

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูป

AUTOMOTIVE PARTS TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM  
FOR PRESS PRODUCTION LINE



กพ.  
๐๖๖๓ก  
๒๕๕๘

เลขที่ 138523  
เลขทะเบียน  
วันเดือนปี ๘ ต.ค. 2558

.b.....  
.i.....

1๒๗14185

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMOTIVE PARTS TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM  
FOR PRESS PRODUCTION LINE



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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะานุกรณ์	
ผศ.ดร.นนทวัฒน์ จุลเดชะ	
รศ.ดร.รัตติกร วรากุลศิริพันธ์ุ	
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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขและข้อกำหนดด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่มีการนำไปใช้  
วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

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

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอระบบการติดตามระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูปโดยแสดงผลผ่านเว็บไซต์ ซึ่งใช้บังคับตำแหน่งของตัวรถ AGV (Automatic Guided Vehicle) ติดตามสถานะของรถแต่ละคัน เวลาและเส้นทาง โดยในส่วนการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดนั้นใช้อัลกอริทึมดิเจสตรา นอกจากนี้ระบบยังสามารถแสดงเส้นทางสำรอง อีกทั้งยังมีการจัดการจราจรเพื่อป้องกันการชนของรถ อันส่งผลให้เกิดประโยชน์ ทั้งในด้านความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน การจัดลำดับการวางแผนการขนส่ง ความรวดเร็วในการเข้าไปแก้ไขปัญหา รวบรวมข้อมูลเพื่อฝ่ายผลิตสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงพัฒนาต่อไป อีกทั้งสามารถประหยัดเวลาด้านการเดินทาง และลดกำลังคนจากการติดตามที่ไม่จำเป็นต้องมาอยู่คอยติดตามที่หน้างาน เป็นต้น ดังนั้นระบบการติดตามการขนส่งชิ้นส่วนที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถจำลองการเดินทางของรถ AGV ได้ ฝ้าติดตามสถานะของรถ AGV ไปยังพื้นที่การผลิต ทำให้เกิดความสะดวกในการออกแบบ วางแผนและพัฒนาระบบขนส่ง และสำหรับระบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Visual Basic และ PHP สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่ให้คำปรึกษาช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ประสบการณ์ และความคิดริเริ่มในการศึกษาการทำวิจัยที่ดีแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในห้องปฏิบัติการทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และ ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อีกทั้งขอขอบคุณ บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์มา ณ โอกาสนี้ด้วย คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
III  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 กระบวนการบีมเข้ารูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Stamping Process).....	4
2.2.1 ข้อได้เปรียบของกระบวนการบีม (Advantages of Stamping Process).....	4
2.2.2 กรรมวิธีที่ใช้ในงานบีม (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 อัลกอริทึมดijkstra (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 ผ่านทางอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การทดลองเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรมคำนวณบนหน้าจอวางแผน.....	14
3.5 การทดลองเพื่อแสดงเส้นทางสำรองของการเดินรถ และแนวคิดในการจัดการจราจร.....	15
3.6 การทดลองเพื่อให้ระบบติดตามแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV .....	16
<b>บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง.....</b>	<b>19</b>
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
<b>บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล.....</b>	<b>32</b>
5.1 บทนำ.....	32
5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	32
5.3 สรุปผล.....	32
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	33
<b>เอกสารอ้างอิง.....</b>	<b>34</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>35</b>
ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	36
ประวัติผู้เขียน.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เส้นทาง การเข้าถึงของแต่ละโหนด.....	10
3.1 เส้นทาง การเดินทาง และระยะทาง.....	16
4.1 เส้นทาง การเดินทาง และระยะทางสำหรับเส้นทางหลักที่ใช้ และเส้นทางสำรอง 2 ลำดับ.....	21
5.1 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนหน้า และระบบของผู้วิจัย.....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 ของระบบจัดการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขึ้นรูป.....	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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพการณ์ในปัจจุบัน เทคโนโลยีจำนวนมากถูกนำมาใช้ในภาคโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแก้ปัญหาและปรับปรุงระบบการผลิต เทคโนโลยีต่างๆ จึงเข้ามามีบทบาทและความสำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำมาใช้ในการลดต้นทุนการผลิต สร้างระบบการจัดการเพื่อให้ระบบการผลิตมีความรวดเร็ว อีกทั้งช่วยในการจัดการปัญหาด้านคุณภาพ ทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องมองหาวิธีการหรือกระบวนการใดๆ ที่จะเข้ามาช่วยในการตอบสนองความต้องการต่างๆ และการแข่งขันได้ ประโยชน์ของการนำกระบวนการที่เกี่ยวข้องต่างๆ นี้ นอกจากจะเพื่อแก้ปัญหาภายในอุตสาหกรรมนั้นได้แล้ว ยังสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับภาคอุตสาหกรรมนั้นๆ ได้อีกด้วย

สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ ในส่วนของการผลิตการขึ้นรูปนั้นเป็นขั้นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ระบบการขนส่งต้องมีการจัดเรียงและนำเข้าหรือส่งออกวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนจากส่วนต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพและเป็นไปอย่างไม่ขาดตอน ปัญหาที่พบมากในขั้นกระบวนการนี้ก็คือความล่าช้าในการเรียกเก็บหรือจัดส่ง ความขาดตอนในการป้อนชิ้นงานเพื่อการผลิต ทำให้ชิ้นงานที่ได้ล่าช้ากว่ากำหนดเกิดปัญหาการผลิตขึ้นส่วนตามมา ทำให้เกิดปัญหาไปยังกระบวนการผลิตขั้นต่อไปอีกด้วย ซึ่งในระบบการจัดส่งที่มากกว่า 1 ส่วน นั้นคือระบบการจัดส่งที่สามารถขนส่งที่สามารถดำเนินการได้หลายๆ งานในเวลาเดียวกัน จะสามารถช่วยจัดการปัญหาความล่าช้าของการผลิต อันเนื่องมาจากการได้รับวัตถุดิบไม่ทันตามแผนได้ เพราะในความเป็นจริง ระบบการขึ้นรูปชิ้นงานนั้นจะดำเนินการพร้อมๆ กันหลายชิ้นส่วน และมีกระบวนการถัดไปที่ต้องรอการผลิตอยู่ดังนั้นหากส่วนหนึ่งเกิดความล่าช้า จะทำให้เกิดผลกระทบตามมาต่อส่วนการผลิตกระบวนการอื่นๆ ได้

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

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในงานวิจัยนี้เป็นการจัดทำโปรแกรมการติดตามระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูปโดยใช้รถ AGV เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยในการขนส่งชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อป้อนให้สายงานในการผลิตตามตำแหน่งของสถานีงานที่มีการผลิตงานขึ้นรูป โดยที่พัฒนาขึ้นทำให้โปรแกรมเฝ้าติดตามการทำงานของรถ AGV แต่ละคันได้ และได้นำอัลกอริทึมดิจิตอลมาช่วยในการค้นหาเส้นทางที่สั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นทางสำรอง และสามารถจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดการชนกันของรถ อันส่งผลให้ช่วยลดต้นทุนด้านเวลา กำลังคน และเพิ่มความสะดวกรสบายให้กับผู้ใช้งาน ที่ต้องใช้ในการติดตามประสิทธิภาพการทำงานของรถ การเข้าแก้ไขหากเกิดปัญหาอย่างทันทีทันใด อีกทั้งระบบยังสามารถจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การทำงานและวางแผนการปรับปรุงพัฒนาระบบต่อไป โดยงานวิจัยที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

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

### 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนนั้น จะมีการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิคสตรา โดยไม่ได้มีการแสดงเส้นทางสำรอง ซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงในกรณีที่ผู้วางแผนการผลิตจะต้องทำการควบคุมด้วยตนเอง อีกทั้งในส่วนของ การแก้ไขปัญหาของการจัดการจราจรนั้นระบบก่อนหน้าจะใช้ลักษณะของการลดความเร็วของรถลง เมื่อรถกำลังจะเข้าสู่ทางแยก ดังนั้นอาจจะเกิดข้อผิดพลาดส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ปฏิบัติงาน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์จากระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขั้นรูป ซึ่งมีรถ AGV เป็นเครื่องมือในการขนส่งชิ้นส่วนเข้าสู่ส่วนงานขั้นรูปต่างๆ โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาจะสามารถตอบสนองการติดตามสถานะของรถ AGV ที่ทำการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ ตำแหน่งของรถ เวลาที่ใช้ในการขนส่ง และเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยอาศัยอัลกอริทึมดิคสตรา อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นทางสำรอง และจัดการปัญหาในเรื่องจราจร ทำให้ฝ่ายวางแผนจัดการระบบขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ และมีการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความขัดข้องของรถ AGV ได้อย่างรวดเร็ว ทั้งยังสามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานของรถ AGV เพื่อนำไปประเมิน วิเคราะห์ ในการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive Maintenance) ในภายภาคหน้าต่อไปได้

### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

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

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาวิจัยการติดตามและแสดงผลในระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูป เพื่อเพิ่มความสะดวกในการติดตามตำแหน่ง เวลาที่ใช้ สถานะของรถ AGV แต่ละคันในการขนส่งชิ้นงานในโรงงาน ฝ่ายวางแผนสามารถนำข้อมูล เพื่อจัดการหาเส้นทางขนส่งที่สั้นที่สุดโดยอัลกอริทึมดิเจสตรา 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 ศึกษาอัลกอริทึมดิเจสตรา (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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการออกแบบการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขึ้นรูป โดยใช้อัลกอริทึมดิจิตอลมาช่วยในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.2 กระบวนการปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Stamping Process)

โลหะแผ่น (Metal Sheet) ถูกนิยามด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อความหนาสูง ถ้าความหนา มากกว่า 6 มิลลิเมตร จะเรียกว่าเพลท (Plate) โลหะแผ่นมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง ดังนั้นชิ้นส่วนที่ทำจากโลหะแผ่นจะมีน้ำหนักเบาและแข็งแรง การขึ้นรูปโลหะแผ่นจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูป (Deformation) ด้วยการพับหรือดัด (Bending) และ/หรือการยืด (Stretching) การปั๊ม (Stamping) ซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปเย็น (Cold-working) ของโลหะแผ่นด้วยแม่พิมพ์และเครื่องกด (Press) แม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นงานสำเร็จ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือ 펀ช์ (Punch) หรือแม่พิมพ์ และตาย (Die) หรือแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยปกติ 펀ช์จะอยู่ด้านบน มีขนาดเล็กกว่าตาย มีรูปร่างคล้ายตายและจะเป็นตัวเคลื่อนที่เข้าหาตาย เมื่อ 펀ช์และตายประกบกันจะมีช่องว่างเกิดขึ้น ช่องว่างนี้จะถูกกำหนดโดยชนิดและความหนาของแผ่นโลหะชิ้นงานและวิธีการขึ้นรูป ฟันซ์และตายจะถูกติดตั้งใตตายเซ็ท (Die Set) โดยตายจะติดอยู่ที่ฐานล่าง (Lower Die Shoe) และฟันซ์ติดอยู่กับฐานบน (Upper Die Shoe) ตายเซ็ททำหน้าที่นำฟันซ์และตายให้เคลื่อนที่เข้าประกบกันอย่างถูกต้อง ตายเซ็ทจะถูกนำไปติดตั้งบนเครื่องกด (Press Machine) โดยส่วนของตายจะยึดติดอยู่ด้านล่างและฟันซ์จะยึดติดอยู่ด้านบน

#### 2.2.1 ข้อได้เปรียบของกระบวนการปั๊ม (Advantages of Stamping Process)

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

1. สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนที่ผลิตด้วยวิธีอื่นได้ยาก
2. ไม่จำเป็นต้องตกแต่งชิ้นงานหลังการปั๊ม
3. ขนาดของชิ้นงานปั๊มทุกชนิดเท่ากัน สามารถเปรียบเทียบได้ในงานประกอบ
4. สมบัติทางกลเพิ่มขึ้น เช่น ความแข็งแรง เป็นต้น
5. ชิ้นงานมีน้ำหนักเบา
6. อัตราการผลิตสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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) นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีดั้งเดิมอื่นๆ เช่น การปั๊มบุ (Embossing) การปั๊มจมน (Coining) การบีบอัด (Swaging) การฝานขอบ (Shaving) และการตัดขอบ (Trimming) การผลิตชิ้นงานโลหะแผ่นจะต้องใช้หลายกรรมวิธีที่กล่าวมาแต่ไม่จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีทั้งหมด

### 2.2.2.1 Blanking

เป็นขั้นตอนแรกที่จะต้องทำในการผลิต โดยจะเป็นการตัดแผ่นโลหะด้วย 펀ช์ และคายให้ได้รูปร่างที่ต้องการ แผ่นโลหะที่ตัดออกมานี้จะนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานต่อไป

### 2.2.2.2 Piercing

โดยทั่วไปเป็นขั้นตอนที่ต่อจาก blanking โดยจะตัดแผ่นโลหะให้เป็นรูตามตำแหน่งที่ต้องการบางครั้ง blanking และ piercing สามารถทำพร้อมกันได้

### 2.2.2.3 Bending

เป็นการตัดพื้นผิวระนาบของโลหะทำมุมกันตั้งแต่หนึ่งมุมขึ้นไปโดยความหนาของแผ่นโลหะไม่เปลี่ยนแปลงและรัศมีการตัดจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

### 2.2.2.4 Drawing

เป็นการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วย 펀ช์เข้าไปในโพรงของดายโดยปราศจากการยึดของแผ่นโลหะ ดังนั้นช่องว่างระหว่าง 펀ช์และดายจะเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

### 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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2.8 Shaving

เป็นการตัดแต่งขอบแผ่นโลหะผ่านการ blanking หรือ piercing มาแล้ว

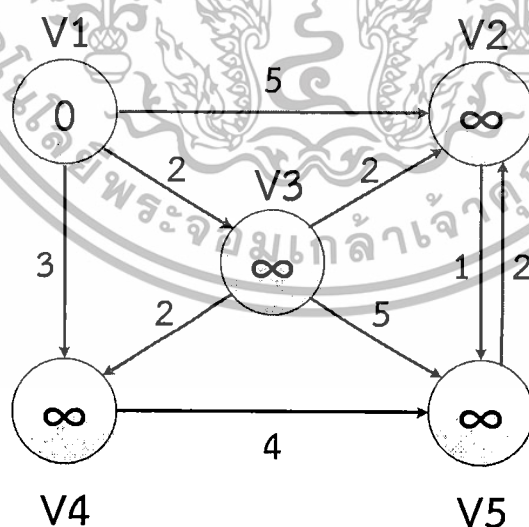
### 2.2.2.9 Trimming

เป็นการทำงานคล้าย blanking เพื่อตัดโลหะส่วนเกินออก วิธีนี้จะทำที่หลังสุด เมื่อแผ่นโลหะผ่านกรรมวิธีอื่นๆ

## 2.3 อัลกอริทึมดijkstra (Dijkstra Algorithm)

อัลกอริทึมดijkstra [4] เป็นวิธีที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยใช้ทิศทางและไม่ใช้ทิศทางในการค้นหา ซึ่งมีวิธีการคิดที่เข้าใจง่าย และมีประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทางจึงทำให้ได้รับความนิยม โดยเฉพาะการค้นหาเส้นทางระหว่างจุด 2 จุด (Shortest Path) หลักการคือเลือกเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดเท่าที่เห็นในขณะใดขณะหนึ่ง โดยอัลกอริทึมของดijkstraนี้จะมองเห็นน้ำหนักของเส้นทางที่ต่อเมื่อเป็นเส้นทางที่เชื่อมต่อกับจุดที่ได้เลือกพิจารณาไว้ สำหรับเส้นทางที่ยังไม่ได้ยึดติดกับจุดที่เลือกไว้ให้ถือว่าเป็นค่าเป็นอนันต์ และค่าน้ำหนักที่คิดเรียบร้อยแล้ว จะเป็นค่าของระยะทางจากจุดเริ่มต้น ไปยังทุกจุดในเครือข่ายที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งหลักการหาเส้นทางวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดเริ่มต้น โดยจุดเริ่มต้นแต่ละจุดจะให้ค่าที่คำนวณได้ไม่เหมือนกัน

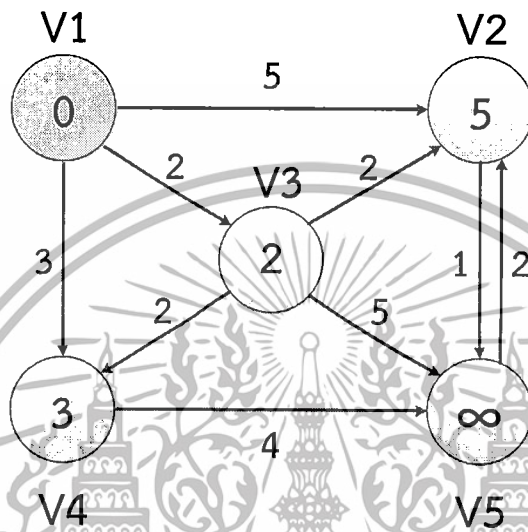
ตัวอย่างการค้นหาเส้นทางของกราฟทั้งกราฟประกอบด้วยโหนด V1-V5 แทนตำแหน่งของโหนดทั้ง 5 โหนด โดยแต่ละโหนดมีเส้นเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายและให้แต่ละเส้นแทนเส้นทางที่เชื่อมต่อบetween โหนดสองโหนด ซึ่งในแต่ละเส้นจะมีเลขกำกับไว้แทนค่าน้ำหนักของเส้นทางนั้นๆ ซึ่งกำหนดโหนดเริ่มต้นไว้ที่ V1 ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เครือข่ายทั้งหมด และโหนดเริ่มต้น

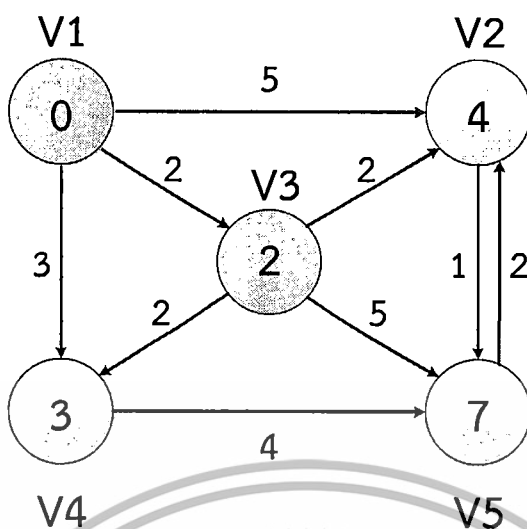
เริ่มแรกยังไม่มีทางเลือกเส้นทางใดเลย ระยะทางที่โหนดเริ่มต้น (V1) มีค่าเป็นศูนย์ ส่วนโหนดอื่นที่เหลือให้มีค่าเป็นอนันต์เนื่องจากยังไม่ทราบค่าระยะทางที่ไปยังโหนดดังกล่าวดังรูปที่ 2.1 เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



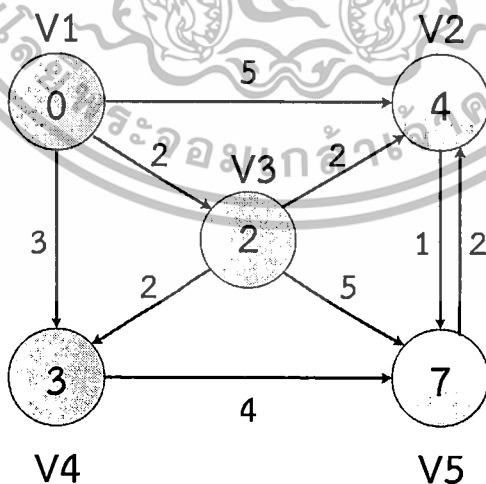
รูปที่ 2.2 โหนดที่รู้ค่าระยะทางแล้ว

เมื่อทำการปรับค่าระยะทางเรียบร้อยแล้ว จะทำการเลือกเส้นทางที่มีค่าน้อยที่สุด ในแต่ละครั้ง หลังปรับค่าระยะทางเรียบร้อยแล้ว โดยเส้นทางที่เลือกต้องไม่ใช่เส้นทางที่เชื่อมไปยังโหนดที่เลือกพิจารณาแล้ว 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



รูปที่ 2.3 โหนด V3 ที่ถูกเลือก และปรับค่าระยะทางใหม่

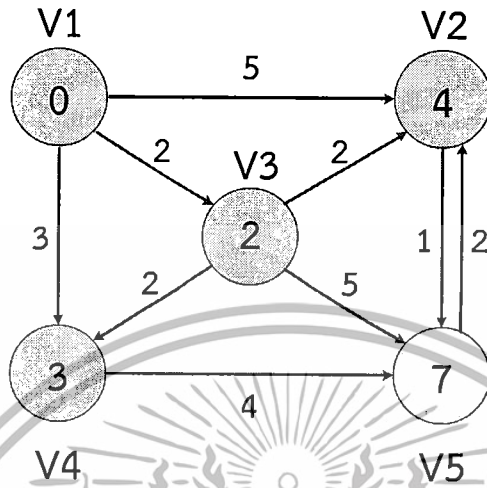
เมื่อเลือกโหนด V3 แล้วจะทำการปรับค่าระยะทางใหม่ เมื่อพิจารณาโหนด V3 สังเกตเห็นว่า การเดินทางจากโหนด V1 ไปยังโหนด V2 มีเส้นทางเดียว มีค่าเท่ากับ 5 แต่เมื่อทำการเลือก V3 แล้ว ทำให้มีเส้นทางเพิ่มขึ้นคือเส้นทางจาก V1 ผ่านทาง V3 ไปยัง V2 ซึ่งมีระยะทาง  $2+2 = 4$  จึงต้องมีการเปรียบเทียบระหว่างระยะทางใหม่กับระยะทางเดิม ซึ่งระยะทางใหม่มีค่าน้อยกว่าระยะทางเดิม อยู่ 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

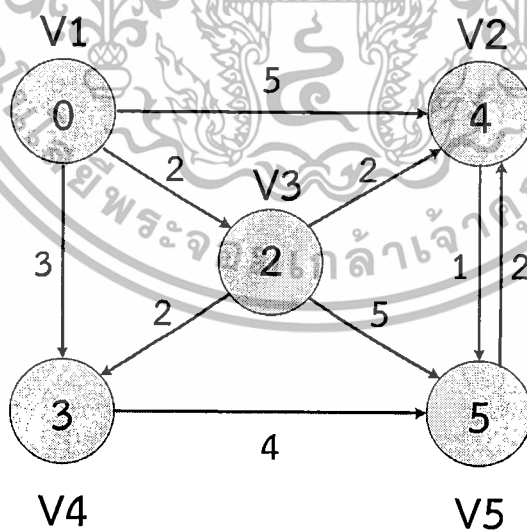
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นก็ทำการปรับค่าในรอบที่ 3 ซึ่งจะเลือกตำแหน่งที่ยังไม่ถูกเลือก 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

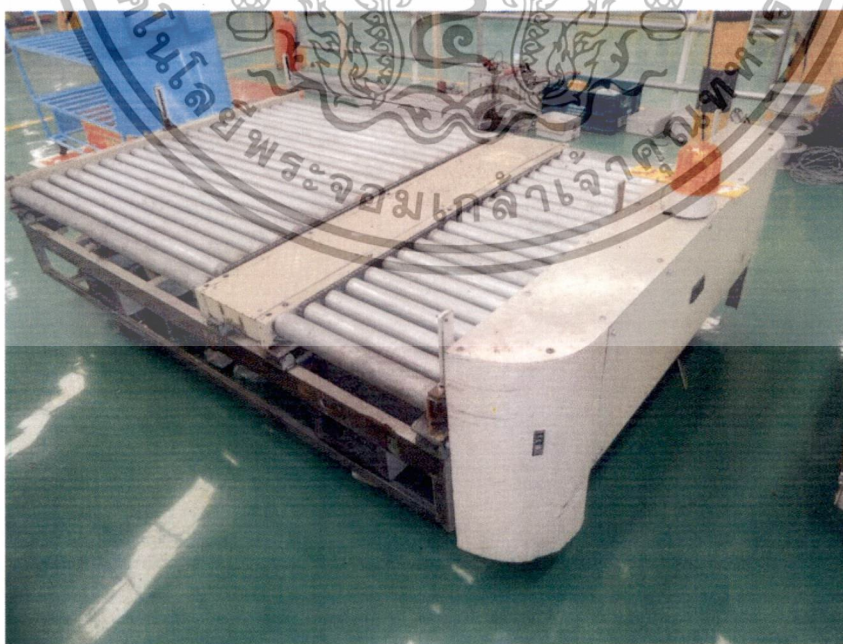
## ตารางที่ 2.1 เส้นทาง การเข้าถึงของแต่ละโหนด

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 สังเกตค่าที่หาได้ของ โหนดปลายทาง (V5) ซึ่งระยะทางที่สั้นที่สุดมีค่าเท่ากับ 5 ดังนั้นจะได้เส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด คือ V1, V3, V2 และ V5 ตามลำดับ

## 2.4 รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles)

รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ[2][3]เป็นรถที่มีการขับเคลื่อนโดยไม่มีคนขับ เคลื่อนไปตามทางบน เส้นลวดที่ฝังไว้ใต้พื้นของโรงงาน เส้นทางที่กล่าวถึงอาจเป็นแบบแสง (passive fluorescent) หรือ แบบแม่เหล็ก (magnetic line) ถูกทำสับบนพื้นหรือการใช้ลวดนำทาง (active guide wire) ฝังไป ในพื้น



รูปที่ 2.7 รถ AGV (Automated Guided Vehicles) หรือรถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

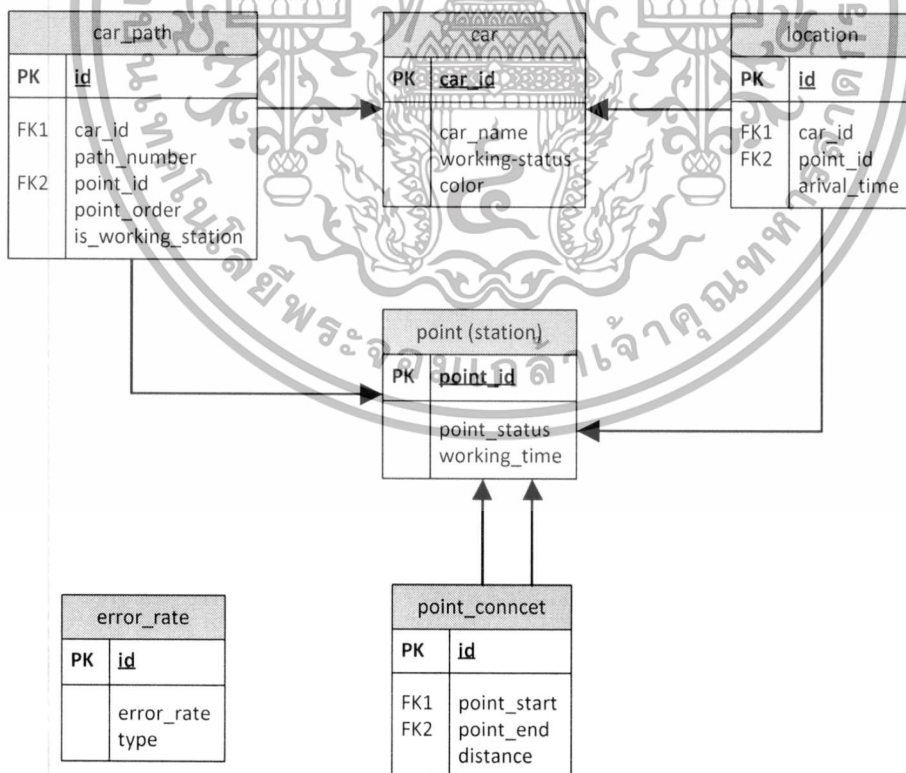
## บทที่ 3 ระบบที่พัฒนา

### 3.1 บทนำ

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบระบบ โดยจำลองอุปกรณ์ชุดสวิทช์ที่ต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการออกแบบการทดลอง เพื่อจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงที่สุด โดยจำลองให้มีสวิทช์จำลองเป็นหน่วยตรวจวัดการมาถึงของตัวรถ 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



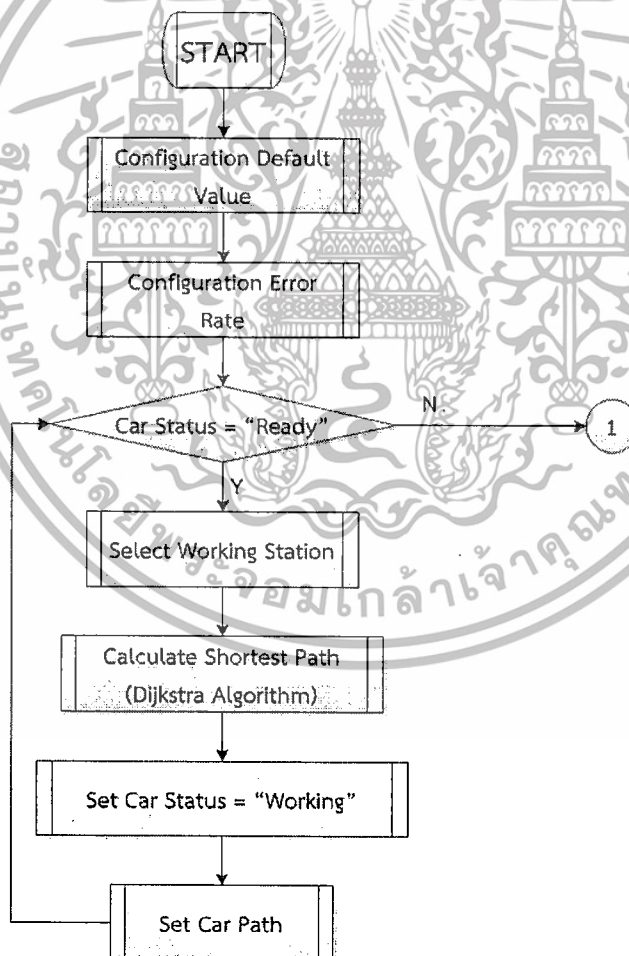
รูปที่ 3.1 Schema Design ของระบบจัดการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขั้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบดังกล่าวนี้ ภายในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย 6 ส่วนกล่าวคือ เส้นทางการเดินทาง รายละเอียดรถ รายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่ง ตำแหน่งของสถานีงาน ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุด และเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของเวลา

### 3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อแสดงผลต่างๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์

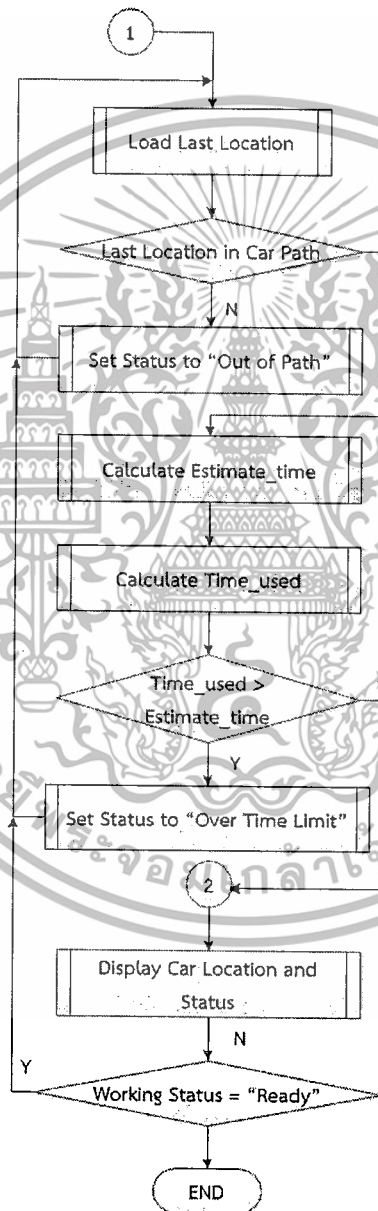
ผู้วิจัยได้นำสวิตช์ เพื่อจำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดสถานี บนแผนที่ หลังจากทีระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแล้ว โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุด ตามเส้นทางที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์ ผู้วิจัยต้องการให้ระบบแสดงสถานะต่างๆที่สามารถจะเกิดขึ้นได้ในระบบ และสถานะการจริง โดยจะแบ่งการทดลองเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรม และส่วนแสดงผลไปตามสถานการณ์ของรถ AGV ที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งสามารถสรุปการทำงานของระบบเป็นแผนผังได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบสำหรับผู้วางแผนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงการทำงานของระบบสำหรับการแสดงผล

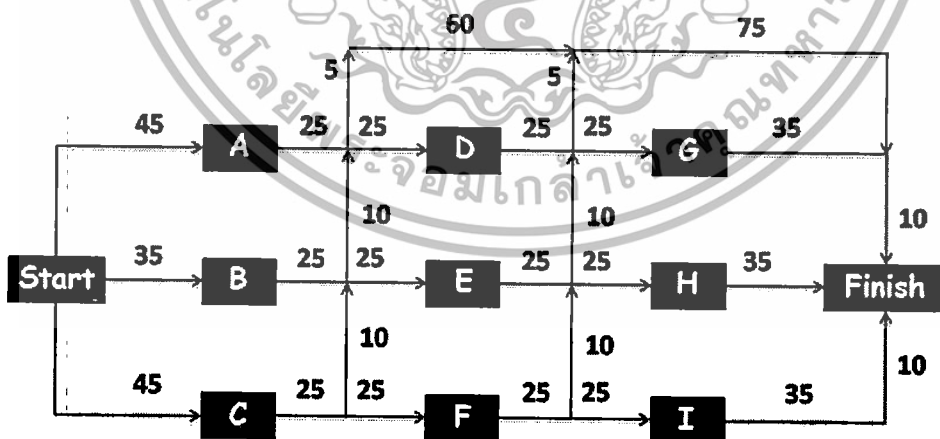
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนหน้าจอแสดงผลลัพท์ (Monitor) จะมีการแสดงผลการเดินทางของรถ สำหรับรถที่สถานะไม่ใช่ Working จะไม่มีการคำนวณเส้นทาง เพราะจะต้องผ่านการตั้งค่าจากหน้า Planner ก่อน สำหรับรถที่สถานะเป็น "Working" จะมีการคำนวณสถานะของรถ และทำการดึงข้อมูลตำแหน่งล่าสุดของรถแต่ละคันจากฐานข้อมูล คำนวณตำแหน่งล่าสุดของรถอยู่ในเส้นทางหรือไม่ 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 ดิจิสตรา เพื่อส่งออกเป็นผังเส้นทางที่สั้นที่สุด ไปยังส่วนบังคับรถ AGV เพื่อให้รถ ดำเนินการขนส่งไปยังเส้นทางที่สั้นที่สุดที่โปรแกรมคำนวณส่งค่าออกมา

เพื่อให้ทราบได้ว่า ทางระบบสามารถส่งค่าเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงต้องคำนวณหาระยะทางรวมและเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ต้องใช้ในการขนส่งไปในแต่ละสถานีเสียก่อน เพื่อนำมาเทียบกับ ผลการคำนวณที่ได้จากระบบ โดยผู้วิจัยจำลองออกแบบระบบขนส่งออกเป็น 11 สถานีย่อย ซึ่งมีระยะทางที่เป็นเส้นทางในการเดินทางระหว่างสถานีดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงสถานี และระยะทางระหว่างสถานี

โดยที่เส้นทางที่สั้นที่สุดในการจะขนส่งวัตถุไปยังแต่ละสถานีผ่านการคำนวณโดยสามารถสรุปออกมาดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 เส้นทางการเดินทาง 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 ขนส่งไปวัดอุทกิตบและให้โปรแกรมทำการประมวลผลส่งค่าเป็นเส้นทางเดินทางที่สั้นที่สุดที่เป็นไปตามเส้นทางที่ผู้วิจัยคำนวณในสถานีปลายทางเดียวกัน พร้อมทั้งสามารถส่งค่าที่ได้ ไปยังโปรแกรมออกคำสั่งการเดินรถเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้

### 3.5 การทดลองเพื่อแสดงเส้นทางสำรองของการเดินรถ และแนวคิดในการจัดการจราจร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานระบบจะทำการตรวจสอบการชนกันของรถ ณ ทางแยกก่อน หากพบว่ารถจะไม่พบปัญหาการชนกัน รถจึงจะเคลื่อนที่ออกจากสถานี แต่ถ้าหากกรณีมีโอกาสที่จะเกิดการชนกัน รถคันที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ก่อนนั้นจะทำการเคลื่อนที่ไปยังสถานีต่อไป ส่วนรถคันที่รอนั้นจะต้องรอสถานีที่ได้ทำการหยุดจนกว่าจะมีการสั่งให้รถคันที่รอสามารถทำงานต่อได้ เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้านี้สำหรับการจัดการปัญหาการจราจรนั้น คือ เมื่อรถแต่ละคันกำลังจะเคลื่อนที่เข้าใกล้ทางแยกรถจะทำการลดความเร็วลงและคำนวณหาลำดับความสำคัญของรถที่จะได้สิทธิ์ในการเคลื่อนที่ผ่านไปก่อน ซึ่งอาจจะเกิดข้อผิดพลาดเกิดการชนกันได้หากเกิดความผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูลระหว่างรถและระบบกลาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความแม่นยำในการแก้ไขปัญหาของรถอาจจะมีการชนกันได้มากขึ้น

### 3.6 การทดลองเพื่อให้ระบบติดตามแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV

ในการทดลองหัวข้อย่อนี้ ทางผู้วิจัยต้องการให้โปรแกรมติดตามการเดินทางของรถ AGV สามารถแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV ที่ได้ลงทะเบียนการใช้งานในระบบว่าในขณะที่ระบบขนส่งดำเนินการอยู่ รถแต่ละคันมีสถานะ การดำเนินงานเป็นเช่นไร

โดยในการทดลองผู้ทดลองจะทำการกำหนดจุดหมายที่ต้องการให้รถ AGV ที่มีสถานะพร้อมใช้งานนำวัตถุดิบหรือชิ้นงานไปส่ง ซึ่งในส่วนของโปรแกรมเลือกเส้นทาง ก็จะใช้เส้นทางที่สั้นที่สุดพร้อมกับให้รถ AGV ดำเนินการขนส่งตามขั้นตอน

ผู้วิจัยได้นำสวิตช์จำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดบนแผนที่หลังจากที่ระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดแล้ว โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุดตามเส้นทางที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เนตบราวเซอร์ โดยที่ผู้วิจัยจะใช้การปรับเวลาการกดปุ่มแทนการมาถึงของรถ AGV ดังกล่าว เพื่อให้เกิดเป็นเหตุการณ์จำลองต่างๆของรถ โดยจะมีสถานะที่แสดงบนอินเทอร์เนตบราวเซอร์ดังต่อไปนี้

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

แตกต่างออกไปจากเส้นทางที่กำหนดตั้งแต่หน้าวางแผน ระบบจะต้องแสดงผลแจ้งเตือนให้ผู้ควบคุมระบบให้ทราบถึงความผิดพลาดในการขนส่งผ่านทางข้อความเตือนบนหน้าติดตามผลบนอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์ เพื่อให้ส่งผู้เกี่ยวข้องเข้าไปดูแลตัวรถที่เกิดปัญหาในทันที

2.3 เมื่อรถวิ่งผ่านจุดแต่ละจุดซ้ำกว่าเวลาที่ระบบคำนวณไว้: ในกรณีที่รถผ่านตรวจวัดการมาถึงของรถ ซ้ำกว่าที่ระบบประมาณเอาไว้เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ (แล้วแต่ทางผู้ควบคุมพิจารณา กำหนด) นั่นคือทางผู้วิจัย จะกดปุ่มรับข้อมูลการมาถึงของรถซ้ำกว่าที่คำนวณไว้เกินค่าที่ยอมรับได้ ระบบจะต้องแสดงผลการเคลื่อนที่ของรถดังกล่าวไปยังอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์ ว่ารถอาจมีความผิดปกติในการขนส่ง แต่ยังสามารถปฏิบัติการได้อยู่ โดยระบบก็จะคำนวณเวลาที่คาดว่าจะไปถึงยังจุดหมายใหม่ พร้อมทั้งแสดงสถานะแจ้งให้ผู้ควบคุมระบบตรวจสอบเพื่อตรวจเช็คตัวรถ หรือเส้นทางที่ทำให้เกิดการขนส่งที่ซ้ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ เพื่อปรับแก้ไขในภายหลังต่อไป

2.4 สถานะการทำงานพร้อมกันของรถทุกคันในระบบ: ระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถแสดงผลการทำงานของรถขนส่งตามสถานะต่างๆดังที่กล่าวมาข้างต้นได้พร้อมกัน โดยผู้วิจัยจะทำการส่งงานรถขนส่งทุกตัวในระบบ (ผู้วิจัยจำลองไว้มากที่สุดที่ 4 คัน) ไปยังจุดหมายต่างๆ แล้วตัวระบบสามารถแสดงสถานะการทำงานขนส่งของรถทุกคันที่ปล่อยลงระบบได้



## บทที่ 4

# การออกแบบการทดลอง

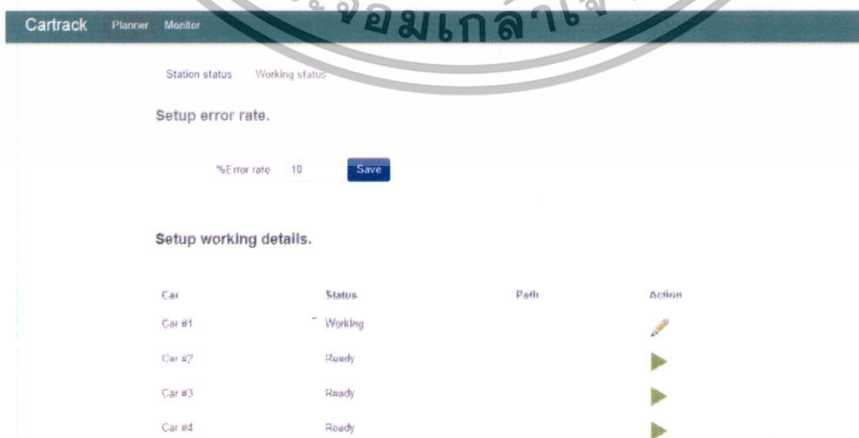
### 4.1 บทนำ

ผู้วิจัยได้นำสวิตช์จำลองให้เป็นจุดรับการมาถึงของรถ AGV ในแต่ละจุดสถานี บนแผนที่ หลังจากทีระบบได้เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านระบบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ใช้อัลกอริทึม ดิจสตรา ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่ง โดยจะใช้การกดปุ่มแทนการมาถึงของตัวรถในแต่ละจุดตาม เส้นทางที่สั้นที่สุดที่ระบบเลือกมา และส่งข้อมูลในเรื่องตำแหน่ง เวลา สถานะ ไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณและส่งผลไปยังอินเทอร์เน็ทเบราว์เซอร์ ผู้วิจัยต้องการให้ระบบแสดงสถานะต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบ และสถานะการจริง โดยจะแบ่งการทดลองเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วน ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดผ่านโปรแกรม และส่วนแสดงผลไปตามสถานการณ์ของรถ AGV ที่ สามารถเกิดขึ้นได้

### 4.2 ผลการทดสอบ

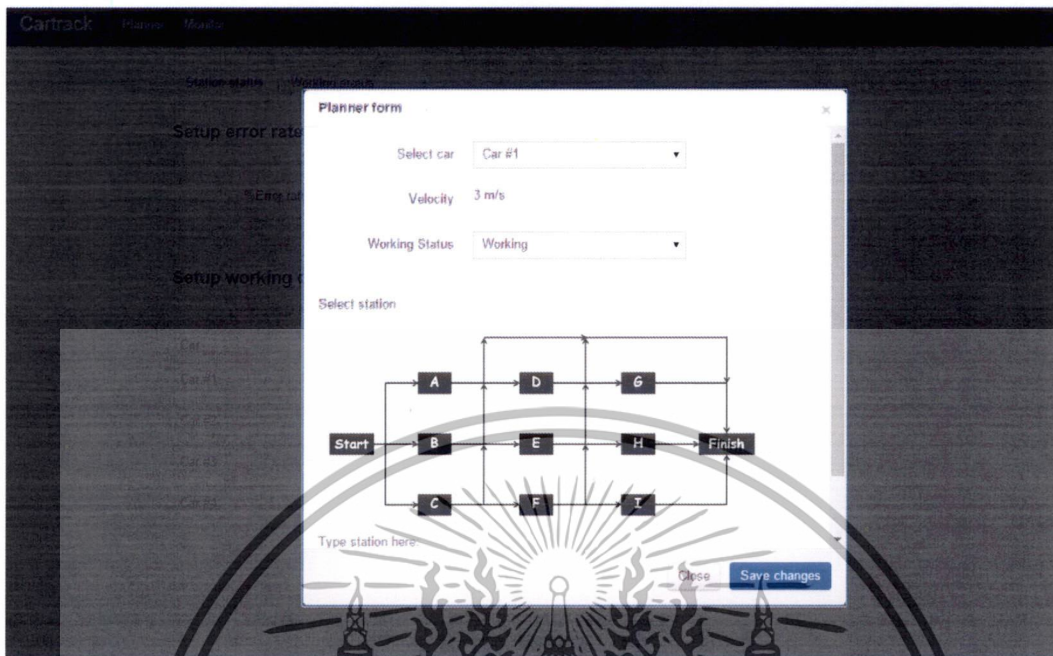
#### 4.2.1 การทดลองเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และเส้นทางสำรองผ่านโปรแกรมคำนวณบน หน้าจอวางแผน

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ๒๕๖๕ (สำหรับผู้อ่านแผนการผลิต)  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นผู้วางแผนการผลิตทำการตั้งค่าโดยการเลือกรถ และกำหนดสถานะของรถ ดังรูปที่ 4.2

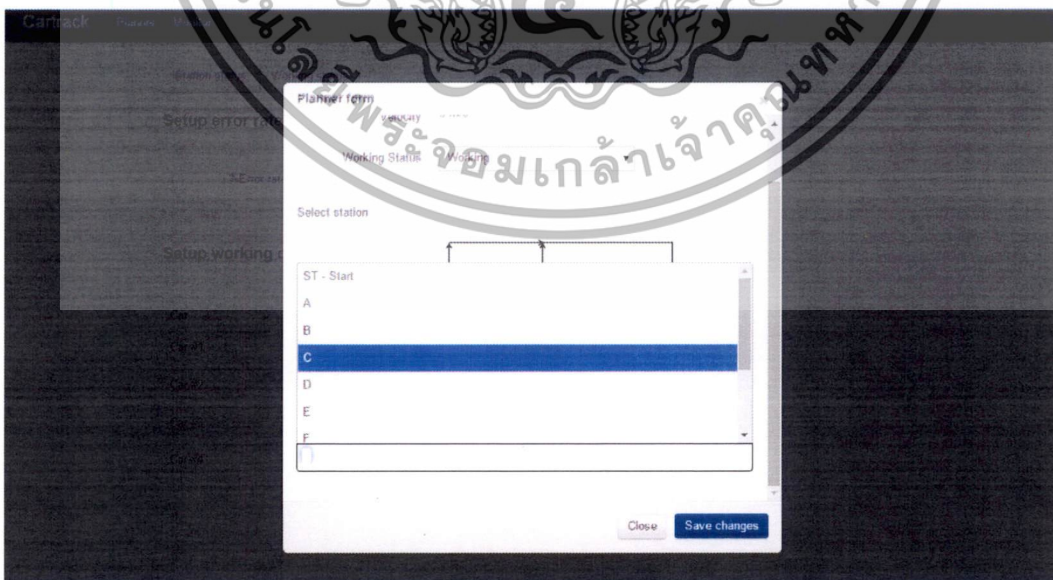


รูปที่ 4.2 การตั้งค่าสำหรับผู้วางแผนการผลิต

ผู้วางแผนการผลิตจะต้องทำการเลือกสถานีงานที่ต้องการจะส่งชิ้นส่วนยานยนต์ดัง

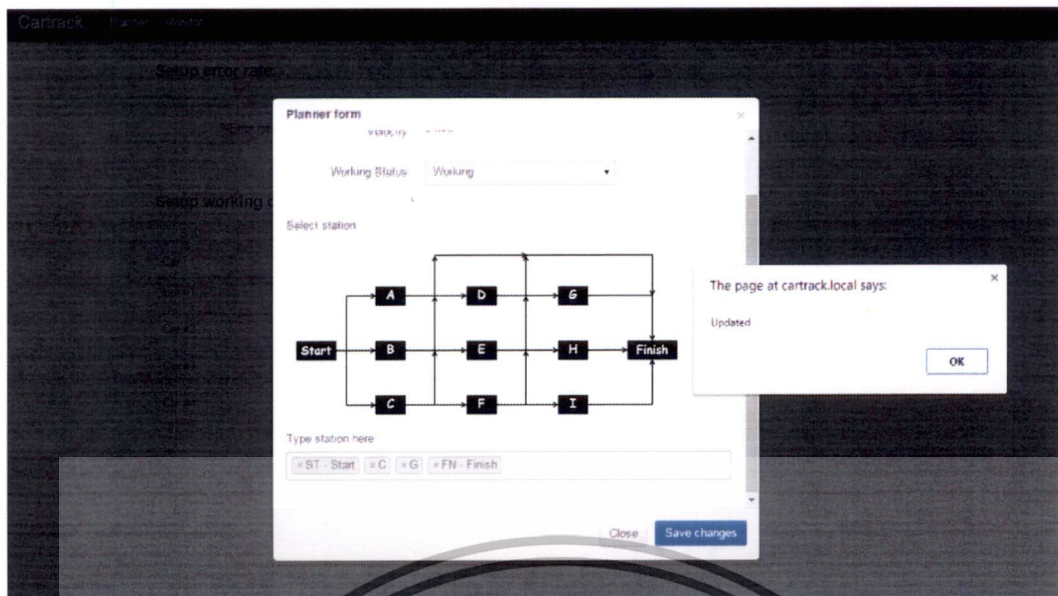
รูปที่ 4.3 หลังจากนั้นจะต้องทำการยืนยันเส้นทางเพื่อให้ระบบคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดดัง

รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 การเลือกสถานีงานสำหรับผู้วางแผนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ยืนยันเส้นทางที่ได้ทำการเลือก

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

ตารางที่ 4.1 เส้นทางการเดินทาง 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cartrack Planner Monitor

Station status Working status

Setup error rate.

%Error rate 10

Setup working details.

Car	Status	Path	Action
Car #1	Working	1 ST-C-F-G-FN 2 ST-C-E-G-FN 3 ST-C-D-G-FN	
Car #2	Ready		

รูปที่ 4.5 หน้าหลัก (สำหรับผู้วางแผนการผลิต) หลังจากทำการตั้งค่าแล้ว

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

Cartrack Planner Monitor

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	C	F	Usage time : 763.748 s Station time : 10.600 s Expected : 17 s (Error: 2 x)	Over time limit
Car #2	Ready	-				
Car #3	Ready	-				
Car #4	Ready	-				

รูปที่ 4.6 หน้าแสดงผลลัพธ์

ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับการคำนวณเพื่อหาระยะโดยผู้วิจัย จะเห็นได้ว่า ตัวโปรแกรมได้เลือกเส้นทางด้วยระยะที่สั้นที่สุดที่ 210 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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

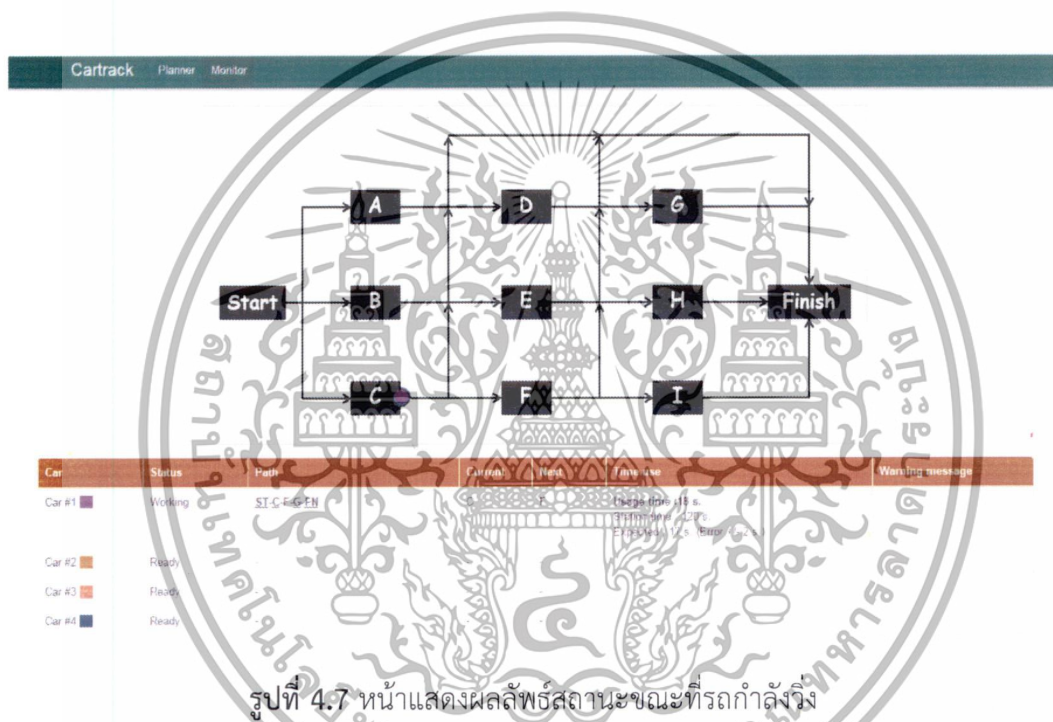
เนื่องจากการทดลองที่แล้ว ทางผู้วิจัยต้องการให้โปรแกรมติดตามการเดินทางของรถ AGV สามารถแสดงสถานะการทำงานของรถ AGV ที่ได้ลงทะเบียนการใช้งานในระบบว่า ในขณะที่ระบบขนส่งดำเนินการอยู่ รถแต่ละคันมีสถานะการดำเนินงานเป็นเช่นไร

โดยในการทดลองที่แล้วผู้ทดลองจะได้เส้นทางที่สั้นที่สุด เพื่อให้รถ AGV ที่มีสถานะพร้อมใช้งานที่เลือกไว้นำวัตถุหรือชิ้นงานดำเนินการขนส่งตามขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

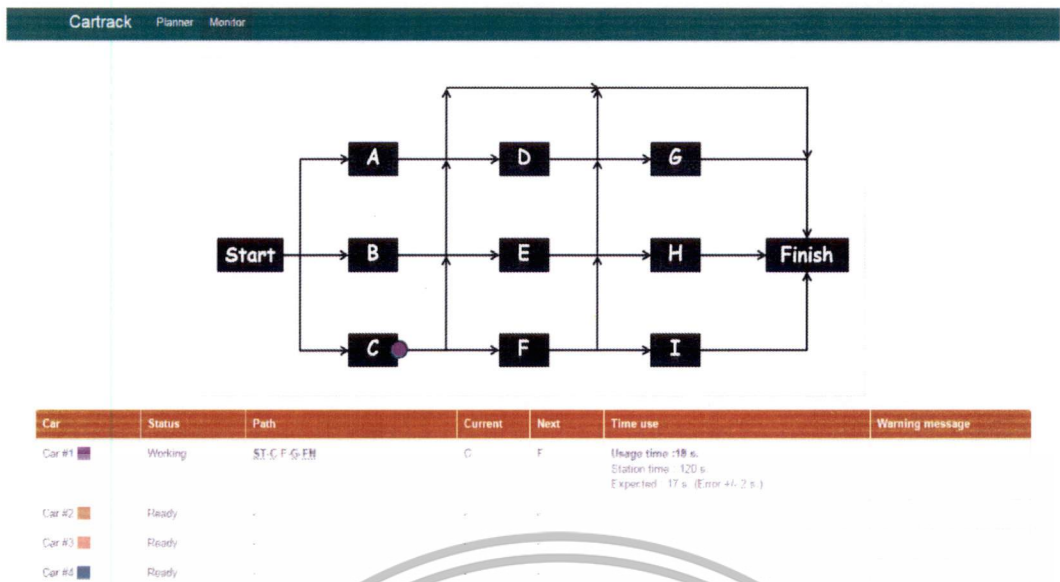
1. สถานะพร้อมใช้: ในขณะที่รถไม่ได้ทำงาน รถที่ลงทะเบียนไว้และรอคำสั่งส่งวัตถุดิบจะแสดงสถานะ พร้อมใช้งาน ทั้งในหน้าสำหรับเพจการวางแผนขนส่ง และหน้าเพจการติดตามผลการดำเนินงาน เพื่อให้ผู้ควบคุมระบบทราบถึงจำนวนรถที่พร้อมใช้งานเพื่อดำเนินการวางแผนต่อไป ดังเช่น รถAGV หมายเลข 2 ถึงหมายเลข 4 (Car #2 ไปจนถึง Car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



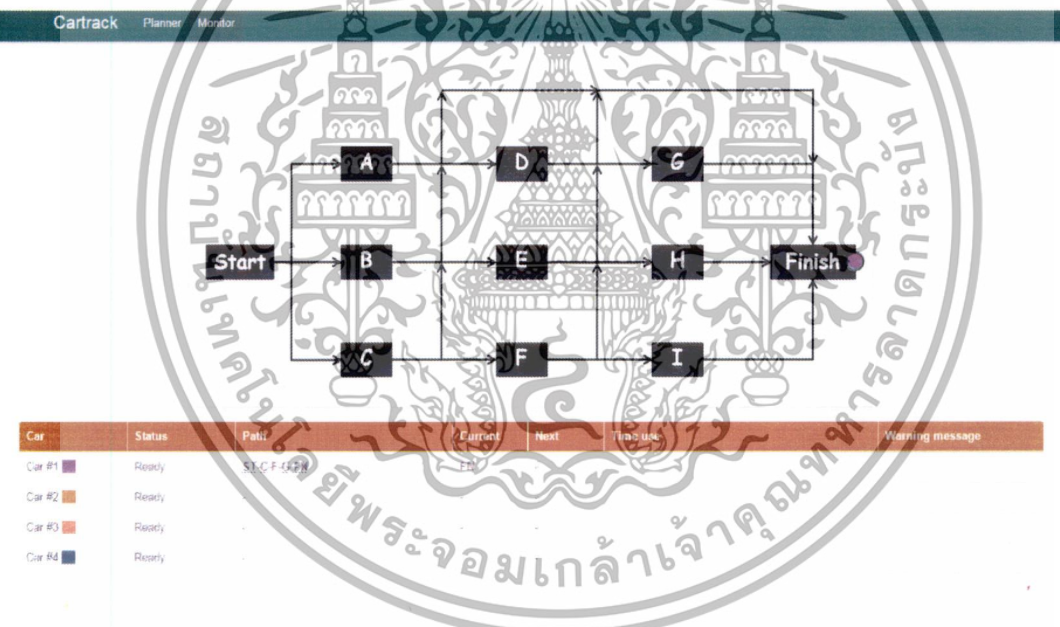
รูปที่ 4.7 หน้าแสดงผลลัพธ์สถานะขณะที่รถกำลังวิ่ง

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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



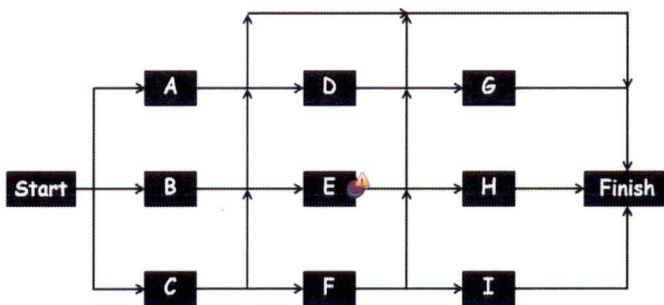
รูปที่ 4.8 หน้าแสดงผลลัพธ์ตำแหน่งปัจจุบัน และตำแหน่งต่อไปของรถ



รูปที่ 4.9 หน้าแสดงผลลัพธ์สถานะของรถเมื่อสิ้นสุดการทำงาน

3. เมื่อรถวิ่งออกนอกเส้นทางที่กำหนด: เมื่อรถมีการเปลี่ยนเส้นทางไม่ว่าจะยังสามารถขนส่งได้ตามปกติหรือไม่ก็ตาม ทางผู้วิจัยทำการจำลองด้วยการกดปุ่มรับการมาถึง ณ เส้นทางที่แตกต่างออกไปจากเส้นทางที่กำหนดตั้งแต่หน้าวางแผน ระบบจะต้องแสดงผลแจ้งเตือนให้ผู้ควบคุมระบบให้ทราบถึงความผิดพลาดในการขนส่งผ่านทางข้อความเตือนบนหน้าติดตามผลบนอินเทอร์เน็ตเบราว์เซอร์ เพื่อให้ส่งผู้เกี่ยวข้องเข้าไปดูแลตัวรถที่เกิดปัญหาในทันที ดังรูปที่ 4.10

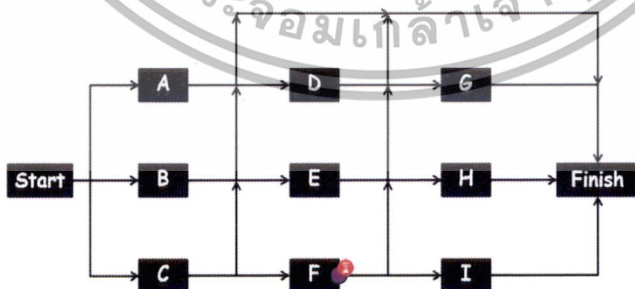
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

รูปที่ 4.10 หน้าแสดงผลลัพธ์สถานะของรถเมื่อรถได้ทำการออกนอกเส้นทาง

4. เมื่อรถวิ่งผ่านจุดแต่ละจุดช้ากว่าเวลาที่ระบบคำนวณไว้: ในกรณีที่รถผ่านตรวจวัดการมาถึงของรถ ช้ากว่าที่ระบบประมาณเอาไว้เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ (แล้วแต่ทางผู้ควบคุมพิจารณา กำหนด) นั่นคือทางผู้วิจัย จะกดปุ่มรับข้อมูลการมาถึงของรถช้ากว่าที่คำนวณไว้เกินค่าที่ยอมรับได้ ระบบจะต้องแสดงผลการเคลื่อนที่ของรถดังกล่าวไปยังอินเทอร์เน็ตรวบรวมเซอร์ ว่ารถอาจมีความผิดปกติในการขนส่ง แต่ยังสามารถปฏิบัติการได้อยู่ โดยระบบก็จะคำนวณเวลาที่คาดว่าจะไปถึงยังจุดหมายใหม่ พร้อมทั้งแสดงสถานะแจ้งให้ผู้ควบคุมระบบตรวจสอบเพื่อตรวจเช็คตัวรถ หรือเส้นทางที่ทำให้เกิดการขนส่งที่ช้ากว่าค่าที่ยอมรับได้เพื่อปรับแก้ไขในภายหลังต่อไปดังรูปที่ 4.11



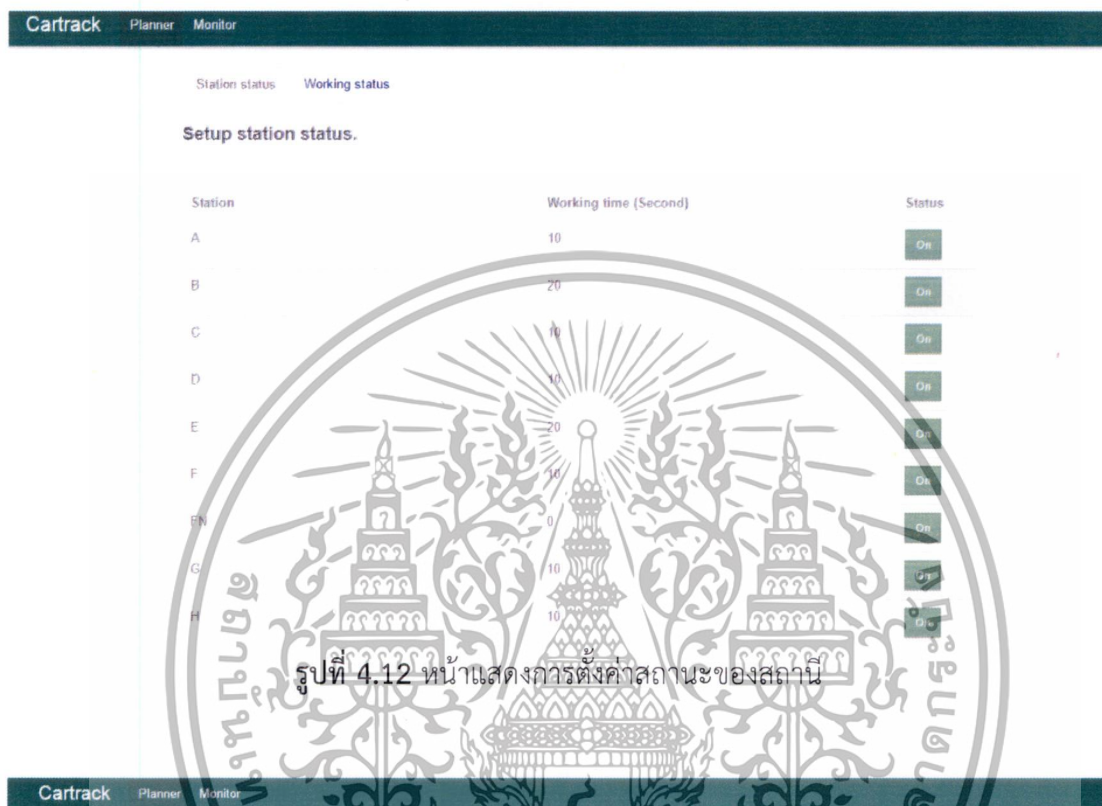
Car	Status	Path	Current	Next	Time use	Warning message
Car #1	Working	S-I-C-F-G-F-I	F	G	Usage time :55 s. Station time :0 s. Expected :23 s. (Error +1 2 s.)	Cycle time limit
Car #2	Ready	-	-	-	-	-
Car #3	Ready	-	-	-	-	-
Car #4	Ready	-	-	-	-	-

รูปที่ 4.11 หน้าแสดงผลลัพธ์ของสถานะรถเมื่อรถเกิดการขนส่งล่าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการวิจัยในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 การทดลองตั้งค่าสถานีที่ไม่สามารถใช้งานได้

เนื่องจากบางครั้ง อาจมีบางกรณีที่สถานีไม่สามารถใช้งานได้ เช่น เช่นมีการปิดปรับปรุง หรือเกิดข้อขัดข้องในการทำงาน เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างหน้าสำหรับเปลี่ยนสถานะสถานีดังรูปที่ 4.12 เพื่อให้ทราบว่าแต่ละสถานีนั้นสามารถใช้งานได้หรือไม่ ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณเส้นทางการเดินทางของรถ AVG โดยสามารถตั้งค่าได้ดังรูปที่ 4.13



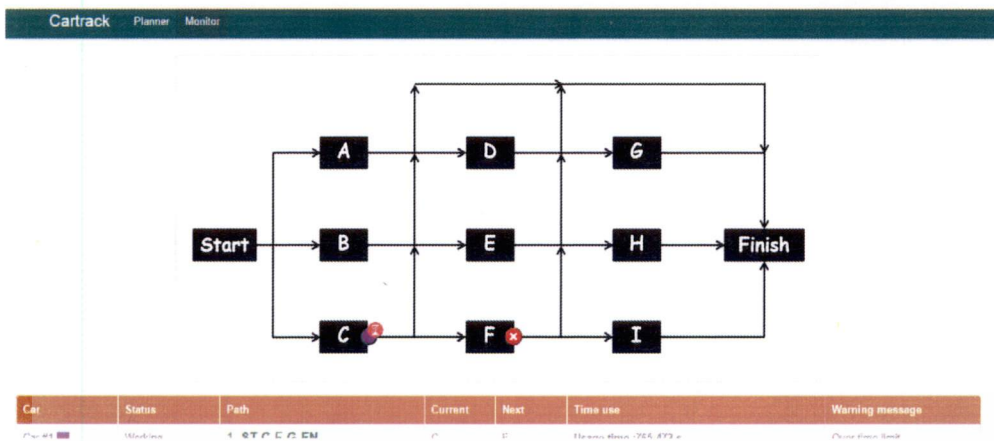
รูปที่ 4.12 หน้าแสดงการตั้งค่าสถานะของสถานี



รูปที่ 4.13 สถานะของสถานีในกรณีที่ใช้งานไม่ได้

เมื่อตั้งค่าแล้ว ระบบจะส่งสถานะของสถานีไปยังหน้าของการติดตามผลการทำงาน โดยในการทดลอง ผู้วิจัยได้เลือกให้สถานี F ไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งให้ผลดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

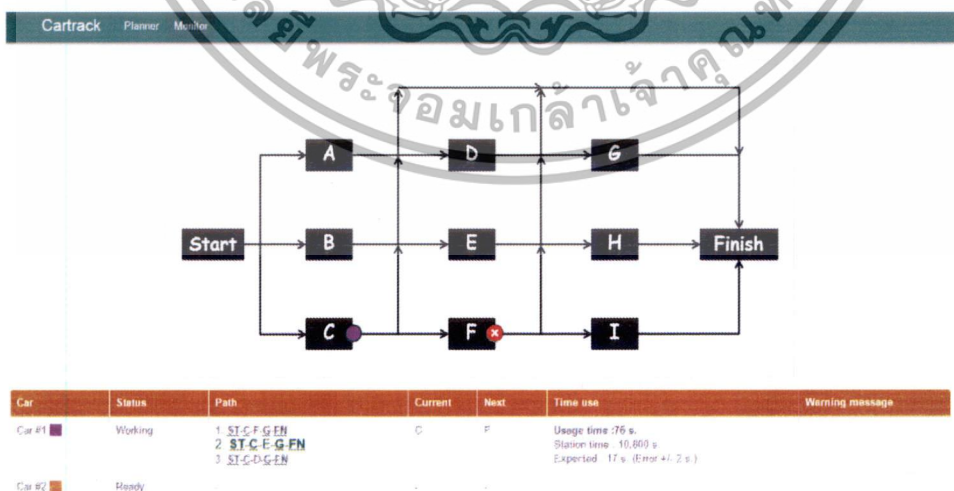


รูปที่ 4.14 สถานะของสถานีในกรณีที่ใช้งานไม่ได้ในหน้าแสดงผลการทำงาน

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

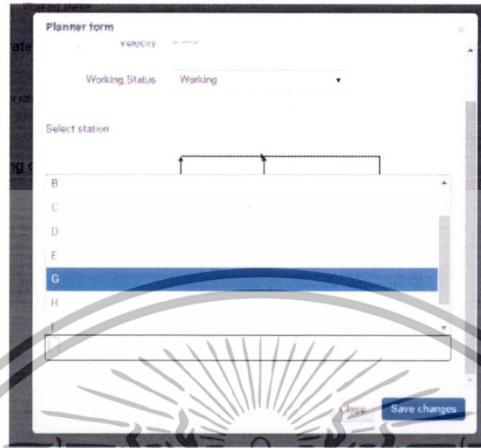


รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนใช้เส้นทางสำรองของรถ AVG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สถานีไม่สามารถใช้งานได้เมื่อรถมีสถานะเป็นพร้อมใช้งาน

เมื่อรถ AVG ทำงานเสร็จและไปยังจุดสิ้นสุดแล้ว สถานะของรถ AVG จะเปลี่ยนจากสถานะดำเนินงานเป็นพร้อมใช้ ซึ่งฝ่ายวางแผนการผลิตจะต้องเลือกสถานีสำหรับให้รถวิ่งใหม่ โดยสถานีที่ใช้งานไม่ได้จะไม่สามารถเลือกได้ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 สถานีที่ใช้งานไม่ได้

#### 4.2.4 การทดสอบเพื่อป้องกันการชนกันของรถ

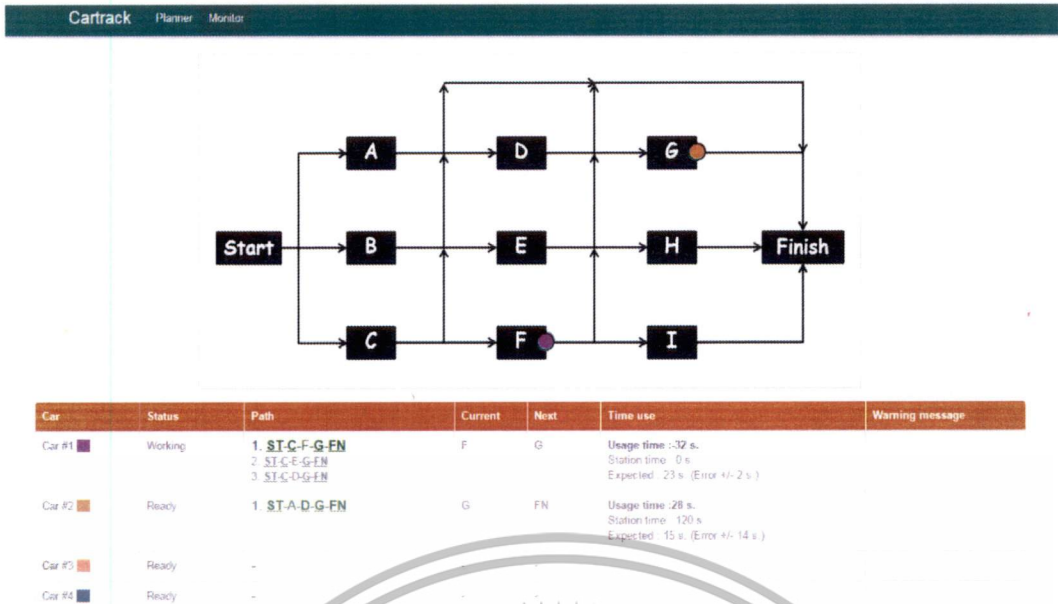
เมื่อรถมาถึงสถานี ระบบจะเปลี่ยนสถานะของรถเป็นหยุดชั่วคราว เพื่อทำการวิเคราะห์สถานะของสถานีต่อไปที่รถกำลังจะไปถึงเพื่อป้องกันการชนกันของรถ โดยการชนกันของรถจะเกิดขึ้นใน 2 กรณี ดังนี้

##### 1. สถานีต่อไปไม่ว่าง (มีรถคันอื่นอยู่)

กรณีที่สถานีต่อไปไม่ว่าง รถคันอื่นไม่ควรที่จะเข้าไปยังสถานีที่ไม่ว่างได้ ซึ่งในกรณีนี้รถที่กำลังจะไปสถานีนั้นจะต้องหยุดรอเป็นระยะเวลาหนึ่ง (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 (สังเกตว่า usage time จะเป็นลบ เพราะบวกเวลารอเข้าไป) เมื่อครบ 1 นาทีแล้ว ก็เช็คดูอีกครั้ง ถ้าไปได้ก็ไป ถ้าไม่ได้ก็ทำซ้ำวิธีเดิม ดังรูปที่ 4.17

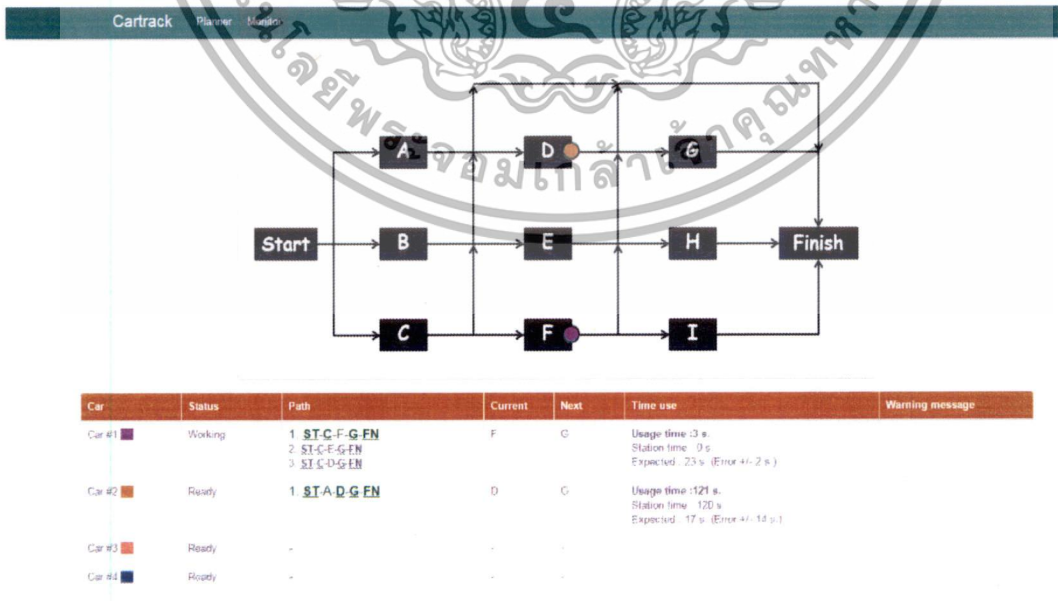
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 สถานีลำดับถัดไปยังไม่สามารถไปได้เนื่องจากมีรถคันอื่นอยู่ ณ สถานีนั้น

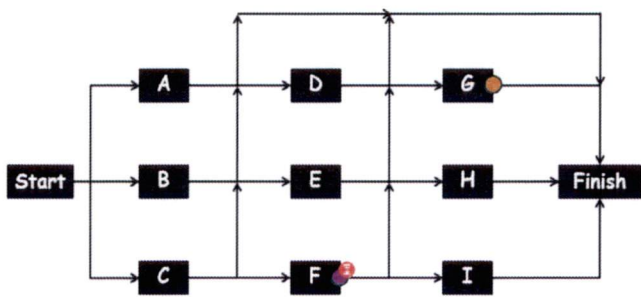
2. สถานีต่อไปว่าง แต่มีรถคันอื่นกำลังจะไปสถานีเดียวกัน

ในกรณีที่สถานีต่อไปว่างอยู่แต่มีรถมากกว่า 1 คันจะไปที่สถานีนั้น จะมีวิธีตรวจสอบคือ หา estimate time ของรถคันแรก เทียบกับคันอื่น หาก estimate time ไปทับซ้อนกับเวลาของคันอื่น คันที่เข้ามาก่อนจะได้ไปยังสถานีต่อไป คันที่เข้ามาทีหลังจะหยุดรอช่วงเวลาหนึ่ง ดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 กรณีสถานีลำดับต่อไปว่าง แต่มีรถหลายคันต้องการเข้าไปยัง ณ สถานีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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 :73 s (Error +32 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 +105 s)	
Car #3	Ready	-				
Car #4	Ready	-				

รูปที่ 4.19 กรณีที่รถคันที่ 2 มาถึงสถานีก่อน จึงได้สิทธิ์ไปก่อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# การวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล

### 5.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการติดตามการทำงานของระบบการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขั้นรูป โดยใช้อัลกอริทึมดิจิตอลในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นทางสำรอง และจัดการจราจรในระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ โดยระบบจะติดตามสถานะการเคลื่อนที่ของรถ AGV ผ่านเว็บไซต์ ระบบจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของรถแต่ละคันไปยังระบบฐานข้อมูลกลาง และถูกส่งกลับมายังส่วนแสดงผลการติดตามการทำงานของระบบการจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตขั้นรูป เป็นการเพิ่มความสะดวกสบายต่อผู้ควบคุมระบบการขนส่งดังกล่าว ช่วยในการตัดสินใจ ลดเวลาที่สูญเสียด้านกำลังคน มีระบบที่สามารถตรวจเช็คสถานะ อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพที่จะควบคุมและช่วยในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบการผลิตต่อไป

### 5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการติดตามและแสดงผลของข้อมูล ทางผู้วิจัยได้นำเอาอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการรับส่งข้อมูลอันได้แก่ สวิตซ์สัญญาณแทนเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งที่รถ AGV ได้ทำการวิ่งผ่านแต่ละจุดของสถานีงาน บอร์ดสำเร็จรูป Arduino เป็นหน่วยประมวลผลที่ใช้รับค่าจากสวิตซ์และส่งสัญญาณผ่านทาง Serial Port ไปให้ทางโปรแกรมทำการประมวลผล และแสดงผล ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการจำลองให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงโดยที่ระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ถูกลำดับการขนส่งโดยผู้ใช้งาน จะพบได้ว่าการแสดงผลของเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมดิจิตอล ระบบสามารถแสดงสถานะการทำงานของรถขนส่ง ตำแหน่งปัจจุบันของรถ เส้นทางการเดินทางสำรองในกรณีที่ผู้วางแผนการผลิตต้องการควบคุมด้วยตนเอง สามารถจัดการจราจรเพื่อแก้ปัญหาการชนของรถ อีกทั้งระบบจะรวบรวมจัดเก็บข้อมูล และแจ้งเตือนเมื่อพบปัญหา ระหว่างการขนส่งผ่านทางเว็บไซต์ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวกไม่จำเป็นต้องอยู่ตรงตำแหน่งหน้างาน แต่อย่างไรก็ดีในส่วนของการขนถ่ายข้อมูลระหว่างฮาร์ดแวร์ไปยังโปรแกรมและหน้าจอที่แสดงผลปลายทางนั้น ระบบอาจมีผลและเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความเร็วในการแสดงผลลัพท์ทางหน้าจอ

### 5.3 สรุปผล

งานวิจัยก่อนหน้านี้นี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการเน้นความสามารถในการส่งข้อมูลค่าตำแหน่งของรถโดยใช้ ZigBee เป็นตัวกลางในการสื่อสารจากตัวรถไปยังระบบฐานข้อมูล และใช้ RFID เป็นตัวบ่งบอกถึงตำแหน่งของรถ ณ จุดต่างๆ โดยมีการใช้อัลกอริทึมดิจิตอลหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และมีการจัดการจราจรอีกด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้นี้มาต่อยอดสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 งานวิจัยนี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการในติดตามการทำงาน ในระบบการขนส่งการขึ้นงานของสายการผลิตผ่านเว็บไซต์ ระบบประมวลผลเส้นทางรถขนส่งที่สั้นที่สุดได้ด้วยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมดิจิตราพร้อมเส้นทางสำรองในกรณีที่เส้นทางที่รถกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นประสบปัญหาต่างๆ จึงทำให้รถสามารถใช้เส้นทางสำรองทันทีทำให้ระบบในการขนส่งเป็นไปได้อย่างราบรื่น อีกทั้งยังมีการนำแนวคิดการจัดการจราจรของระบบเน็ตเวิร์กมาช่วยจัดการจราจร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชนกันของรถระหว่างปฏิบัติการ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามดูแลการขนส่งชิ้นงาน ที่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั้งระบบ และสามารถเข้าไปแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วไม่ผิดพลาด ระบบสามารถเก็บข้อมูลการใช้งานเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ งานบำรุงรักษา และวางแผนในสายงานการผลิตต่อไป แต่ระบบยังมีข้อบกพร่องความเร็วในการสื่อสารระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่งฮาร์ดแวร์ต้องมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งตัวรถควรมีความเป็นอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลและควบคุมการวิ่งของรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ทั้งนั้น ระบบจะทำการแจ้งผลกลับไปยังส่วนแสดงผล หากเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการขนส่งอาจจำเป็นต้องส่งคนเข้าไปดูแลตรวจเช็คเหตุขัดข้องของระบบ และทำการแก้ไขต่อไปในงานวิจัย

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนหน้า และระบบของผู้วิจัย

ระบบที่ได้นำเสนอมาก่อนหน้า	ระบบที่ผู้วิจัยได้ทำ
หาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิจิตรา	หาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยอัลกอริทึมดิจิตรา ก่อนที่ระบบจะเริ่มทำการ
คำนวณหาเส้นทางทุกครั้งเมื่อรถได้เคลื่อนการผ่าน RFID และส่งค่าตำแหน่งกลับไปยังระบบ	สามารถแสดงเส้นทางสำรองได้
รถจะค่อยๆ ลดความเร็วลงเมื่อใกล้กับทางแยกพร้อมกับคำนวณหาลำดับความสำคัญสูงสุดของรถ	ใช้แนวคิด CSMA/CA มาใช้ในการจัดการจราจร กล่าวคือ รถจะหยุดที่สถานีเพื่อที่จะคำนวณความน่าจะเป็นการชนกันของรถ

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] นายฐิติพันธุ์ โคตรวงทอง. 2555. “การปรับปรุงระบบการขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงงาน โดยอาศัยอัลกอริทึมของดิจิตรา.” 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 IEEE/RSJ 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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.1 ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ลงในการประชุมสัมมนา

[1] อารีวร พุทธิเสถียร, นพดล มณีรัตน์, รัตติกร วรากุลศิริพันธ์ “การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตการขึ้นรูป”. The 3<sup>rd</sup> National Interdisciplinary Academic Conference TNIAC 2015.

[2] Areeworn Phutthisathian, Nakulrad Pantasen, Noppadol Maneerat, Ruttikorn Varakulsiriphunth “Application of Ontology to Hydroponics”. The 1<sup>st</sup> 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 3<sup>rd</sup> National Interdisciplinary Academic Conference

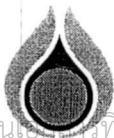
# TNIAC 2015

## Conference Proceedings

15<sup>th</sup> May 2015  
at Thai-Nichi Institute of Technology  
Bangkok, Thailand



Sponsored by



**ptt**  
Group



**SCG**

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## การจัดการระบบขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตชิ้นรูป

### Automotive Parts Transportation Management System for Press Production Line

อารีวร พุทธิเสถียร<sup>1</sup>, นพดล มณีรัตน์<sup>2</sup>, รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยจลลองกรุง 1 ถนนจลลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

<sup>1</sup> a. phutthisathian@gmail.com  
<sup>2</sup> kmnoppad@kmitl.ac.th

<sup>3</sup>คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ซ.พัฒนาการ 37 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

<sup>3</sup> ruttikorn@tni.ac.th

ย่อ

ความนี้ได้นำเสนอการจัดการระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ใน  
 ผลิตการขึ้นรูปโดยอาศัยอัลกอริทึมของดัจตรา (DIJKSTRA's  
 m) หาเส้นทางที่เหมาะสม และสั้นที่สุดในการขนส่งชิ้นส่วนยาน  
 ผลิตต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อีก  
 ยสร้างแบบจำลองโดยใช้ AGV (Automatic Guided Vehicle)  
 อย่างในการนำมาประยุกต์ใช้กับการจราจรระหว่างขนส่ง  
 ยานยนต์ เพื่อลดความแออัด และเพิ่มความคล่องตัวให้กับระบบ

คีย์: อัลกอริทึมดัจตรา, การขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์, การจัด  
 จร

it

paper presented the managing of automotive part  
 tation in the Automobile manufacturing line, using  
 RA algorithm for the most suitable and shortest path, in  
 o increase the efficiency and cost saving to the  
 uring system. In the meantime, the simulated system was  
 using AGV (Automatic Guided Vehicle) as the subject to  
 the transportation system to decreased disordering and  
 deftness of the transportation system.

ord: DIJKSTRA algorithm, Automotive parts transportation,  
 g of automotive parts transportation

เป็นมา และวัตถุประสงค์

ฉบับระบบอัตโนมัติมีความจำเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมอย่าง  
 เป็นผลมาจากความต้องการของลูกค้าที่ต้องการสินค้าที่มีทั้ง  
 และมีความรวดเร็วในการผลิต ส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรม  
 ความเสถียรในการผลิต โดยการเพิ่มสมรรถนะในการผลิต โดย  
 บบอัตโนมัติที่สามารถลดความบกพร่องในการผลิตมาปรับใช้  
 ้นกับคู่แข่งในด้านกำลังการผลิต และเพิ่มความสามารถในการ  
 ในระบบการผลิต ประโยชน์ของระบบอัตโนมัติทำให้ช่วยลด  
 ปรทำงานจากปกติ ทั้งในรูปแบบการผลิตชิ้นงาน การขนย้าย

ผลิตภัณฑ์ และกระบวนการลดบุคลากรที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานขนส่ง  
 ได้ ซึ่งในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ ความเชื่อมั่นใน  
 ระบบการผลิต และระบบการผลิตที่ทันสมัย ทำให้ลูกค้าไว้วางใจในการ  
 ผลิตชิ้นงานต่อไป

ผู้วิจัยได้เลือกรถ AGV(Automatic Guided Vehicle)[1] มาเป็น  
 ตัวอย่างสำหรับการพัฒนาระบบการขนส่งอัตโนมัติ ซึ่งสำหรับ AGV นั้น  
 จะมีความคล่องตัวในการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ AGV จึงเหมาะสมที่จะใช้  
 งานขนถ่ายวัสดุชนิดแตกต่างกัน อีกทั้งผู้วิจัยได้คำนึงถึงการจราจร และ  
 ลำดับงานในการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์

โดยในหัวข้อที่ 1 จะกล่าวถึงที่มาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ส่วน  
 ในเนื้อหาหัวข้อต่อมาจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึง  
 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ หัวข้อที่ 3 อธิบายระบบการ  
 ขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานการผลิตชิ้นรูป หัวข้อที่ 4 กล่าวถึง  
 บทสรุปงานวิจัย

#### 2. หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1 การผลิตงานขึ้นรูปโลหะ (Stamping Process)

สำหรับการผลิตงานขึ้นรูปโลหะนั้น หมายถึง การผลิตชิ้นงานโดยใช้  
 แผ่นโลหะ และแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูป โดยใช้แรงกระทำทางกล  
 เพื่อให้แผ่นโลหะได้รูปร่างขึ้นตามที่ต้องการ โดยทั่วไปชิ้นงานที่ต้อง  
 ผลิตด้วยแม่พิมพ์ คือชิ้นงานที่ต้องการผลิตเป็นจำนวนมาก หรือชิ้นงาน  
 ที่มีรูปร่างซับซ้อนต้องการความแม่นยำสูงไม่สามารถผลิตด้วยวิธีการอื่น

##### 2.2 อัลกอริทึมของดัจตรา (DIJKSTRA) [2]

อัลกอริทึมดัจตรา เป็นหลักการหนึ่งทางคณิตศาสตร์สาขา  
 Optimization โดยมีการใช้รูปภาพแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้น รูปภาพ  
 เหล่านี้จะแสดงออกมาเป็นโครงข่าย(network) หรือ กราฟ(graph)  
 ประกอบไปด้วย

2.2.1 โหนด (Node) เป็นจุดที่ใช้แทน อาคาร หรือ สถานที่ เช่น สีแยก  
 ป้ายรถเมล์ สถานีรถไฟ ข้อต่อของท่อน้ำ เป็นต้น

2.2.2 อาร์ค (Arc) เป็นเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างจุดใช้แทน ถนนหรือ  
 ระยะเวลาจากโหนดหนึ่งไปโหนดหนึ่ง เช่น ถนน ท่อน้ำ รางรถไฟ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำวิจัยเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ยาร์กบางครั้งจะมีตัวเลขที่แสดงถึงระยะทางระหว่างโหนด หรือ  
 ลากที่ใช้เดินทาง หรือ ค่าใช้จ่ายจากโหนดไปโหนด

วิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) อาศัยหลักการวิเคราะห์  
 เกมหลักการของ Operation Research โดยวิเคราะห์หาค่าที่  
 สมที่สุดในการคิดเส้นทาง จากโครงสร้างของโครงข่าย ซึ่ง  
 บไปด้วยโหนดและอาร์ก ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการ  
 หมายานได้

เนวิจายน์จะใช้เทคนิคในการหาเส้นทางที่ดีที่สุด โดยมีการ  
 การเคลื่อนที่ คิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุด พิจารณาจากจุดที่สั้น  
 ละวิเคราะห์ต้นทุนของเส้นทางเหล่านั้น โดยมีหลักการ  
 ดังนี้

วิเคราะห์เส้นทางที่สั้นที่สุด จากเส้นทางการเคลื่อนที่ที่แตกต่าง  
 ของชิ้นงาน

วิเคราะห์รูปแบบในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งของชิ้นงาน

วิเคราะห์เลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด จากช่วงเวลาและ  
 ระยะเวลา ที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากโหนดหนึ่งไปโหนดหนึ่ง

วิเคราะห์สถานการณ์นอกเหนือจากสถานการณ์ปกติหากการเดินทาง  
 ไม่สามารถเดินทางตามเส้นทางได้

วิเคราะห์เรื่องทิศทางการเดินทาง ต้นทุนและระยะเวลาที่ใช้ เพื่อให้  
 อดความยืดหยุ่นในระบบ

วิเคราะห์ลำดับการส่งงานไปยังสถานี โดยมีข้อกำหนดเป็นเวลาใน  
 โรงงาน

รับอัลกอริทึมดิคตรา (DIJKSTRA's Algorithm) จะเป็นการหา  
 ที่สั้นที่สุด (shortest-path-tree) โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ตอนการหาระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินทาง

ตอนการแก้เส้นทางแบบลำดับขั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ  
 ามเร็วให้กับระบบ

งต้นที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้นำแผนที่มาจำลองในระบบโดยใช้  
 ภาพเข้ามาประมวลผล โดยแปลงแผนที่เส้นทางการเดินทางให้

ฟเชิงเดียวแบบต่อเนื่องเพื่อให้สามารถระบุทิศทางและ  
 พันธุ์ของระยะทางระหว่างสถานที่ลงในกราฟ สำหรับการ

กันทางการเดินทางในระบบนี้ จะกำหนดให้โหนด แทนจุดที่ใช้ใน  
 ละส่งชิ้นงานเพื่อการผลิต และอาร์ก แทนระยะทางระหว่าง

ละโหนด มีการกำหนดตัวเลขระยะทางลงไปในเส้นกราฟ

ารกำหนดน้ำหนัก (Weight Graph) โดยทั่วไปค่าที่ใช้ในการ  
 หนัก สามารถแทนได้ทั้งค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนที่จากโหนดไป

ระยะทาง หรือเวลาที่ใช้ในการเดินทางได้

ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$G = \{V, E\} \quad (1)$$

G แทน กราฟหน้าหนักของโครงข่าย

V แทน เซตของโหนดคือโหนดในกราฟ

E แทน เซตของอาร์กในกราฟ

$D(u), D(v)$  แทนความยาวของเส้น  $(u, v)$  โดย  $(u, v)$  เป็นสมาชิกของ  
 เซต  $E$  โดยความยาวทุกเส้นของ  $(u, v)$  จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0 ดังนั้นจึงต้องกำหนดให้  
 $S$  แทนเซตของโหนดยอดโดยมีค่าเริ่มต้นเป็นเซตว่าง

$D[v]$  แทนค่าระยะทางจากโหนดเริ่มต้นถึงโหนดยอด  $(v)$

$Q$  แทนเซตของ  $F$  โหนดยอด  $(v)$  ที่ยังไม่เข้าการวนซ้ำ (loop) และมีค่าเริ่มต้น  
 เป็น  $V(G)$

การเลือกโหนด  $u$  ที่จะเข้าวนซ้ำ จะเลือกโดยพิจารณาโหนดที่อยู่ใน  
 เซต  $Q$  ที่มีค่า  $d[u]$  ต่ำที่สุด เมื่อเลือกแล้วจุดนี้จะทำการลบออกไปจาก  
 เซต  $Q$  แล้วนำไปใส่ในเซต  $S$  แทน

ตรวจสอบทุกโหนด  $v$  ที่มีเส้นจากโหนด  $u$  ไปถึงโหนด  $v$  ว่า

ถ้า  $d[v] > d[u] + w(u,v)$  แล้วดังนั้น

จะต้องเปลี่ยน  $d[v] = d[u] + w(u,v)$  แล้วปรับแก้โหนดยอด  $v$  ว่าต้องมา  
 จากโหนด  $u$  และวนซ้ำจนกระทั่งเซต  $Q$  เป็นเซตว่าง จึงจะได้เส้นทางที่  
 สั้นที่สุด ตามต้องการ

### 2.3 AGV (Automatic Guided Vehicle) [3]

AGV เป็นรถขนาดเล็กขับเคลื่อนด้วยระบบอัตโนมัติ มีการนำมาใช้  
 แพร่หลายในอุตสาหกรรม เพื่อเป็นอุปกรณ์ลำเลียงและขนถ่ายสินค้า  
 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานอุตสาหกรรม โดยระบบรถ AGV มี  
 ส่วนประกอบดังนี้

- ตัวรถ ประกอบด้วย กลไกขับเคลื่อน มอเตอร์ และ  
 แบตเตอรี่
- ชุดควบคุมการทำงานของรถ
- ระบบนำร่องทางเดินรถ
- ส่วนติดต่อสื่อสารและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปรถ AGV จะถูกออกแบบมาเพื่อการประยุกต์ใช้งานที่  
 แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับต้นทุนและประเภทงาน โดยส่วนใหญ่ระบบการนำ  
 ร่องของรถ AGV จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- แบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอน เช่น การใช้สายและแถบสีบนพื้น  
 เพื่อกำหนดทางเดินของรถ
- แบบเส้นทางเดินอิสระ เช่น การนำระบบ GPS (Global  
 Positioning System: GPS) มาใช้ เป็นต้น

ซึ่งทั้ง 2 แบบ จะมีการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดการ  
 และประมวลผลในระบบ

### 3. ระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ในสายงานผลิตชิ้นรูป

#### 3.1 มัลติเอเจนต์

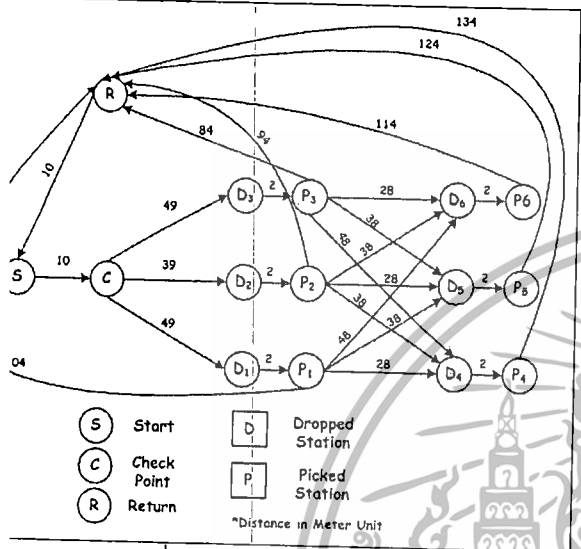
สำหรับการจัดการระบบการขนส่งในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วน  
 ยานยนต์นั้น ผู้ใช้ได้ใช้ทฤษฎีกราฟซึ่งเป็นโครงสร้างของตรรกศาสตร์ที่มี  
 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุสองวัตถุ

สัญลักษณ์วงกลมแสดงจำนวนของโหนดตั้งภาพและเส้นโค้งระหว่าง  
 โหนดแสดงระยะทาง โดยสิ่งเหล่านี้จะถูกใช้หาเส้นทางที่เหมาะสมและ  
 บริหารจัดการการจราจรที่ติดขัดเพื่อให้เกิดประสิทธิผลที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คสตรา

หา เส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างโหนดหนึ่งไปยังโหนดอื่น ๆ จะใช้  
 ันโค้งแสดงข้อมูลระหว่างจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง เส้นทางของรถจะ  
 ข้อมูลโดยการใช้แท็ก RFID (radio frequency identification) ซึ่ง  
 ที่สั้นที่สุดจะถูกประมวลผล เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลในปัจจุบันกับ  
 อนหนานี้ เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสม



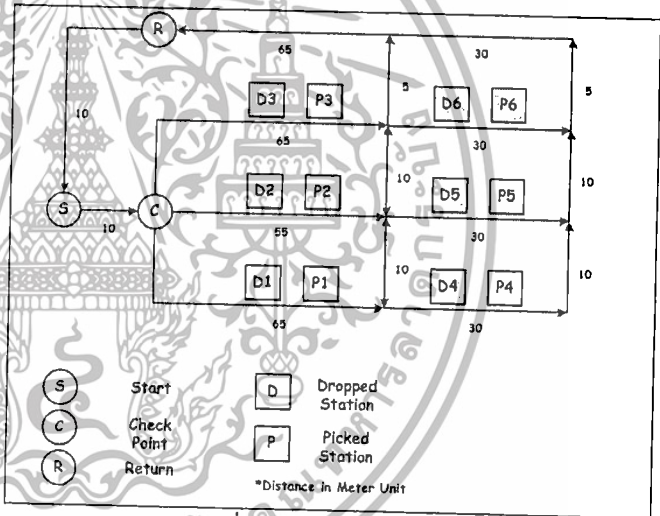
รูปที่ 1 เส้นทางขนส่งในระบบ

ที่ 1 แสดงให้เห็นเส้นทางของจุดรับส่งชิ้นส่วนการผลิต โดย  
 จะแทนด้วยจุด "S" และจุด "D" แทนสถานีที่นำชิ้นส่วนในการ  
 ารถ AGV และจุด "P" แทนสถานีที่นำชิ้นส่วนในการผลิตขึ้น  
 ารถ AGV ตัวเลขบนเส้นแทนระยะทางจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานี  
 1 สถานีทั้งหมดหกสถานี ซึ่งแต่ละสถานีมีสถานีย่อยเป็นสถานี  
 ยชิ้นส่วนตามแต่ที่มีการเรียกการผลิต โดยการค้นหาเส้นทางที่  
 ากจุด S ไปยังแต่ละสถานี จะมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- หนึ่ง การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มไปสถานีเพื่อทำการ
- ัก
- สอง การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสถานีไปยังไปยังจุดซึ่งเป็นพื้นที
- นทางในผังการขนส่งมีทั้งหมด 11 เส้นทาง คิดเป็นระยะทาง
- .เส้นทาง ดังนี้

- 1 : S > C > D3 > P3 > R > S  
 ยยาว 155 เมตร
- 2 : S > C > D3 > P3 > D6 > P6 > R > S  
 ร รวม 215 เมตร
- 3 : S > C > D3 > P3 > D5 > P5 > R > S  
 ร รวม 235 เมตร
- 4 : S > C > D3 > P3 > D4 > P4 > R > S  
 ร 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 จะ  
 เลือกเส้นทางที่นำไปสู่เป้าหมายที่ดีที่สุด โดยพิจารณา เส้นทางที่ถูก  
 เลือกจากสถานีที่ผ่าน โดยอัตโนมัติตามคำสั่งของโปรแกรมที่ออกแบบไว้  
 ในระบบ 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

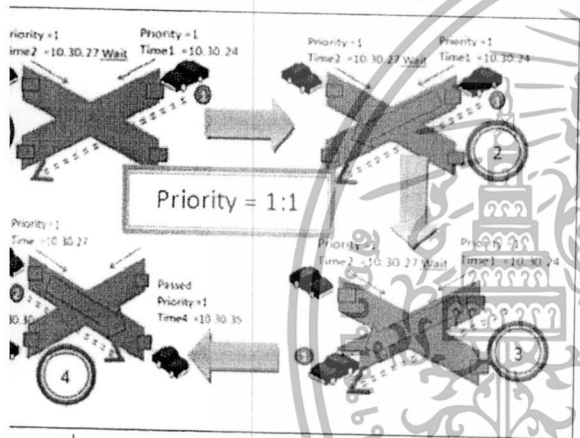
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่ 9 : สถานีที่ 1
- ที่ 10 : สถานีที่ 1 และ 6
- ที่ 11 : สถานีที่ 1 และ 5
- ที่ 12 : สถานีที่ 1 และ 4

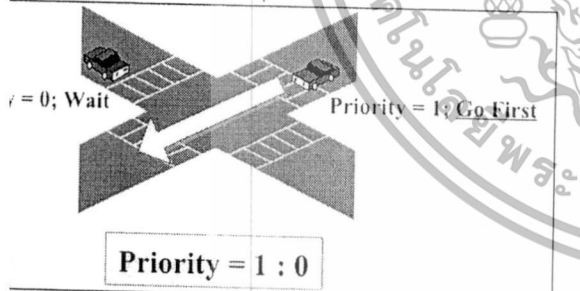
การจัดการระบบจราจรของการขนส่งชิ้นส่วนการผลิต แบ่ง  
 3 กรณี ดังนี้

ที่ 1 จากรูปที่ 4 หาก รถ AGVs มีความสำคัญเร่งด่วนจะให้  
 ให้ความสำคัญเท่ากับ 1 (priority = 1)  
 ที่ 2 จากรูปที่ 5 เคส 1 รถ AGVs ทั้งสองมีความสำคัญแตกต่าง  
 ให้ความสำคัญของรถเท่ากับหนึ่ง รถ AGV คันนั้น จะได้สิทธิ์ไปก่อน  
 = 1 , go first )

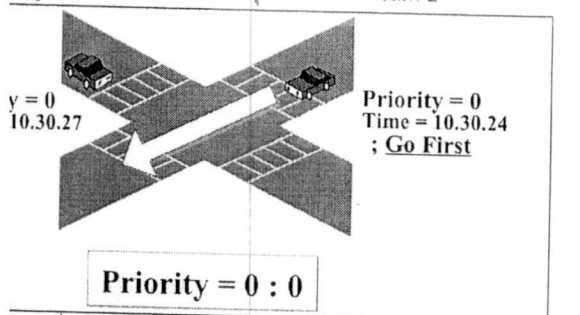
ที่ 3 จากรูปที่ 5 เคส 3 รถ AGVs ทั้งสองที่มีความสำคัญ เป็น 0  
 จะพิจารณาจากเวลาที่ใช้น้อยกว่าได้สิทธิ์ไปก่อน



รูปที่ 3 แสดงการจัดการในจุดเชื่อมต่อในกรณีที่ 1



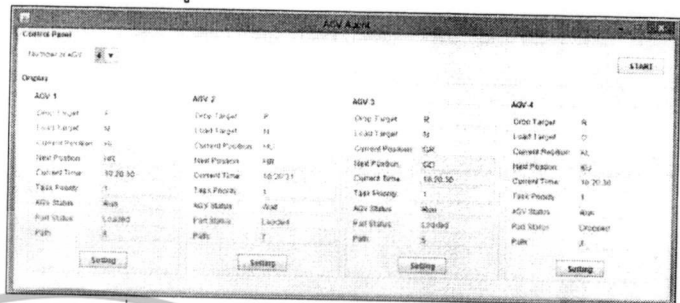
รูปที่ 4 แสดงการจัดการในจุดเชื่อมต่อในกรณีที่ 2



รูปที่ 5 แสดงการจัดการในจุดเชื่อมต่อในกรณีที่ 3

4. ผลการทดลอง

สำหรับระบบแสดงผลติดตามและควบคุม รถAGV จะแสดง  
 รายละเอียดข้อมูลในการเคลื่อนที่ของรถ AGV ขณะอยู่บนเส้นทางการ  
 เดินทาง ดังแสดงใน รูปที่ 6



รูปที่ 6 แผงควบคุมและแสดงผลการทำงานของ รถ AVG

ในหน้าจอแสดงผลนี้ ผู้ใช้ต้องระบุสถานีที่มีการขนส่งชิ้นส่วนการ  
 ผลิตขึ้นและลง ของรถ AGVs แต่ละคัน หลังจากระบบเริ่มทำงาน ข้อมูล  
 จะถูกแสดงบนหน้าจอดังนี้

ตัวอย่างเช่นสถานี P คือ จุดที่นำชิ้นส่วนของรถ AGV1 และ รถ  
 AGV2 สถานี M คือจุดที่นำชิ้นส่วนขึ้นของรถ AGV1 และสถานี N คือจุด  
 ที่นำชิ้นส่วนของรถ AGV2 เมื่อเริ่มเปิดใช้โปรแกรม AGVs จะแสดงผล  
 จะแสดงตำแหน่งปัจจุบัน ตำแหน่งถัดไป เวลาปัจจุบัน ลำดับความสำคัญ  
 สถานะ AGV สถานะสินค้า และเส้นทางลำเลียงสินค้า จากการแสดง,  
 ตำแหน่งถัดไปของรถ AGV1 และรถ AGV2 คือ HR ( จุดทางขวา) ซึ่ง  
 ก็เป็น ตำแหน่งเดียวกัน ระบบจะต้องจัดการกับลำดับการจราจรที่เกิด  
 การติดขัดของรถ AGV1 ซึ่งมาถึง ในตำแหน่ง HR ที่ เวลา10:20:30  
 และรถ AGV2 ที่ จะมาถึง ในตำแหน่ง HR ที่เวลา 10:20:31 ดังนั้น รถ  
 AGV1 จึง ได้รับความสำคัญเป็นอันดับแรก และ รถAGV2 จะต้องรอ  
 จนกว่ารถ AGV1 ออกจกตำแหน่ง HR

5. บทสรุป

บทความนี้เป็นงานวิจัย ที่มีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเชิงตรรกะ มาใช้  
 จัดการ และแก้ปัญหาในระบบการจราจร ที่เกิดจากการขนส่งชิ้นงานเพื่อ  
 การผลิตในระบบงานขึ้นรูปโลหะ โดยการหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับ  
 เส้นทางการเดินของรถ AGV นั้น ทำให้ระบบการผลิตสามารถลดต้นทุน  
 การจัดส่ง เพิ่มประสิทธิภาพในขบวนการผลิตได้ สำหรับการพัฒนากการ  
 วิจัยในอนาคต ทางผู้วิจัยมีแนวทางในการเพิ่มพารามิเตอร์ เช่น น้ำหนัก  
 ของชิ้นงาน หรือการจำกัดขนาดของชิ้นงาน เป็นต้น ที่สามารถปรับปรุง  
 ประสิทธิภาพการทำงาน และประสิทธิภาพในระบบการจัดการการขนส่ง  
 การขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

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

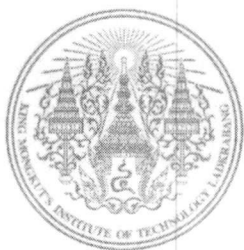
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. Eklund, Steve Kirkby, Simon Pollitt, "A Dynamic Multi-Dijkstra's Algorithm for Vehicle Routing," Intelligent on Systems, 1996.

oon Lee, Bum Hee Lee, Myoung Hwan Choi , Jung Duk vang-Taek Joo , Hyon Park," A Real Time Traffic Control for a Multiple AGV System", IEEE International ce on Robotics and Automation, pp. 1625-1630, 1995.



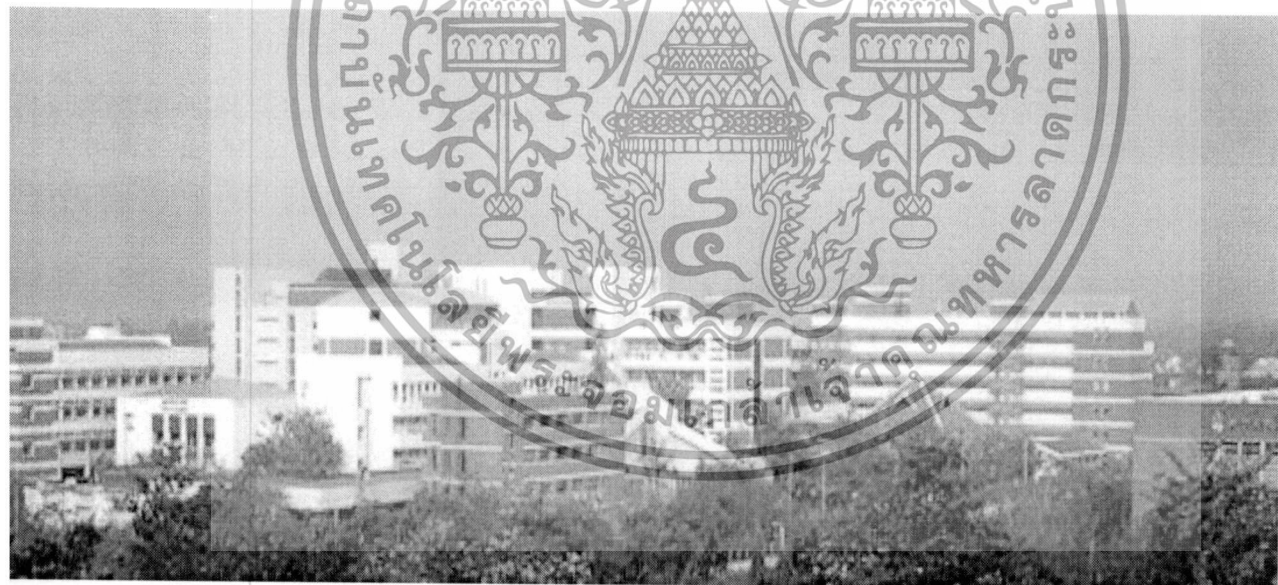
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# 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  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application of Ontology to Hydroponics

Areeworn Phutthisathian<sup>1</sup> Nakulrad Pantasen<sup>1</sup> Noppadol Maneerat<sup>1</sup> Ruttikorn Varakulsiriphunth<sup>1</sup>  
Takahashi Kaoru<sup>2</sup> Yasushi Kato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

<sup>2</sup>Department of Information Systems, Sendai National College of Technology, Sendai, 989-3128, Japan

<sup>3</sup>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

**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).

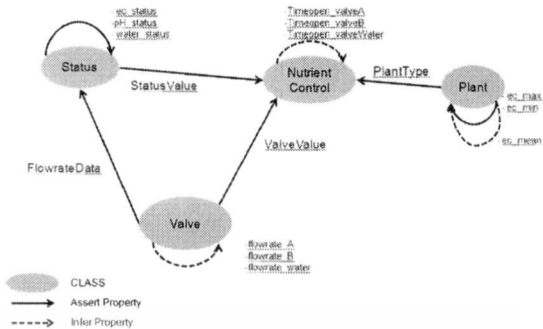


Figure 2. Ontology Concept Design of Nutrient Solution System for Hydroponics

**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.

**III. SYSTEM AND CONCEPT DESIGN**

**4. 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.

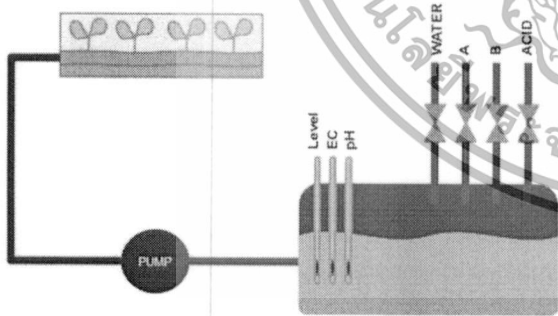


Figure 1. Nutrient Solution System for Hydroponics.

**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 .

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.

<p><b>Rule1</b>  <math>NutritionControl(?n) \wedge Plant(?p) \rightarrow PlantType(?p, ?n)</math></p> <p><b>Rule4</b>  <math>Status(?stat) \wedge NutritionControl(?n) \rightarrow StatusValue(?stat, ?n)</math></p> <p><b>Rule12</b>  <math>Valve(?valve) \wedge NutritionControl(?n) \rightarrow ValveValue(?valve, ?n)</math></p> <p><b>Rule16</b>  <math>Status(?stat) \wedge Valve(?valve) \rightarrow FlowrateData(?stat, ?valve)</math></p>
--

Rule 2-Rule 3 of the writer to find the mean value in the range of EC. EC for the plant.

**Rule2**

$ec\_max(?p, ?ecmax) \wedge ec\_min(?p, ?ecmin) \wedge swrlb:subtract(?ecperiod, ?ecmax, ?ecmin) \rightarrow ec\_period(?p, ?ecperiod)$

**Rule3**

$ec\_period(?p, ?ecperiod) \wedge ec\_min(?p, ?ecmin) \wedge swrlb:divide(?x, ?ecperiod, 2) \wedge swrlb:add(?ecmean, ?x, ?ecmin) \rightarrow ec\_mean(?p, ?ecmean)$

**Rule10**

$ec\_A(?n, ?eca) \wedge ec\_B(?n, ?ecb) \wedge swrlb:add(?ecplus\_ab, ?eca, ?ecb) \rightarrow ec\_AplusB(?n, ?ecplus\_ab)$

**Rule11**

$v\_ab\_e\_ab(?n, ?vab\_ecab) \wedge ec\_AplusB(?n, ?ecplus\_ab) \wedge swrlb:divide(?q, ?vab\_ecab, ?ecplus\_ab) \rightarrow volume\_A(?n, ?q) \wedge volume\_B(?n, ?q)$

Rule 13 Rule14 Rule 15 AB of the solution valve open time and water to fill the system.

Rule 5 Rule 6 Rule 7 Rule 8 of the Volume and value of the amount of the increase in EC.

**Rule5**

$PlantType(?p, ?n) \wedge StatusValue(?stat, ?n) \wedge ec\_status(?stat, ?ecstat) \wedge ec\_mean(?p, ?ecmean) \wedge swrlb:subtract(?ecab, ?ecmean, ?ecstat) \rightarrow ec\_ab(?n, ?ecab)$

**Rule6**

$StatusValue(?stat, ?n) \wedge volume\_status(?stat, ?vstat) \wedge ec\_status(?stat, ?ecstat) \wedge swrlb:multiply(?v\_e\_stat, ?vstat, ?ecstat) \rightarrow v\_ec\_status(?n, ?v\_e\_stat)$

**Rule7**

$v\_setpoint(?n, ?vset) \wedge ec\_mean(?p, ?ecmean) \wedge swrlb:multiply(?vsetemean, ?vset, ?ecmean) \rightarrow v\_setpoint\_e\_mean(?n, ?vsetemean)$

**Rule8**

$v\_ec\_status(?n, ?v\_e\_stat) \wedge v\_setpoint\_e\_mean(?n, ?vsetemean) \wedge ec\_ab(?n, ?ecab) \wedge swrlb:subtract(?a, ?vsetemean, ?v\_e\_stat) \wedge swrlb:divide(?vab, ?a, ?ecab) \rightarrow volume\_ab(?n, ?vab)$

**Rule13**

$volume\_A(?n, ?q) \wedge flowrate\_A(?valve, ?flowA) \wedge swrlb:divide(?TimeA, ?q, ?flowA) \rightarrow Timeopen\_valveA(?n, ?TimeA)$

**Rule14**

$volume\_B(?n, ?q) \wedge flowrate\_B(?valve, ?flowB) \wedge swrlb:divide(?TimeB, ?q, ?flowB) \rightarrow Timeopen\_valveB(?n, ?TimeB)$

**Rule15**

$FlowrateData(?stat, ?valve) \wedge ValveValue(?valve, ?n) \wedge water\_status(?stat, ?w) \wedge flowrate\_water(?valve, ?flowWater) \wedge swrlb:divide(?TimeWater, ?w, ?flowWater) \rightarrow Timeopen\_valveWater(?n, ?TimeWater)$

**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.

Rule 9 Rule 10 Rule 11 for the volume of solution A and B can fill.

**Rule9**

$volume\_ab(?n, ?vab) \wedge ec\_ab(?n, ?ecab) \wedge swrlb:multiply(?vab\_ecab, ?vab, ?ecab) \rightarrow v\_ab\_e\_ab(?n, ?vab\_ecab)$

- [3] S. Calegari, D. Ciucci, "Integrating Fuzzy Logic In Ontologies," *ICEIS*, 2006.
- [4] J. Benton Jones, Jr., **HYDROPONICS A Practical Guide for the Soilless Grower**, Boca Raton, FL : St. Lucie Press, 1997, p.1.
- [5] Carruthers S. **Hydroponics Gardening**. Port Melbourne :Hyde Park 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 Systems 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.



## 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 Stanford Medical Informatics. OWL language is used for communicating in the Protégé.

### II. LITERATURE REVIEW

#### 1. 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 because 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 to increase the EC, are calculated from equation (1) :

$$Q_u = \frac{Q_i(EC_F - EC_i)}{EC_u - EC_i} \quad (1)$$

$Q_u$  : 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

## 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 a 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

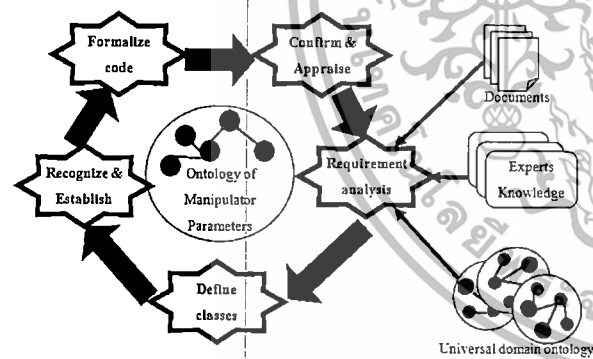


Figure 1. The prototype model of the construction of domain ontology for the manipulator parameters.

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.

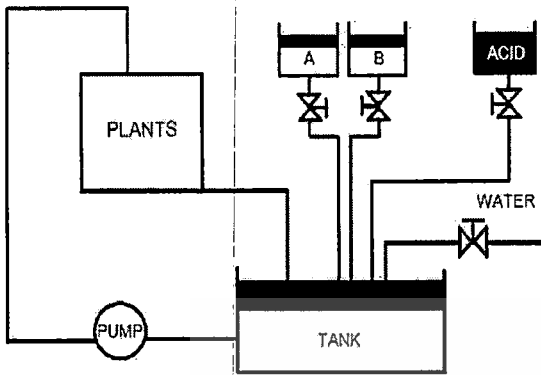


Figure 2. Nutrient Solution System for Hydroponics.

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.

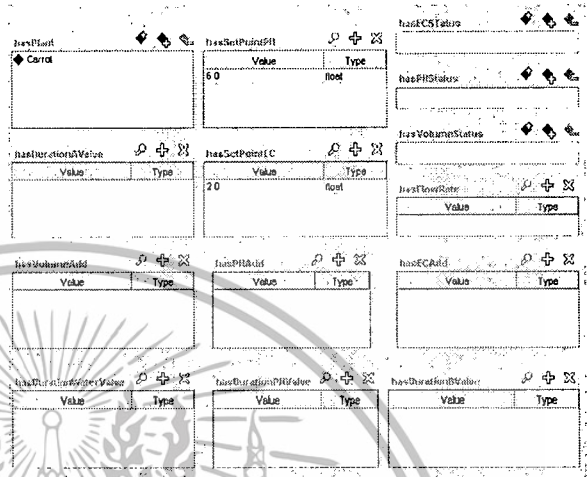


Figure 4. Nutrient Solution System for Hydroponics.

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 Grower II**, 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.

### 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

- [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 Systems Development," Int'l J. Human-Computer Studies, vol. 58, no. 1, 2003, pp. 89-123.
- [8] Carruthers S. **Hydroponics Gardening**. Port Melbourne :Hyde Park Press.1998.
- [9] Jones J. B. Jr. **A Guide for the Hydroponics & Soilless Culture Grower**. Delray Beach : St.Lucie Press.1997.



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอารีวรรณ พุทธิเสถียร  
 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  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้