คือ มีความสุขกับการกินแต่งตัวช้อปปิ้ง ไม่ชอบที่จะอ่านหนังสือ แต่ชอบใช้อินเตอร์เน็ตมากกว่า ชอบพบปะผู้คนเพื่อหาความรู้ ชอบพกกล้องดิจิตอลและนาฬิกาติดตัว อยากรวยและมีเงินใช้ก่อนจะอายุมาก ส่วนผู้ชายจะต้องการดูดีมีสไตล์ ชอบออกกำลังกาย ให้ความสำคัญกับแฟน ชอบเฮฮาอยู่กับเพื่อน และสิ่งที่พกติดตัวคือสมาร์ทโฟน

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมการเปิดรับข่าวสารของกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัย

จากการศึกษาและสำรวจของบริษัท Acorn Thailand สำรวจเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคสื่อของกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัย ซึ่งมีอายุประมาณ 18-22 ปี พบว่านักศึกษามหาวิทยาลัยในกรุงเทพมหานคร จะติดสื่อออนไลน์มากกว่ากลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยในต่างจังหวัด ซึ่งจะใช้เวลามากกับโลกอินเตอร์เน็ต ในการบริโภคข่าวสารของกลุ่มนักศึกษานั้น มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับสื่อ และสถานที่ที่แตกต่างกัน ซึ่งในวันธรรมดานักศึกษาจะรับข่าวสารได้มากในเวลาตอนเช้าและตอนเย็นจนถึงเวลากลางคืน เพราะว่าต้องไปมหาวิทยาลัยจึงทำให้ไม่มีเวลา และมักจะฟังวิทยุในระหว่างเดินทาง นักศึกษาส่วนมากจึงมักจะรับข่าวผ่านทางอินเตอร์เน็ตตลอดทั้งวัน เพราะว่าสะดวกและรวดเร็ว ส่วนในวันหยุดนั้นนักศึกษาจะตื่นสายกันเพราะว่าไม่มีเรียนและมีเวลามากกว่าวันธรรมดา ถ้าอยู่บ้านก็จะเปิดโทรทัศน์ทิ้งไว้ทั้งวัน แต่จะไม่ค่อยมีรายการข่าว ส่วนอินเตอร์เน็ตก็จะเล่นทั้งวันรับข่าวสารต่างๆ ไม่ว่าจากเพื่อนหรือสื่อต่างๆโดยตรง ส่วนวิทยุก็จะฟังระหว่างเดินทางเหมือนในวันธรรมดา นอกจากนี้ข้อมูลจาก [5] กล่าวว่าสื่อที่มีอิทธิพลต่อกลุ่มวัยรุ่นนั้นอันดับแรกคือ โทรทัศน์มีสัดส่วน 40% รองลงมาคือเว็บไซต์ 26% และโซเชียลมีเดีย 19% เนื่องจากคน Gen-M เกิดมาในยุคของสื่อสังคมออนไลน์ดังนั้น “กูเกิล” (Google) จึงเป็นเครื่องมือที่ถูกใช้ในการค้นหาข้อมูลมากที่สุดซึ่งคนกลุ่มนี้จะไม่จดจำชื่อเว็บไซต์เลย ดังนั้นการทำการตลาดโดยเลือกสื่อออนไลน์แบรนด์ควรต้องนำกลยุทธ์ต่างๆมาใช้เพื่อให้แบรนด์ถูกเสิร์ชเป็นอันดับแรกๆ ส่วนสื่อสังคมออนไลน์เฟสบุ๊คยังมาเป็นที่หนึ่ง แต่ถ้าเป็นแฟนเพจขององค์กรหรือสินค้า การกดไลค์ให้นั้นเป็นเรื่องปกติแต่มักจะไม่อ่านข้อมูลที่ฟีดมา จะเลือกอ่านเฉพาะต้องการใช้งานเท่านั้น และรายการในยูทูบที่คน Gen-M ชื่นชอบจะเป็นรายการนำเสนอเรื่องราวสั้นๆง่ายๆและคาแร็กเตอร์พิธีกรที่ดูสนุก

3.วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

3.1 เพื่อสำรวจพฤติกรรมการบริโภคข่าวผ่านสื่อของกลุ่ม Gen-M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหาศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ในการบริโภคข่าวสารได้แก่ ปัจจัยทางประชากรศาสตร์ ปัจจัยทางการศึกษา และพฤติกรรมการบริโภคข่าวสารในแต่ละช่วงเวลา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาธุรกิจสื่อ

3.2 ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย มุ่งศึกษากลุ่ม Gen-M ซึ่งเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย ทั้งเพศชายและหญิง ซึ่งมีอายุระหว่าง 18 – 24 ปี เป็นจำนวน 420 คน

4. ผลของการวิจัย

จากแบบสอบถามที่แจกไปทั้งหมดจำนวน 420 คนพบว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 382 คน (91%) ที่บริโภคข่าวสารและมีเพียง 38 คน (9%) ที่ไม่บริโภคข่าวสาร จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 382 คนพบว่าเป็นเพศหญิง 199 คน (52%) เพศชาย 177 คน (46%) และเพศอื่นๆ 6 คน (2%)

จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 382 คนพบว่าผู้ที่อายุ 21ปี 136 คน (36%) อายุ 20 ปี 88 คน (23%) อายุ 18 ปี 54 คน (14%) อายุ 22 ปี 51 คน (13%) อายุ 19 ปี 36 คน (9%) และอายุ 23 ปีขึ้นไป 17 คน (5%) ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 จำนวน 136 คน (36%) ชั้นปีที่ 3 จำนวน 115 คน (30%) ชั้นปีที่ 1 จำนวน 78 (20%) ชั้นปีที่ 2 จำนวน 50 คน (13%) และมากกว่า 4 ปีจำนวน 3 คน (1%) ผู้ที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ศึกษามหาวิทยาลัยเอกชน 254 คน (66%) และมหาวิทยาลัยรัฐบาล 128 คน (34%) และส่วนใหญ่มีรายได้ 5,000-10,000 บาทจำนวน 163คน (43%) รายได้น้อยกว่า 5,000 บาทจำนวน151คน (40%) รายได้ 10,000-20,000 บาท จำนวน 54 คน (14%) รายได้ 20,000-30,000 บาทจำนวน 12คน (3%) และรายได้มากกว่า 30,000 บาทจำนวน 2 คน (0%)

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความถี่ในการบริโภคข่าวประเภทสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุดคือ 339 คนเนื่องจากในสังคมปัจจุบันมีความเคลื่อนไหวในด้านต่าง ๆมากมายเกี่ยวข้องกับประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งทำให้สามารถติดตามสถานการณ์ในปัจจุบันได้อย่างใกล้ชิด ตามมาด้วย 298 คนที่เลือกติดตามข่าวบันเทิง/ดารา โดยเฉพาะเพศหญิง ส่วนใหญ่จะนิยมดูละครมักจะมีดาราที่ตัวเองชื่นชอบ ทั้งในและต่างประเทศ นอกจากนี้ข่าวเทคโนโลยีมีคนเลือกติดตามถึง 280 คน ซึ่งทำให้เห็นว่าคนกลุ่มGen-M เกิดมาในยุคเทคโนโลยี ซึ่งจะให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ รวมไปถึงเกมแอพพลิเคชั่นต่าง ๆที่กำลังเป็นที่นิยมและเข้ามาใหม่ตลอดเวลา และมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 273 คน ที่ติดตามข่าวการเมือง ซึ่งในปัจจุบันถือว่าเป็นข่าวที่น่าสนใจ เพราะจะทำให้เห็นอนาคตของประเทศไทยว่าจะเดินในทิศทางใด และสุดท้ายติดตามข่าวต่างประเทศเป็นจำนวน 264 คน ซึ่งประเทศไทยกำลังจะเข้าสู่อาเซียนจะเห็นได้ชัดว่าคนกลุ่มนี้จะติดตามข่าวสารจากต่างประเทศทั่วโลกซึ่งจะนำมาปรับใช้ในชีวิตปัจจุบันเพื่อให้ทันต่อโลกและนำไปวางแผนในอนาคตได้

พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความถี่ในการใช้ช่องทางบริโภคข่าวสารอันดับแรกคือ เว็บไซต์จำนวน 360 คน เนื่องจากคน Gen-M เกิดมาในยุคของเทคโนโลยี ซึ่งจะติดสื่อออนไลน์มาก โดยจะรับข่าวสารผ่านทางเว็บไซต์ ไม่ว่าจะเป็นเว็บบอร์ดในการแลกเปลี่ยนพูดคุยและเว็บเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยตรง ทำให้เห็นว่าอินเตอร์เน็ตเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของกลุ่มคน Gen-M อันดับสองมีคนเลือกโทรทัศน์จำนวน 334 คนซึ่งทำให้เห็นว่าโทรทัศน์ยังคงเป็นช่องทางสำคัญและคนกลุ่มนี้ยังให้ความสนใจอยู่โดยจะรับชมข่าวผ่านทางรายการข่าวในเวลาต่าง ๆ นอกจากนี้ 301 คนยังใช้ช่องทางไลน์ในการบริโภคข่าว ซึ่งเป็นแอพพลิเคชั่นในการพูดคุยโดยส่วนใหญ่จะรับข่าวสารผ่านทางเพื่อนครอบครัวและคนรู้จักนอกจากนี้ยังสามารถรับข่าวสารจากองค์กรต่าง ๆผ่าน Official Account ได้และจุดเด่นของไลน์คือมีสติกเกอร์ที่เพิ่มสีสันในการพูดคุยในปัจจุบันคนส่วนใหญ่อาจจะคิดว่า Gen-M ไม่นิยมอ่านหนังสือพิมพ์แต่จากการสำรวจพบว่ามีคนเลือกหนังสือพิมพ์มากถึง 272 คนอาจเป็นเพราะว่ามีความน่าเชื่อถือในการอ่าน ไม่ต้องผ่านหลายขั้นตอน หาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูกนอกจากนี้หนังสือพิมพ์ออนไลน์มีจำนวน 223 คนที่ให้ความสนใจจะรับข่าวสารผ่านทางเว็บไซต์สำนักข่าวโดยตรงซึ่งจะแบ่งข่าวออกเป็นหมวดหมู่มีทั้งรูปและรายละเอียดที่น่าสนใจ

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความถี่ในการใช้เว็บไซต์บริโภคข่าวเลือก Pantip มากที่สุด มีจำนวน 299 คนซึ่งเป็นเว็บบอร์ดสำหรับแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ ซึ่งคน Gen-M จะนำประสบการณ์และเรื่องราวที่มีคนมาแชร์มาปรับใช้และเป็นแนวทางในการใช้ชีวิตประจำวัน จะแบ่งตามหมวดหมู่ เช่น ห้องสยามสแควร์จะเกี่ยวกับชีวิตวัยรุ่นการเรียนและความรัก ต่อไปเป็น Youtube จำนวน 208 คน ซึ่งรวบรวมคลิปวีดิโอที่คนทั่วไปและองค์กรสามารถสร้างได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ส่วนใหญ่ จะติดตามข่าวย้อนหลังรายการต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ทั่วไปที่คนนำมาแชร์ไว้ตามมาด้วย Dek-D จำนวน 201 คนเป็นเว็บบอร์ดสำหรับวัยรุ่นที่สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมีมุมนักเขียนสำหรับไว้แต่งและอ่านนิยาย นอกจากนี้ Sanook 92 คนเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นเว็บไซต์ที่นิยมสำหรับคนทุกวัย Mthai 71 คนและอื่นๆ 20 คนซึ่งเว็บไซต์อื่นๆ เช่น Teenee เว็บไซต์ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีต่างๆเป็นต้น

จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดจำนวน 382 คนพบว่ารูปแบบในการนำเสนอที่กลุ่ม Gen-M มีความถี่ในการเลือกมากที่สุดคือเนื้อหาต้องสั้นและกระชับ 350 คน เพราะGen-M ไม่ชอบเนื้อหาและตัวอักษรที่เยอะที่สำคัญคือต้องผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว และต้องมีความน่าเชื่อถือจำนวน 342 คนเพราะในยุคนี้ข่าวในสื่อออนไลน์นั้นมาเร็วแต่ว่าไม่มีความถูกต้องบ้างก็เป็นข่าวโคมลอยหรือถูกบิดเบือนความจริงมาแล้วและต้องมีรูปภาพประกอบ 333 คน เพื่อให้เห็นภาพเหตุการณ์จริงและทำให้น่าสนใจมากขึ้นนอกจากนี้ 273 คนยังเห็นว่าต้องนำเสนอได้รวดเร็ว เพราะปัจจุบันนี้ Gen-M จะรับข่าวผ่านสื่อออนไลน์โดยใช้สมาร์ทโฟน ไอแพดหรือแท็บเล็ต ซึ่งต้องใช้อินเตอร์เน็ตในการเชื่อมต่อทำให้ต้องการนำเสนอที่รวดเร็วไม่ต้องรอโหลดข้อมูลนานเพราะถ้าเกิดข้อมูลโหลดนาน Gen-M จะไม่ทนรอและจะปิดข้อมูลนั้นไปเลยสุดท้าย 257 คนต้องการให้นำเสนอข่าวแบบที่มีรายละเอียดมากเพราะชอบอ่านและทำความเข้าใจเองโดยจะนำมาสรุปตามความเข้าใจของตนเอง

5. บทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่ามีผู้ตอบแบบสำรวจที่บริโภคข่าวสารมีทั้งหมด 382 คนส่วนใหญ่นั้นเป็นเพศหญิง ซึ่งมีอายุ 20-21 ปี เท่ากับว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3-4 ศึกษาอยู่มหาวิทยาลัยเอกชน สำหรับรายได้เฉลี่ยต่อเดือนพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วมีรายได้น้อยกว่า 5,000 - 10,000 บาท พบว่ากลุ่มGen-M บริโภคข่าวประเภทสถานการณ์ปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงละทางอ้อม ทำให้สามารถติดตามข่าวสารใหม่ๆที่เกิดขึ้นและรู้ความเคลื่อนไหวในเรื่องต่างๆ จะทำให้ผู้รับข่าวสารนั้นปรับตัวได้ทันเหตุการณ์ ในส่วนของช่องทางที่ใช้นั้นพบว่าอันดับแรกเป็นเว็บไซต์ เนื่องจากคน Gen-M นี้เกิดมาในยุคของเทคโนโลยี ซึ่งอินเตอร์เน็ตถือเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนกลุ่มนี้ โดยจะรับข่าวสารผ่านทางสื่อออนไลน์มากกว่าสื่อดั้งเดิมนั่นคือโทรทัศน์ จะเห็นว่าถึงแม้กลุ่ม Gen-M จะติดสื่อออนไลน์มากขนาดไหนแต่โทรทัศน์ยังคงเป็นช่องทางที่คนกลุ่มนี้ให้ความสำคัญและความสนใจอยู่ซึ่งเว็บไซต์ที่ใช้บริโภคข่าวเป็นอันดับแรกคือ Pantip เนื่องจากเป็นเว็บบอร์ดที่สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ต่างๆได้ ทำให้มีความคิดเห็นจากหลายมุมมองไม่จำกัดทั้งอายุ เพศรวมถึงการศึกษาและอาชีพ ส่วนรูปแบบในการนำเสนอข่าวที่คนกลุ่มนี้ ให้ความสนใจมากที่สุดต้องมีเนื้อหาที่สั้นและกระชับ อาจเป็นเพราะ Gen-M ชอบความรวดเร็ว ไม่ชอบอ่านเนื้อหาที่เยอะเกินไป และที่สำคัญเนื้อหาต้องผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว และมีความน่าเชื่อถือ เพราะปัจจุบันข่าวในสื่อออนไลน์นั้นรวดเร็ว แต่ว่าไม่มีความน่าเชื่อถือซึ่งมีทั้งข่าวโคมลอยและข่าวที่ถูกบิดเบือนมาแล้วและถ้าจะให้คนกลุ่มนี้สนใจนั้นต้องใช้รูปภาพประกอบ เพื่อดึงดูดความสนใจจากกลุ่ม Gen-M

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยสร้างสรรค์ผลงานวิจัยชิ้นนี้ ช่วยสอนวิธีการทำวิจัยและใช้เวลาส่วนใหญ่ในการสอนวิธีการทำวิจัยแบบปฏิบัติจริงทำให้สามารถเข้าใจการทำงานของการทำงานวิจัยได้เป็นอย่างดี ช่วยหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาช่วยเสริมในการเขียนงานวิจัยชิ้นนี้ทำให้งานชิ้นนี้มีความหมายเชิงวิชาการมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนู บุญญานุวัตร. 2550. ความรู้เรื่องสารสนเทศ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://goo.gl/M8PPZt. 20 พฤษภาคม 2557

[2] บุบผา เมฆศรีทองคา, และ ขจรจิต บุนนาค. 2556.พฤติกรรมการบริโภคข่าวของคนต่างวัยในสังคมไทย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tci-thaijo.org/index.php/JournalGradVRU/article/download/25520/21678. 20 เมษายน 2557

[3] กลุ่มพัฒนาพฤติกรรมสุขภาพ กองสุขศึกษา. ทฤษฎีเกี่ยวกับการเปิดรับข่าวสาร (Media exposure). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.hed.go.th/web/frontend/theme/view_general_data.php?ID_Menu=3825. 20 เมษายน 2557

[4] ณัฐพัชญ์ วงษ์เหรียญทอง. (2557*). Content Marketing เล่าให้คลิกพลิกแบรนด์ให้ดัง.* กรุงเทพมหานคร: เนชั่นบุ๊คส์ อินเตอร์เนชั่นแนล.

[5] ณัฐพล จิตประไพ. 2550.Gen-M Lifestyle. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :http://utcc2.utcc.ac.th/brandthaicenter/doc/Gen_M_Lifestyle.doc. 10 เมษายน 2557

[6] Positioning. 2556. เจาะเทรนด์ลึก“ลูกค้ายุคใหม่”GEN M ดังฝุด...ฝุด.(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://goo.gl/M6Wneg. 25 พฤษภาคม 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับรู้และทัศนคติของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนที่มีต่อS&Pเบเกอรี่

Perception and attitude of private university students toward S&P bakery

ทิวา พาร์ค[1], ปาริฉัตร อริยะประเสริฐ[2]
คณะบริหารธุรกิจสถาบันเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น
[1] tiwa@tni.ac.th
[2] ppp.parichat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนที่มีต่อร้านอาหารและร้านเบเกอรี่และการรับรู้ทัศนคติและความพึงพอใจต่อภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และเบเกอรี่ของS&P เพื่อเรียนรู้และศึกษาปัจจัยที่แท้จริงที่สามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขและใช้วางแผนในอนาคตได้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้เกิดความพึงพอใจโดยใช้วิธีการแจกแบบสอบถามในการสำรวจเพื่อที่จะได้เรียนรู้และทราบข้อมูลอย่างแท้จริงจากการศึกษาพบว่าจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คนมีนักศึกษาที่รับประทานอาหารนอกบ้านจำนวน 392 คนและส่วนใหญ่เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนส่วนเบเกอรี่นักศึกษาที่รับประทานเบเกอรี่มีจำนวน 374 คนโดยปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีต่อร้านอาหารและเบเกอรี่ที่สำคัญที่สุดคือรสชาติดีและผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของS&Pในด้านการจำหน่ายมากที่สุดและมีความพึงพอใจด้านราคาน้อยที่สุดจากแบบสอบถามทำให้ทราบความต้องการของผู้บริโภคและนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนาปรับปรุงและวางแผนในอนาคตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้เกิดความพึงพอใจ

คำสำคัญ: การรับรู้ ทัศนคติ ความพึงพอใจผู้บริโภค

Abstract

In this study, the researchers found the factors that have been influenced the perception and satisfaction of S&P brand image to university students which could the company can use the results of this study to improve and plan for the customer satisfaction.The study used the 400 surveys to collect the data which was 392 participants have been eaten out and majority of university students have bakery for 374 participants, which the taste of bakery was the most important satisfaction to the S&P brand, as well as the distribution of the products was the second important satisfaction, whereas the price was the least satisfaction. From the results, the researchers can use these outcomes to suggest to the company, which can improve for future customer satisfaction.

1.บทนำ

ปัจจุบันผู้ประกอบธุรกิจร้านอาหารและเบเกอรี่มีจำนวนมากมีการแข่งขันที่รุนแรงทำให้ผู้ประกอบการต่างหากลยุทธ์ใหม่ๆมาแย่งชิงตลาดและจำเป็นต้องศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเพราะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งทุกวันนี้พฤติกรรมของผู้บริโภคนั้นได้เปลี่ยนไปจากเดิมมีการรับวัฒนธรรมชาติตะวันตกมากขึ้นทำให้มีบทบาทในการดำเนินชีวิตและผู้คนต่างใช้ชีวิตอย่างรีบเร่งเพื่อแข่งขันกับเวลารายได้และรายจ่ายของผู้บริโภคที่เพิ่มสูงขึ้นจากการปรับค่าแรงนโยบายของรัฐบาลทำให้พฤติกรรมของผู้บริโภคได้เปลี่ยนไปจะสังเกตได้ว่าผู้บริโภคนั้นมีความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นชอบความสะดวกรวดเร็วความหรูหราความต้องการการยอมรับในสังคมและนิยมรับประทานอาหารต่างชาติมากขึ้นทั้งร้านอาหารญี่ปุ่นเกาหลีจีนเวียดนามฯลฯที่มีสไตล์แตกต่างกันทั้งปิ้งย่างชาบูหรือร้านอาหารFast Food หรือเบเกอรี่ขนมปังต่างๆที่มีความสะดวกรวดเร็วประหยัดเวลาความต้องการที่หลากหลายนี้ทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องหากลยุทธ์ต่างๆมาตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจและตัดสินใจซื้อ

การตลาดในด้านธุรกิจร้านอาหารและเบเกอรี่มีความน่าสนใจมากเนื่องจากการเติบโตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องด้านเบเกอรี่โดยในปี 2555 มูลค่าตลาดรวมเบเกอรี่ในประเทศมีมูลค่าถึง 7.0 พันล้านบาทเติบโตไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15-17 ต่อปี ([1]โดยที่แนวโน้มตลาดของเบเกอรี่นั้นสอดคล้องกับค่าใช้จ่ายในการรับประทานอาหารว่างของคนไทยที่ค่อนข้างสูงและจากศูนย์วิจัยกสิกรไทยได้วิเคราะห์ว่าแนวโน้มที่กำลังจะเกิดขึ้นในตลาดเบเกอรี่คือผลิตภัณฑ์แนวสุขภาพที่เพิ่มมากขึ้นส่วนธุรกิจร้านอาหารคาดการณ์ในปี 2556 ตลาดร้านอาหารที่เป็นเครือธุรกิจร้านอาหารมีมูลค่าถึง 97,431 ล้านบาทเติบโตร้อยละ 14 จากปี 2555 [1] โดยเฉพาะร้านอาหารญี่ปุ่นและอาหารไทยที่ได้รับความนิยมสูงกว่าร้านอาหารอื่นเนื่องจากกระแสนิยมและกลยุทธ์ทางการตลาดของผู้ประกอบการซึ่งสามารถสรุปได้ว่าทุกวันนี้ผู้บริโภคมีความต้องการที่สูงขึ้นและยินดีที่จะจ่ายเพื่อตอบสนองความต้องการของตนทำให้อัตราการเติบโตของร้านอาหารและเบเกอรี่เติบโตสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดธุรกิจร้านอาหารและเบเกอรี่จำนวนมากจนเกิดการแข่งขันที่รุนแรงทำให้ผู้ประกอบการหลายรายได้ปิดกิจการลงเนื่องจากผลกำไรที่ขาดทุนและการบริหารงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ดังนั้นผู้ประกอบธุรกิจต่างๆไม่ว่าจะเป็นร้านอาหารเบเกอรี่เครื่องดื่มกระเป๋าเสื้อผ้าฯลฯเป้าหมายที่สำคัญคือผู้บริโภคเพราะฉะนั้นผู้ประกอบการต้องสามารถรู้ความต้องการของผู้โภคและสามารถตอบสนองความต้องการนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยใช้ปัจจัยส่วนทางการตลาดคือด้านผลิตภัณฑ์ด้านราคาด้านช่องทางการจำหน่ายและด้านการส่งเสริมการตลาดซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสร้างความแตกต่างกับคู่แข่งและเป็นปัจจัยที่สร้างความพึงพอใจให้กับผู้บริโภคและการมีภาพลักษณ์ที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้เพิ่มคุณค่าในสายตาของผู้บริโภคทำให้เกิดการยอมรับมีความเชื่อมั่นและมีความน่าเชื่อถือเมื่อผู้บริโภคมีการรับรู้ภาพลักษณ์ไม่ว่าจะเป็นภาพลักษณ์องค์กรผลิตภัณฑ์หรือบุคคลจะเกิดเป็นทัศนคติต่อสิ่งนั้นจนเกิดความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจจะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อและความภักดีกับองค์กรอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีด้านการรับรู้

การรับรู้ (Perception) เป็นกระบวนการที่บุคคลเลือกรับรู้จัดการและตีความหมายต่างๆเพื่อเกิดความเข้าใจการรับรู้ของแต่ละคนสามารถสร้างการรับรู้ได้แตกต่างกันจากสิ่งเร้าเดียวกันเนื่องจากมีกระบวนการรับรู้ 3 ขั้นตอนคือการคัดเลือก (Selection) การจัดระเบียบ (Organization) และการตีความ (Interpretation) โดยทุกวันนี้เราต่างพบเจอสิ่งเร้ารอบตัวเรามากมายแต่ก็เป็นไม่ได้ที่ทุกคนจะให้ความสนใจกับสิ่งเร้าทั้งหมดดังนั้นนักการตลาดจึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงจิตใจของผู้บริโภคว่าต้องการอะไรเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้าให้เกิดการรับรู้ให้ได้เพราะการรับรู้มีอิทธิพลทำให้เกิดพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค [2] จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการรับรู้หมายถึงกระบวนที่ผู้บริโภคเลือกที่จะเปิดรับข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 และผ่านไปยังสมองเพื่อประมวลผลทำให้เกิดการรับรู้ซึ่งแต่ละคนจะมีการรับรู้ที่แตกต่างกัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของผู้บริโภคมีหลายปัจจัยที่ช่วยทำให้ผู้บริโภคเกิดการรับรู้ ([3] ดังนี้

1.องค์ประกอบทางด้านเทคนิคคือลักษณะต่าง ๆที่นำเสนอขายทำให้ผู้บริโภคเกิดการรับรู้เช่นรูปแบบขนาดสีสันถ้ามีความแตกต่างจากคู่แข่งจะทำให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจได้มากขึ้น

2.ความพร้อมด้านจิตใจของผู้บริโภคจะทำให้สามารถเปิดรับข้อมูลและทำให้เกิดการรับรู้ได้ง่ายขึ้น

3.ประสบการณ์ในอดีตของผู้บริโภคเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจหากมีประสบการณ์ที่ดีจะเปิดใจยอมรับง่ายแต่ถ้ามีประสบการณ์ไม่ดีจะทำให้เกิดอคติและปฏิเสธการซื้อ

4.สภาวะอารมณ์เป็นอารมณ์ความรู้สึกเวลานั้นถ้าไม่พร้อมจะไม่มีสมาธิในการรับรู้ทำให้ไม่เกิดการรับรู้เช่นอารมณ์โกรธหงุดหงิด

5.ปัจจัยทางสังคมและวัฒนธรรมเป็นการคิดและตัดสินใจตามสังคมหรือวัฒนธรรมที่ได้รับการปลูกฝังมา

การรับรู้ของแต่ละคนมีปัจจัยที่แตกต่างกันดังนั้นปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการรับรู้ซึ่งทำให้เกิดความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบและมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อด้วยดังนั้นควรศึกษาปัจจัยที่เกิดเพื่อจะได้เข้าใจและเข้าถึงผู้บริโภคได้สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการรับรู้คือกระบวนการรับรู้ที่มีสิ่งเร้าภายนอก (External stimuli) คือลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งเร้าและสิ่งเร้าภายใน (Internal stimuli) คือสิ่งที่อยู่ภายในที่เกิดจากรับรู้จากประสบการณ์หรือความรู้เดิมในอดีตมากระทบกับประสาทสัมผัสและสมองจะประมวลแปลความหมายออกมาเป็นการรับรู้ [4]

จากแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการรับรู้ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าการรับรู้มีกระบวนการรับข้อมูลและจัดส่งข้อมูลไปยังประสาทสัมผัสและเกิดการตีความทำให้เกิดการรับรู้ซึ่งการรับรู้เกิดจากสิ่งเร้าภายในและภายนอกซึ่งกระบวนการรับรู้ของแต่ละคนจะทำให้มีความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบเมื่อเกิดการรับรู้แล้วจะทำให้เกิดทัศนคติความเชื่อต่อสินค้าหรือบริการนั้นและนำไปสู่การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับทัศนคติ

ทัศนคติเป็นการกำหนดความคิดว่าชอบหรือไม่ชอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเกิดจากประสบการณ์ความคิดเห็นความศรัทธาและการเรียนรู้ในอดีตจนกลายเป็นความเชื่อ (Belief) ต่อสิ่งนั้นความเชื่อที่บุคคลสร้างขึ้นมาจะกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกทางพฤติกรรมซึ่งการแสดงออกนี้ของแต่ละคนมีความแตกต่างทำให้ทัศนคติของแต่ละคนก็แตกต่างกันด้วยแต่ละบุคคลมีทัศนคติต่อทุกสิ่งบนโลกนี้ทั้งต่อบุคคลสิ่งของอาหารเสื้อผ้าฯลฯอาจจะเรียกได้ว่าทัศนคติ (Attitude) คือการประเมินความรู้สึกและความโน้มเอียงของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดหรือความคิดใดที่เหนียวแน่นที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของทัศนคติประกอบด้วยด้านความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ที่ได้รับมาจากสิ่งเร้าทำให้เกิดความรับรู้และส่งผลต่อให้เกิดด้านอารมณ์และความรู้สึกและส่งผลให้แสดงออกทางด้านพฤติกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการดังนั้นทัศนคติจะเปลี่ยนแปลงไปตามการรับรู้

จากการแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับทัศนคติและการรับรู้ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่ามีปัจจัยมากมายที่ส่งผลกระทบต่อทัศนคติและการรับรู้ของมนุษย์ทั้งจากปัจจัยภายนอกและภายในซึ่งทัศนคติและการรับรู้ของแต่ละคนขึ้นอยู่ปัจจัยที่ได้รับจากประสบการณ์ในอดีตทำให้เกิดการรับรู้แล้วตีความเป็นทัศนคติที่มีต่อสิ่งนั้นและทำให้มีส่วนต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบันS&P มีคู่แข่งทางธุรกิจเป็นจำนวนมากมีการแข่งขันกันสูงเพื่อแย่งชิงลูกค้างานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาทัศนคติและการรับรู้ของลูกค้าS&P เพื่อให้เข้าใจถึงความต้องการของผู้บริโภคให้มากขึ้นเพื่อทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดและใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและพัฒนาS&P ให้เป็นที่ยอมรับและประสบความสำเร็จ

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภค

โดยปกติแล้วผู้บริโภคจะมีการเรียงลำดับความต้องการของตนขึ้นอยู่กับความพึงพอใจความจำเป็นและข้อจำกัดทางการเงินโดยการตัดสินใจเลือกซื้อจะพิจารณาจากการรับรู้ถึงคุณค่าที่จะได้รับและต้นทุนที่จ่ายไปโดยความพึงพอใจของผู้บริโภคสามารถสร้างคุณค่าโดยผ่านคุณภาพ (Creating Value Through Quality)) เป็นการสร้างให้เกิดการรับรู้ในคุณภาพของธุรกิจสินค้าหรือบริการที่เกินความคาดหวังของลูกค้าส่งผลทำให้ความพึงพอใจกับลูกค้าในที่สุดจากสมการนี้ลูกค้าจะพอใจก็ต่อเมื่อผลประโยชน์ที่ได้รับมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาแต่ถ้าราคาสูงเกินกว่าผลประโยชน์ที่ได้รับจะเกิดความไม่พอใจวิธีการสร้างคุณค่าจึงเป็นสำคัญโดยการสร้างความแตกต่างทั้งคุณค่าและคุณภาพของสินค้าหรือบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้เหนือคู่แข่งเพราะฉะนั้นความพึงพอใจของลูกค้า (Customer Satisfaction) จะขึ้นอยู่กับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับเทียบกับสิ่งที่คาดหวังดังนั้นการสร้างความพึงพอให้เป็นไปตามความคาดหวังหรือเหนือความคาดหวังของลูกค้าจะทำให้ความพึงพอใจและเกิดการซื้อซ้ำมีความจงรักภักดีต่อสินค้าความพอใจหรือไม่พอใจในความรู้สึกของลูกค้าเป็นการตอบสนองทางอารมณ์เมื่อลูกค้าได้ประเมินสินค้าหรือบริการนั้นโดยเปรียบเทียบกับความคาดหวังในใจจากความหมายความพึงพอใจที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกของบุคคลที่เกิดจากการเปรียบเทียบหลังจากซื้อสินค้าหรือรับบริการไปแล้วกับความคาดหวังก่อนซื้อกับสิ่งที่ได้รับจริง ๆหากการนำเสนอไม่ตรงกับความคาดหวังจะทำให้เกิดความรู้สึกไม่พึงพอใจจะเป็นภาวะความรู้สึกทางลบแต่ในทางตรงข้ามหากนำเสนอตามความคาดหวังจะเกิดความรู้สึกพึงพอใจจะเป็นภาวะความรู้สึกทางบวกและถ้าเกินความคาดหวังจะทำให้ยิ่งพอใจมากขึ้นดังนั้นต้องพยายามสร้างมูลค่าเพิ่มให้แตกต่างจากคู่แข่งทั้งด้านผลิตภัณฑ์ด้านบริการด้านบุคลากรด้านภาพลักษณ์เพื่อให้เกิดคุณค่าในสายตาและความพึงพอใจดังคำกล่าวของคอลเลอร์ [5] ที่ว่า“คุณค่าที่ส่งมอบแก่ลูกค้าคือความแตกต่างระหว่างคุณค่าลูกค้ารวม (Total Customer Value) และต้นทุนรวม (Total Customer Cost) ” กลุ่มลูกค้ารวมคือกลุ่มผลประโยชน์ที่ลูกค้าคาดหวังจะได้รับก่อนซื้อผลิตภัณฑ์ส่วนต้นทุนรวมคือต้นทุนที่ลูกค้าคาดหวังว่าจะเกิดขึ้นหลังจากการซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ]

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติการรับรู้และความพึงพอใจต่อภาพลักษณ์S&P ของประชากรศาสตร์โดยมีประชากรศาสตร์คือเพศชั้นปีการศึกษาอายุรายได้

3.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของการบริโภคร้านอาหารและเบเกอรี่ของนักศึกษามหาวิทยาลัย

3.3 เพื่อศึกษาแนวโน้มในอนาคตเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์และเบเกอรี่ของS&P

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาการรับรู้และทัศนคติของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนที่มีต่อร้านอาหารและเบเกอรี่ของS&P ซึ่งทำการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนและรัฐบาลชั้นปีที่ 1-4 ทุกเพศจำนวน 400 คน

4. ผลของการวิจัย

จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คนเพศหญิงจำนวน 238 คนร้อยละ 60% และเพศชายจำนวน 157 คนร้อยละ 39% ส่วนใหญ่อยู่ระดับปีการศึกษาชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 37% และมีอายุ 21 ปีร้อยละ 39% โดยส่วนใหญ่เรียนที่มหาวิทยาลัยเอกชนจำนวน 238 คนร้อยละ 60% อาจเป็นเพราะผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุช่วงเดียวกันกับผู้ทำแบบสำรวจและเรียนมหาวิทยาลัยเอกชนทำให้ได้รับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมากกว่ามหาวิทยาลัยรัฐบาลและส่วนใหญ่มีรายได้ 5,001-10,000 บาทจำนวน 178 คนร้อยละ 45% อาจเป็นเพราะผู้ตอบแบบสอบถามยังเป็นนักศึกษาที่ยังไม่สามารถหาเงินได้ด้วยตัวเองจึงทำให้ส่วนใหญ่แล้วมีรายได้ต่อเดือนประมาณนี้

4.1 พฤติกรรมผู้บริโภคร้านอาหารและเบเกอรี่

จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คนมีจำนวนผู้ที่รับประทานอาหารนอกบ้านทั้งหมด 392 คนร้อยละ 98% อาจเป็นเพราะคนส่วนใหญ่ต้องการความสะดวกสบายรวดเร็วทำให้การรับประทานอาหารนอกบ้านมีความต้องการมากกว่าในอดีตโดยมีปัจจัยในการเลือกร้านอาหารของทุกเพศที่สำคัญอันดับแรกคือรสชาติดีโดยเพศหญิงจำนวน 200 คนร้อยละ 25% และเพศชายจำนวน 132 คนร้อยละ 25% เพราะอาหารที่มีรสชาติดีจะทำให้ผู้บริโภคมีความสุขที่ได้ลิ้มรสอาหารที่อร่อยและรู้สึกถึงความคุ้มค่าที่จะจ่ายเงินเพื่อได้สิ่งที่ดีที่สุดมาจนเกิดความพึงพอใจ ([5] และนักศึกษาที่มีรายได้ต่อเดือนที่อยู่ระหว่างตั้งแต่ 5,000 –10,000 บาทนั้นโดยมีความถี่ในการรับประทานอาหารนอกบ้านทุกวันหรือ3-4 ครั้ง / สัปดาห์จำนวน 144 คนร้อยละ 76% บ่อยครั้งกว่านักศึกษาที่มีรายได้มากซึ่งอาจเป็นเพราะว่านักศึกษาอาศัยอยู่หอพักบริเวณใกล้มหาวิทยาลัยและนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนมีการรับประทานอาหารนอกบ้านบ่อยครั้งจำนวน 103 คนร้อยละ 54% ซึ่งมากกว่านักศึกษามหาวิทยาลัยรัฐบาลเนื่องจากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาเอกชน 60% ส่วนจำนวนนักศึกษาที่ปกติรับประทานเบเกอรี่จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คนนักศึกษาที่รับประทานเบเกอรี่มีจำนวน 374 คนร้อยละ 94% โดยที่เพศหญิงรับประทานเบเกอรี่จำนวน 232 คนร้อยละ 63% มากกว่าเพศชายซึ่งอาจเป็นเพราะว่าเพศหญิงชอบความสวยงามของรูปลักษณ์เบเกอรี่ซึ่งในปัจจุบันนิยมถ่ายรูปก่อนรับประทานทั้งอาหารเบเกอรี่หรือขนมต่าง ๆที่มีรูปลักษณ์สวยงามน่ารับประทานอัพเดตผ่านโซเชียลมิเดียต่าง ๆเพื่อต้องการให้ผู้ติดตามมากดไลค์เยอะ ๆ

4.2 ความพึงพอใจต่อภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และเบเกอรี่ของS&P

จากการทำแบบสอบถามนั้นผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในด้านการจำหน่ายมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.04 อาจเป็นเพราะว่าผลิตภัณฑ์และเบเกอรี่ของS&P นั้นมีสาขามากมายที่สามารถเลือกซื้อได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วรองลงมาคือด้านผลิตภัณฑ์และบริการโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.85 อาจจะเป็นเพราะว่าผลิตภัณฑ์ของS&P มีหลากหลายชนิดให้เลือกซื้อทั้งเค้กขนมปังพายคุกกี้ฯลฯและบริการที่มีมาตรฐานและมีความรวดเร็วในการบริการในขณะที่ด้านราคามีค่าเฉลี่ยเพียงแค่ 3.4 ซึ่งน้อยกว่าทุกด้านอาจเป็นเพราะว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ของS&P มีราคาที่แพงเกินกว่าสิ่งที่ได้รับอาจทำให้ไปซื้อผลิตภัณฑ์ของคู่แข่ง

ในการศึกษาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่มีผลต่อทัศนคติและการรับรู้ต่อภาพลักษณ์S&P ทำให้ทราบปัจจัยต่างๆที่ทำให้เกิดทัศนคติและการรับรู้จากทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับทัศนคติและการรับรู้ทำให้เข้าใจกระบวนการสร้างทัศนคติอีกทั้งทฤษฎีภาพลักษณ์ทำให้ทราบถึงการดำเนินธุรกิจการมีภาพลักษณ์ที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้ธุรกิจมีความน่าเชื่อถือได้เรียนรู้พฤติกรรมการบริโภคร้านอาหารและเบเกอรี่ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนด้วยวิธีการทำแบบสอบถามจากทฤษฎีความพึงพอใจโดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้านการจัดจำหน่ายของS&P มากที่สุดทั้งสะดวกต่อการเลือกซื้อการตกแต่งร้านสวยงามและความสะอาดของสถานที่

5. สรุปผลงานวิจัย

จากการทำแบบสอบถามทั้งหมด 400 คนมีเพศหญิงจำนวน 238 คนและเพศชาย 157 คนส่วนใหญ่ศึกษาระดับปีที่ 3 จำนวน 149 คนมีอายุอยู่ 21 ปีอาจเป็นเพราะผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุช่วงเดียวกับผู้ทำแบบสอบถามเลยได้รับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมากกว่าช่วงอายุอื่นและส่วนมากเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนมีจำนวน 238 และมีรายได้ต่อเดือนระหว่าง 5,001 – 10,000 บาทจำนวน 178 คนอาจเป็นเพราะนักศึกษายังไม่สามารถหารายได้ด้วยตัวเองจึงยังมีรายได้ไม่มากนักจากแบบสอบถามทั้งหมดมีผู้บริโภคที่รับประทานอาหารนอกบ้านมีจำนวน 392 คนซึ่งอาจเป็นเพราะว่าในปัจจุบันมีร้านอาหารเกิดขึ้นมากมายหลากหลายสไตล์อีกทั้งมีรูปลักษณ์สวยงามน่ารับประทานและมีความสะดวกสบายและประหยัดเวลาในการทำอาหารเองทำให้ปัจจุบันร้านอาหารได้รับความนิยมมากและมีผู้ประกอบการจำนวนมาก [1] โดยส่วนมากนักศึกษาที่มีรายได้น้อยที่อยู่ในช่วงน้อยกว่า 5,000 – 10,000 บาทจำนวน 144 คนมีความถี่ในการรับประทานอาหารนอกบ้านบ่อยครั้งกว่านักศึกษาที่มีรายได้มากที่อยู่ในช่วง 10,001 – 20,000 บาทขึ้นไปซึ่งตรงกับสมมติฐานข้อที่ 1 และนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนจำนวน 103 คนมีความถี่ในการรับประทานอาหารนอกบ้านบ่อยครั้งกว่านักศึกษามหาวิทยาลัยรัฐบาลอาจเป็นเพราะว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่มหาวิทยาลัยเอกชนซึ่งตรงกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้โดยปัจจัยในการเลือกร้านอาหารนั้นแต่ละเพศมีปัจจัยในการเลือกที่ไม่แตกต่างกันปัจจัยอันดับแรกคือรสชาติดีเพราะการรับประทานอาหารที่มีรสชาติดีจะทำให้ผู้บริโภคมีความสุขที่ได้ลิ้มรสชาติที่ดีและยินดีที่จะจ่ายเงินเพื่อได้รับสิ่งที่คุ้มค่ากลับมานอกจากการมีรสชาติที่ดีแล้วการมีคุณภาพดีและมีโปรโมชั่นที่ดีก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกร้านอาหารด้วยเพราะอาหารที่มีคุณภาพดีทำให้ผู้บริโภคได้รับรู้ถึงคุณค่าอาหารที่ได้รับและการมีโปรโมชั่นทำให้ผู้โภคเห็นตัดสินใจในการเลือกร้านอาหารได้ง่ายมากยิ่งขึ้นซึ่งไม่ตรงกับสมมติฐานข้อที่ 3 และจากแบบสอบถามทั้งหมดผู้ที่รับประทานเบเกอรี่มีจำนวน 374 คนเพศหญิงรับประทานเบเกอรี่มากกว่าเพศชายจำนวน 232 คนอาจเป็นเพราะว่าเพศหญิงมีเพื่อนในกลุ่มหลายคนและมีการสนทนาที่หลากหลายอาจทำให้หาร้านที่สามารถเข้าไปนั่งพูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูลของแต่ละคนอีกทั้งในปัจจุบันนิยมถ่ายรูปอาหารเบเกอรี่หรือขนมต่างๆที่มีรูปลักษณ์สวยงามน่ารับประทานอัพเดตผ่านสื่อโซเชียลมิเดียต่างๆเพื่อให้ผู้ที่ติดตามสามารถเห็นภาพและกดไลค์ซึ่งตรงกับสมมติฐานข้อที่ 4 และจากแบบสอบถามนั้นนักศึกษาที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์และเบเกอรี่ของS&P มีความพึงพอใจด้านการจำหน่ายมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ 4.04 อาจเป็นเพราะS&P มีช่องทางในการจำหน่ายที่มากมายหลายสาขาตามห้างสรรพสินค้าและย่านกลางใจเมืองทำให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายในการเลือกซื้อและมีความพึงพอใจในด้านอื่นๆด้วยคือด้านผลิตภัณฑ์และบริการซึ่งอาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์และเบเกอรี่ของS&P มีค่อนข้างหลากหลายที่สามารถเข้าถึงทุกกลุ่มทุกเพศทุกวัยและมีการบริการที่มีมาตรฐานและบริการได้รวดเร็วที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ซึ่งไม่ตรงสมมติฐานข้อที่ 5

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยสร้างสรรค์ผลงานวิจัยชิ้นนี้ช่วยสอนวิธีการทำวิจัยและใช้เวลาส่วนใหญ่ในการสอนวิธีการทำวิจัยแบบปฏิบัติจริงทำให้สามารถเข้าใจการทำงานของการทำงานวิจัยได้เป็นอย่างดีช่วยหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาช่วยเสริมในการเขียนงานวิจัยชิ้นนี้ทำให้งานชิ้นนี้มีความหมายเชิงวิชาการมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.2555: [ออนไลน์.] สืบค้นจาก https://www.kasikornresearch.com/th/k-econanalysis/pages/ViewSummary.aspx?docid=31444 (วันที่สืบค้น 8 เมษายน 2557).

[2] Philip Kotler .2554.หนังสือหลักการตลาดPrinciples of Marketing. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็นดูเคชั่น อินโดไชน่า.

[3] สุวรรณี กฤษณเกรียงไกร: คุณภาพการให้บริการหน้าเคาน์เตอร์ บมจ.ธนาคารกรุงไทย สาขาวิชา: บริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร; บธ.ม. (บริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร),2553

[4] วุฒิชัย อารักษ์โพชฌงค์. (2554).[ออนไลน์]. แนวคิดและทฤษฎีด้านการรับรู้ . สืบค้นจาก: http://journal.oas.psu.ac.th/index.php/asj/article /view/165(วันที่สืบค้น 22 เมษายน 2557).

[5] ภุชงค์ ฉัตรมงคลลาภ.ความพึงพอใจและพฤติกรรมของลูกค้าที่มาใช้บริการ Plus Concierge , Master's Thesis สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Call for Papers

ICBIR 2016

International Conference on Business and Industrial Research 2016

Thai-Nichi Institute of Technology (TNI)

May 12-13, 2016

www.icbir.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1st International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS2011)

26-29 January 2012, KMITL, Bangkok Thailand

Co-organized by:
Institute of National Colleges of Technology, Japan
and
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application of Ontology to Hydroponics

Areeworn Phutthisathian[1] Nakulrad Pantasen[1] Noppadol Maneerat[1] Ruttikorn Varakulsiriphunth[1]
Takahashi Kaoru[2] Yasushi Kato[3]
[1]Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
[2]Department of Information Systems, Sendai National College of Technology, Sendai, 989-3128, Japan
[3]Tsuruoka National College of Technology, Tsuruoka, 997-8511, Japan
sakana_par@hotmail.com happyinmylife@hotmail.co.th kmnoppad@kmitl.ac.th
kaoru@sendai-nct.ac.jp president@tsuruoka-nct.ac.jp

***Abstract*— This paper presents the making decision of Nutrient Solution System in Hydroponics using Ontology by the relation of semantic system and technology of Web Ontology Language (OWL) and Semantic Web Rule Language (SWRL) for the utility of the Nutrient Solution System and let the system more automatic. We consider variables of electrical conductivity (EC), Potential of Hydrogen ion (pH), intensity of solution, species of plants and the relation of the device in the system for supporting to make the suitable decisions with the control system of hydroponic nutrient solution.**

Keywords- Hydroponics; Ontology; Nutrient Solution

I. INTRODUCTION

Nowadays, soilless culture is widespread because of the limited space of cultivation including higher labor costs. Therefore, soilless culture is one of the solutions to this problem. The nutrient solution system is the essential of soilless culture that affect the growth of the plants. Typically, we control the capacity of nutrient solution by persons and found that is not consistent and accurate[1]. Thus, we propose Nutrient Solution System with automatic control based on ontology.

Ontology[2] has been proved to be very useful in sharing concepts across applications in a single clearly defined meaning way and also conceived as a good mechanism to describe the shareable and common understanding in a domain concept. Ontology supports information exchange based on semantics rather than just syntax [3].

For this research, we use the principal of OWL (Ontology Web Language) and SWRL (Semantic Web Rule Language) with semantic rule for making parameter relational condition that affect the controlling of nutrient solution.

II. THEORIES

A. *Hydroponics*

Hydroponics[4] the growing of plants specifically in water or nutrient solutions is one of the most rapidly expanding new areas of plant research because it is an economically and ecologically sound approach to field crop production and soil management. Plants in hydroponics system are grown in nutrient solution, which consist two variables are pH and EC.

Carruthers [5] and Jones [6] introduced the suitable values of EC and PH for crops as shown in the table.

TABLE I. THE SUITABLE VALUES OF PH AND EC FOR CROPS

Plant	pH	EC
Cauliflower	6.0-6.5	2.5-3.0
Cabbage	6.6-7.0	2.5-3.0
Broccoli	6.0-6.5	1.8-2.4
Carrot	5.8-6.3	1.8-2.2
Kana	6.0-6.4	1.5-3.5
Cucumber	5.5-6.0	1.0-2.5
Lettuce	5.5-6.5	0.8-1.2
Tomato	5.5-6.5	2.0-5.0
Rose	5.0-6.0	1.8-2.2
Strawberry	6.0-6.5	1.4-2.0
Apple	6.8-7.2	2.2-3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. Web Ontology Language (OWL)

OWL[7] is the language that is developed for response to support semantic web language and make the level of logic in semantic web architecture and is built on the basic of RDF(S).

Otherwise, OWL is a modern semantic language that uses to explain ontology. OWL defines ontology for the extent of knowledge. Ontology on the basic of OWL is the group of axioms that have a definition of classes, properties and relationships between the related structures.

C. SWRL

Semantics Web Rule Language(SWRL)[8] is a language used for the Semantic Rules using the Propositional Logic model "Antecedent → Consequent". When the Antecedent and Consequent are written instead of the connectivity of atoms. Each atoms is connected to parameters are represented by question mark and variables (such as, ?x, ?y).

III. SYSTEM AND CONCEPT DESIGN

A. Nutrient Solution System

When the plants get water from the solution, the value of EC and PH will change. The changing value of EC is due to the absorption of nutrients in plants. The system is controlled by the EC,PH and water that flow away from the solution by controlling valve opened-closed of solution A and B as Fig.1.

For the Procedures of this system, if the water level in the tank is lower than the set point, valve will be opened to add water into the tank until the water level is as same as the set point. When the water level get to the set point, valve will be closed and solution valve A and B will open and be filled into the tank to adjust the EC. Then, acid valve will open to adjust EC and pH level until the values reach the set points.

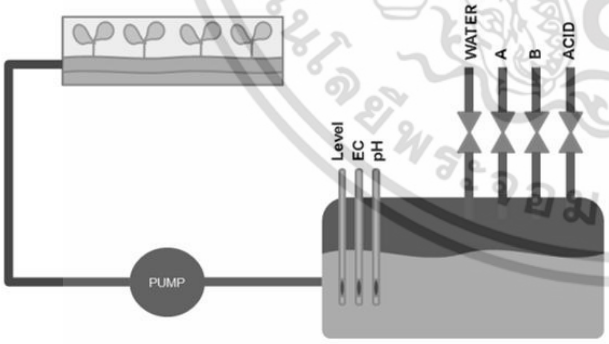


Figure 1. Nutrient Solution System for Hydroponics.

B. Ontology Design

This research, the control system of nutrient solution for automatic is applied to use ontology which helps for making decision. Application of ontology to nutrient solution system has four classes as shown in Fig. 2. They are Nutrient Control, Plant, Solution and Valve. Each classes have its own property which is explained below .

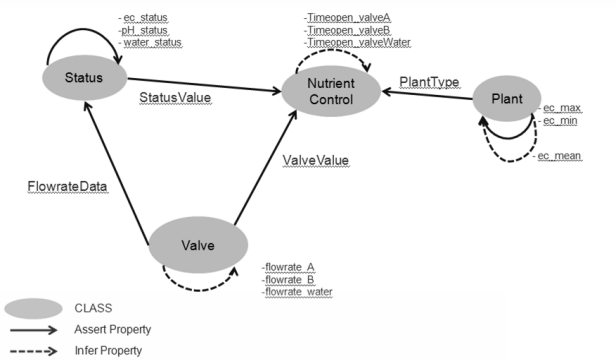


Figure 2. Ontology Concept Design of Nutrient Solution System for Hydroponics

C. Protégé

The Protégé tool supports knowledge acquisition and knowledge base development.[9] The user interface consists of several tabs that provide different views of the knowledge base.

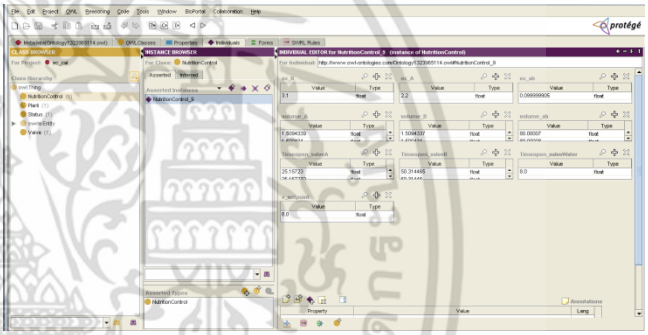


Figure 3. Nutrient Solution System for Hydroponics using a protégé tool.

For Fig.3 the display screen using a protégé tool which displays the relationship of the system and the user interface is also the inference rules to help decide who will run through the plant to grow. Then the system will determine the set point of the plant in the database, then the system will check the status of the solution. To control the system to your preference.

Rule 1-Rule 4-Rule-12 Rule-16 was written to establish the relationship of the class in the system.

Rule1

NutritionControl(?n) ∧ Plant(?p) →PlantType (?p, ?n)

Rule4

Status(?stat) ∧ NutritionControl(?n) → StatusValue (?stat, ?n)

Rule12

Valve(?valve) ∧ NutritionControl(?n) → ValveValue(?valve, ?n)

Rule16

Status(?stat) ∧ Valve(?valve) → FlowrateData (?stat, ?valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rule 2-Rule 3 of the writer to find the mean value in the range of EC. EC for the plant.

Rule2
ec_max(?p, ?ecmax) ∧ ec_min(?p, ?ecmin) ∧ swrlb:subtract(?ecperiod, ?ecmax, ?ecmin) → ec_period(?p, ?ecperiod)

Rule3
ec_period(?p, ?ecperiod) ∧ ec_min(?p, ?ecmin) ∧ swrlb:divide(?x, ?ecperiod, 2) ∧ swrlb:add(?ecmean, ?x, ?ecmin) → ec_mean(?p, ?ecmean)

Rule 5 Rule 6 Rule 7 Rule 8 of the Volume and value of the amount of the increase in EC.

Rule5
PlantType(?p, ?n) ∧ StatusValue(?stat, ?n) ∧ ec_status(?stat, ?ecstat) ∧ ec_mean(?p, ?ecmean) ∧ swrlb:subtract(?ecab, ?ecmean, ?ecstat) → ec_ab(?n, ?ecab)

Rule6
StatusValue(?stat, ?n) ∧ volume_status(?stat, ?vstat) ∧ ec_status(?stat, ?ecstat) ∧ swrlb:multiply(?v_e_stat, ?vstat, ?ecstat) → v_ec_status(?n, ?v_e_stat)

Rule7
v_setpoint(?n, ?vset) ∧ ec_mean(?p, ?ecmean) ∧ swrlb:multiply(?vsetemean, ?vset, ?ecmean) → v_setpoint_e_mean(?n, ?vsetemean)

Rule8
v_ec_status(?n, ?v_e_stat) ∧ v_setpoint_e_mean(?n, ?vsetemean) ∧ ec_ab(?n, ?ecab) ∧ swrlb:subtract(?a, ?vsetemean, ?v_e_stat) ∧ swrlb:divide(?vab, ?a, ?ecab) → volume_ab(?n, ?vab)

Rule 9 Rule 10 Rule 11 for the volume of solution A and B can fill.

Rule9
volume_ab(?n, ?vab) ∧ ec_ab(?n, ?ecab) ∧ swrlb:multiply(?vab_ecab, ?vab, ?ecab) → v_ab_e_ab(?n, ?vab_ecab)

Rule10
ec_A(?n, ?eca) ∧ ec_B(?n, ?ecb) ∧ swrlb:add(?ecplus_ab, ?eca, ?ecb) → ec_AplusB(?n, ?ecplus_ab)

Rule11
v_ab_e_ab(?n, ?vab_ecab) ∧ ec_AplusB(?n, ?ecplus_ab) ∧ swrlb:divide(?q, ?vab_ecab, ?ecplus_ab) → volume_A(?n, ?q) ∧ volume_B(?n, ?q)

Rule 13 Rule14 Rule 15 AB of the solution valve open time and water to fill the system.

Rule13
volume_A(?n, ?q) ∧ flowrate_A(?valve, ?flowA) ∧ swrlb:divide(?TimeA, ?q, ?flowA) → Timeopen_valveA(?n, ?TimeA)

Rule14
volume_B(?n, ?q) ∧ flowrate_B(?valve, ?flowB) ∧ swrlb:divide(?TimeB, ?q, ?flowB) → Timeopen_valveB(?n, ?TimeB)

Rule15
FlowrateData(?stat, ?valve) ∧ ValveValue(?valve, ?n) ∧ water_status(?stat, ?w) ∧ flowrate_water(?valve, ?flowWater) ∧ swrlb:divide(?TimeWater, ?w, ?flowWater) → Timeopen_valveWater(?n,

IV. Conclusion and Future Works

Ontology is able to design structure and mechanism that makes the system more effective and can apply to the others control system by using the relation of tools and variables.

For Semantic Rules can be able to used as a tools for analysis and making decision in the conditions of Semantic Systems. In addition, the Ontology program writing is able to share knowledge and easy for expanding systems in the future.

In the future, we will develop ontology to be able to apply to the remote control system together with the other development of ontology.

References

[1] Puttipong Hemawanit, "Nutrient Solution Control Network for Hydroponics System," Proc. Symp. *Advanced Control of Industrial Processes (AdCONIP'05)*, Aug. 2005, pp.104-106.

[2] N. Pantasen, A. Phutthisathian, N. Maneerat, "Ontology Based Nutrient Solution Control System for Hydroponics," *IMCCC*, 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[3] S. Calegari, D. Ciucci, "Integrating Fuzzy Logic In Ontologies," *ICEIS*, 2006.

[4] J. Benton Jones, Jr., **HYDROPONICS A Practical Guide for the Soilless Growerll**, Boca Raton, FL : St. Lucie Press, 1997, p.1.

[5] Carruththers S. **Hydroponics Gardening**. Port Melbourne :Hyde Parh Press.1998.

[6] Jones J. B. Jr. **A Guide for the Hydroponics & Soiless Culture Grower**. Delray Beach : St.Lucie Press.1997.

[7] Lee W. Lacy "OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language", Trafford, p.133.

[8] T. Nantiruj, N. Chaowalitsakulchai, N. Maneerat, R. Varakulsiripunth, "Ontology Application for Production Process Analysis in an Industrial," *EECON33*, 2010.

[9] J.H. Gennari et al., "The Evolution of Protege:An Environment for Knowledge-Based Sys tems Development," Int'l J. Human–Computer Studies, vol. 58, no. 1, 2003, pp. 89–123.

[10] Salton, G., Automatic Text Processing: The Transformation, Analysis and Retrieval of Information by Computer, Addison-Wesley, 1989.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ontology-Based Nutrient Solution Control System for Hydroponics

Areeworn Phutthisathian Nakulrad Pantasen Noppadol Maneerat
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
sakana_par@hotmail.com happyinmylife@hotmail.co.th kmnoppad@kmitl.ac.th

***Abstract*— This paper presents the Ontology-based Nutrient Solution Control System for Hydroponics with Protégé. We consider variables of electrical *conductivity* (EC), Potential of Hydrogen ion (pH), intensity of solution, species of plants and the relation of the device in the system for supporting to make the suitable decisions with the control system of hydroponics nutrient solution.**

Keywords- Hydroponics; Ontology; Nutrient Solution

I. INTRODUCTION

Nowadays, soilless culture is widespread more than before because of the limited space of cultivation including higher labor costs. Therefore, soilless culture is one of the solutions to the problem. The nutrient solution system is the essential of soilless culture that affect the growth of the plants. Typically, we control the capacity of nutrient solution by persons and found that is not consistent and accurate. Thus, we propose a nutrient solution system with automatic control based on ontology.

For this research, we use the principal of OWL (Ontology Web Language) and SWRL (Semantic Web Rule Language) with semantic rules for making parameter relational condition that affect the controlling of nutrient solution. We make ontology domain to control system using Protégé- OWL to write ontology. Protégé is the open-source and researched and developed by Standford Medical Informatics. OWL language is used for communicating in the Protégé.

II. LITERATURE REVIEW

A. *Hydroponics*

Hydroponics[2], the growing of plants specifically in water or nutrient solutions is one of the most rapidly expanding new areas of plant research esuaceb it is an economically and ecologically sound approach to field crop production and soil management.

Vegetable[4] in a hydroponics system are grown in nutrient solution, which consist of two variables, pH and EC. The volume of concentrated nutrient solution which is used for increase the EC, are calculated from equation (1) :

$$Q_U = \frac{Q_I(EC_F - EC_I)}{EC_U - EC_I} \qquad (1)$$

Q_u : volume of the concentrated nutrient solution which is used for increase the EC.
Q_i : volume of the nutrient solution in system before increase the EC
EC_u : EC value of the concentrated nutrient solution
EC_i : EC value of the nutrient solution in system before increase the EC
EC_F : EC value of the nutrient solution in system after increase the EC

Carruthers [8] and Jones [9] introduced the suitable values of EC and pH for crops as shown in the TABLE I.

TABLE I. THE SUITABLE VALUES OF EC AND PH FOR CROPS

PLANT	PH	EC
CAULIFLOWER	6.0-6.5	2.5-3.0
CABBAGE	6.6-7.0	2.5-3.0
BROCCOLI	6.0-6.5	1.8-2.4
CARROT	5.8-6.3	1.8-2.2
KANA	6.0-6.4	1.5-3.5
CUCUMBER	5.5-6.0	1-2.5
LETTUCE	6.0-6.5	0.8-1.2
TOMATO	5.5-6.5	2.0-5.0
ROSE	5.0-6.0	1.8-2.2
STRAWBERRY	6.0-6.5	1.4-2.0
APPLE	6.8-7.2	2.2-3.0

978-0-7695-4519-6/11 $26.00 © 2011 IEEE
DOI 10.1109/IMCCC.2011.260

IEEE computer society
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. Ontology

Ontology[1] gives the perfect semantic mean from the structure of relations, theories and logics that have benefits of controlling the attribute that make easier computing of ontology.

Ontology technology evaluation's main underlying idea is a mature concept and can be soon used for practical industry, We must evaluate and benchmark it to ensure a smooth transference. The evaluation should consider several factors—including interoperability, scalability, navigability, and usability.

C. Web Ontology Language (OWL)

OWL[3] is the language that is developed for response to support semantic web language and makes the level of logic in semantic web architecture. It is built on the basic of RDF(S).

Otherwise, OWL is a modern semantic language that is used to explain ontology. OWL defines ontology for the extension of knowledge. Ontology is based on OWL and is the group of axioms that has a definition of classes, properties and relationships between the related structures.

D. The Construction of Ontology

The prototype model[5] is an annular structure. It starts out by determining the scope in defining all the different concepts from the universal domain ontology in Fig.1

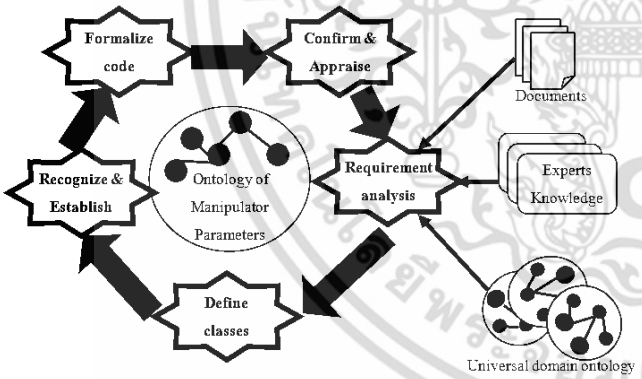


Figure 1. The prototype model of the construction of domain ontology for the manipulator parameters.

The procedure of the proposed prototype model is described below :

- Requirements analysis : Similar to the software developing method, we should capture information from its application scope, purpose as well as users from the beginning of constructing ontology, and the final goal of domain ontology is for the machine understanding.

- Define classes: Carrying on the detailed analyze and classifying the concept which is a collection of elements with similar properties from the requirement analysis. The properties would describe various features and attributes of the class.

- Recognize terms and establish the ontology framework: Evaluating the importance of every concept and selecting the key terms to remove the unnecessary concepts or exceed the domain scope. In this stage, the task complete the construction of target ontology structure which describes the concepts in the domain and also the relationships that hold between those concepts.

- Formalize code: After making evaluation, validation and refinement of the terms in the certain domain, we should formalize the good terms into codes in order to let the information has the machine intelligibility. Thus, the implicit semantic of the relational model must be mapped into explicit ontological structures. In the procedure of constructing ontology, it would use the "ontology reconfigurable" features and "ontology mapping" technologies.

- Confirmation and evaluation : The objective of this task is evaluation whether the existing ontology is conceptually rich enough to represent relational schemas completely and confirms whether all relational entities are mapped into corresponding ontological entities.

Because the knowledge domains are infinite, the domain boundary is fuzzy and the domains are overlap, we should continue communicating with professional expert after establishing the primary edition of certain domain ontology [6].

III. System and Concept Design

A. Nutrient Solution System

When the plants get water from the solution, the value of EC and pH will change. The changing value of EC is due to the absorption of nutrients in plants. The system is controlled by the EC, pH and water that flow away from the solution by controlling valve that opened-closed of solution A and B as Fig.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

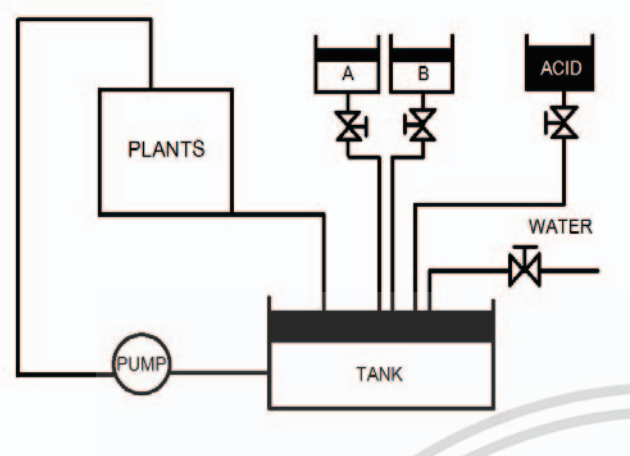


Figure 2. Nutrient Solution System for Hydroponics.

B. *Ontology Design*

This research, the automatic control system of nutrient solution is applied to use ontology which helps for making decision. We separate into 3 classes those are plant, parameter and tool for manipulator based on our approach following the overall prototype model as Fig. 3.

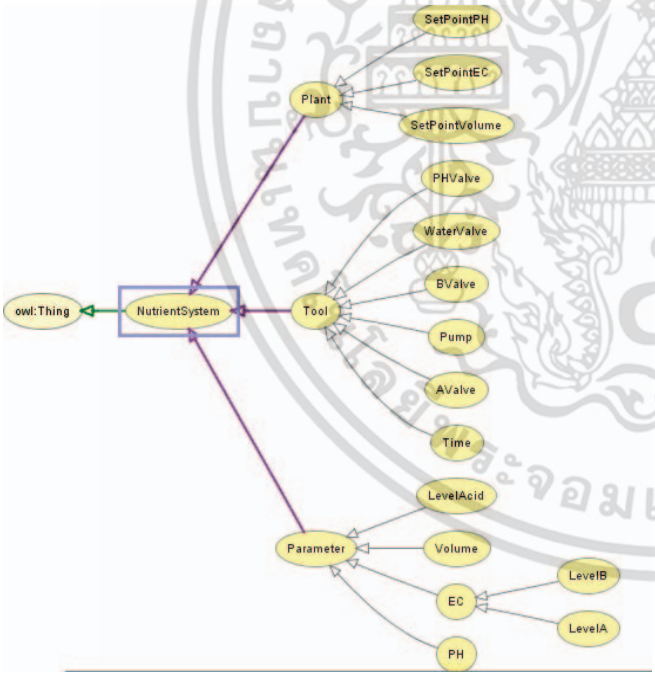


Figure 3. Hierarchy of Nutrient Solution System in Protégé

C. *Protégé*

The Protégé is a tool that supports knowledge acquisition and knowledge base development.[7] The user interface consists of several tabs that provide different views of the knowledge base. For example, tabs exist for ontology editing, form layout, knowledge entry, and knowledge base search. Protégé is implemented as an open-source Java application.

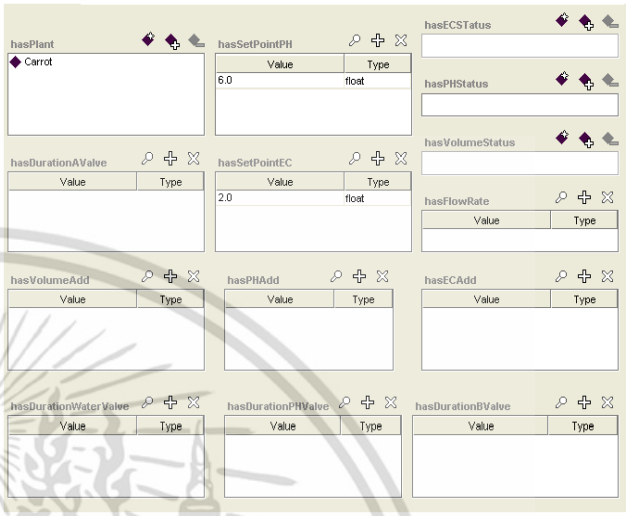


Figure 4. Nutrient Solution System for Hydroponics.

For Fig.4, the display screen using a protégé displays the relationships of the system and the user interface is also the inference rules to help for decision which will run through the plant to grow. Then the system will determine the setpoint of the plant in the database, the system will check the status of the solution to control the system to your preference.

IV. Conclusion and Future Works

Ontology is able to design structure and mechanism that makes the system more effective and can apply to the others control system using the relation of tools and variables. We also build an ontology of control variable from OWL and RDF (Resource Description Framework).

In the future, we will develop ontologies to be able to expand the extension of ideas and be able to apply to the remote control system together with the other development of ontology.

References

[1] Gomez-Perez,A.,&Corcho,O. “Ontology languages for the semantic web” IEEE Intelligent Systems, 17(1), pp. 54-60, 2002.

[2] J. Benton Jones, Jr., **HYDROPONICS A Practical Guide for the Soilless Growerll**, Boca Raton, FL : St. Lucie Press, 1997, p.1.

[3] Lee W. Lacy “OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language”, Trafford, p.133.

[4] Puttipong Hemawanit, “Nutrient Solution Control Network for Hydroponics System,” Proc. Symp. Advanced Control of Industrial Processes (AdCONIP’05), Aug. 2005, pp.104-106.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[5] M. H. Yang, L. Q. Qian, W. Y. Zhao, Research on merging ontology to generate domain-specific ontology, Computer Engineering, 2006.

[6] Xia, H., Liu, Y., Song, T., Tan, B., 2007. Research on the Industrial Robot Control System Based on Ontology and Web Service. ISKE-2007 Proceedings: Advances in Intelligent Systems Research, doi:10.2991/iske.2007.122.

[7] J.H. Gennari et al., "The Evolution of Protege:An Environment for Knowledge-Based Sys tems Development," Int'l J. Human–Computer Studies, vol. 58, no. 1, 2003, pp. 89–123.

[8] Carruththers S. **Hydroponics Gardening**. Port Melbourne :Hyde Parh Press.1998.

[9] Jones J. B. Jr. **A Guide for the Hydroponics & Soiless Culture Grower**. Delray Beach : St.Lucie Press.1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอารีวร พุฒิเสถียร
วัน เดือน ปีเกิด	15 พฤษภาคม 2531 ที่อุตรดิตถ์
ที่อยู่	8/82 หมู่บ้านทรัพย์ยั่งยืน ต.บางเมืองใหม่ อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10270
ประวัติการศึกษา	2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เบอร์โทร	094-6978877
อีเมลล์	a.phutthisathian@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้