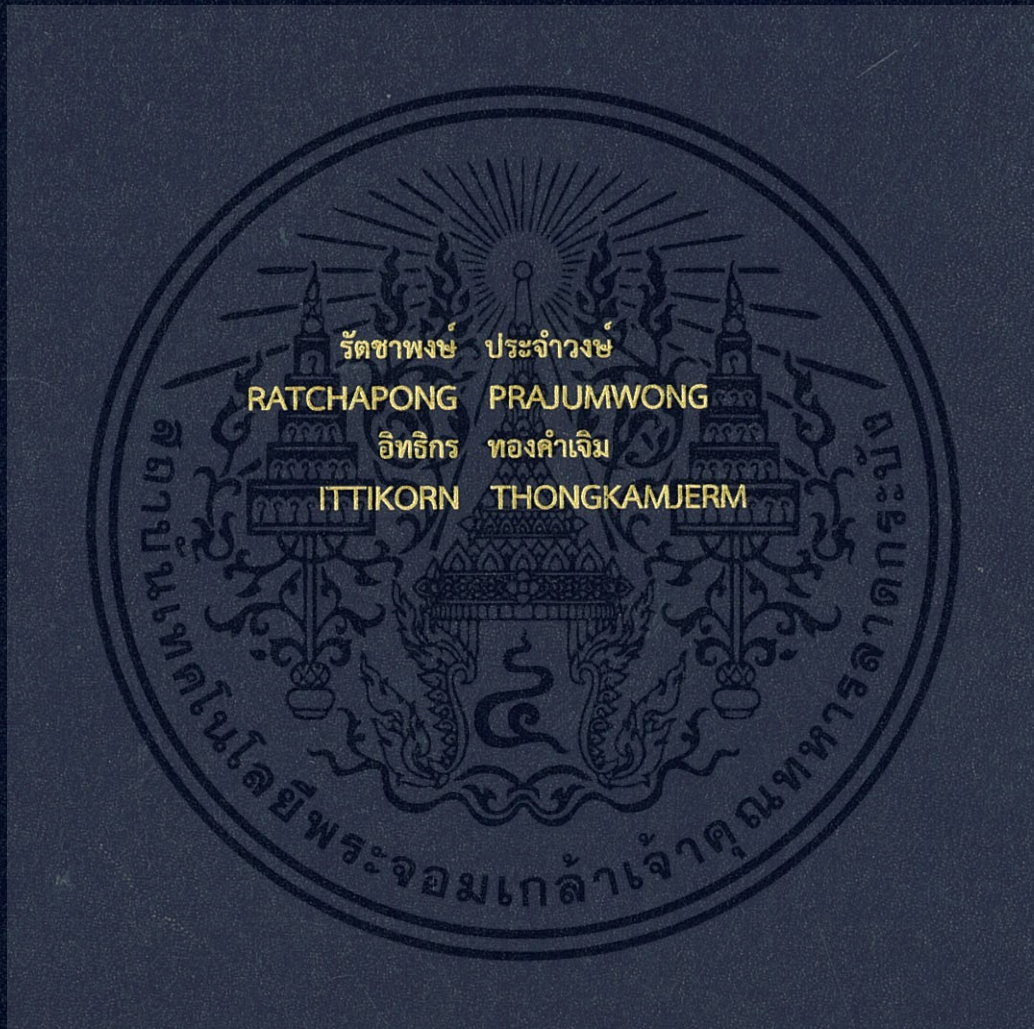


ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ

EMU UTILIZATION SYSTEM



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ

EMU UTILIZATION SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU UTILIZATION SYSTEM



THIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ
Thesis Title EMU UTILIZATION SYSTEM
ชื่อนักศึกษา นายรัชชาพงษ์ ประจักษ์
นายอิทธิกร ทองคำเจิม
ระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560



ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

(.....)

ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ		
Thesis Title	EMU UTILIZATION SYSTEM		
ชื่อนักศึกษา	นายรัชชาพงษ์ ประจําวงษ์	รหัสนักศึกษา	57011064
	นายอิทธิกร ทองคำเจิม	รหัสนักศึกษา	57011541
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล		
	ผศ.ดร.วินวิสา ชัชวงษ์		



วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาต้นคว้าเกี่ยวกับระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ ถูกจัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนจัดการ ระบบหมุนเวียนขบวนรถไฟและสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แอปพลิเคชันสามารถสร้างแผนการจัดการขบวนรถได้โดยอัตโนมัติ โดยพิจารณาจาก ขบวนรถ ตารางเวลา ตารางการซ่อมบำรุง และ ระยะทาง เพื่อจัดสรรขบวนรถให้เหมาะสม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อตารางการเดินรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title EMU UTILIZATION SYSTEM

Student Mr. Ratchapong Prajumwong Student ID. 57011064
Mr. ittikorn tongkumjerm Student ID. 57011541

Degree Bachelor of Engineering

Program Information Engineering

Department Computer Engineering

Academic Year 2016

Thesis Advisor Asst.Prof. Mayuree Lertwatechakul
Asst.Prof. Dr. Vanvisa Chutchavong



ABSTRACT

This project is EMU utilization system development. The purpose is to make the efficient rolling stock circulation and maintenance plan. The system is able to generate a utilization plan automatically for a timetable by considering the available EMUs located in the nearby depots. The maintenance plan can be generated by determining EMUs' operating distance and period as to guarantee the safety of train services.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำช่วยแก้ปัญหาและข้อผิดพลาดตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอขอบคุณ คุณอลงกรณ์ วิจิตรธนสาร (พี่บอย) ที่ได้ให้ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างส่วนประกอบของชุดรถไฟ การจัดการ และการซ่อมบำรุงของขบวนรถไฟ รวมไปถึงให้ข้อชี้แนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้อย่างยิ่ง คือ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจเปิดโอกาสและให้การสนับสนุนผู้จัดทำในทุก ๆ เรื่องตั้งแต่เริ่มการศึกษามาจนสำเร็จการศึกษาและขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้จัดทำในทุก ๆ ด้านระหว่างการจัดทำปริญญาบัตรในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รัชชาพงษ์ ประจำวงษ์
อิทธิกร ทองคำเจิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงการ.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการทำงาน.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานตลอดปีการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 Efficient Circulation of Railway Rolling Stock	4
2.1.2 A rolling stock circulation model for combining and splitting of Passenger trains.....	14
2.1.3 Development of Teaching Platform of Operation and Control for Railway System.....	18
2.2 เครื่องมือพัฒนาแอปพลิเคชัน.....	20
2.2.1 วินโดว์แอปพลิเคชัน.....	20
2.2.2 C#.....	21
2.2.3 Visual Studio.....	23
2.2.4 SQL.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน.....	25
3.1 ความต้องการของระบบ.....	25
3.2 การออกแบบโครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน.....	25
3.2.1 ลักษณะของเว็บแอปพลิเคชัน.....	25
3.2.2 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน.....	34
3.3 การออกแบบฐานข้อมูล.....	34
3.4 การออกแบบระบบของเว็บแอปพลิเคชัน.....	38
3.4.1 ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	38
3.4.2 ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ.....	39
3.4.3 ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ.....	40
3.4.4 ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ.....	41
3.4.5 ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ.....	42
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	44
4.1 ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	44
4.2 ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ.....	45
4.3 ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ.....	45
4.4 ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ.....	47
4.5 ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ.....	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน.....	50
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	50
5.2 ปัญหาและอุปสรรคการดำเนินงาน.....	50
5.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน.....	50
5.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้า.....	50
5.3 แนวทางในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต่อไป.....	51
เอกสารอ้างอิง.....	52
ภาคผนวก.....	53
ภาคผนวก ก Poster.....	54
ภาคผนวก ข การติดตั้งโปรแกรม visual studio.....	59
ภาคผนวก ค การติดตั้งโปรแกรม xampp.....	63
ภาคผนวก ง การติดตั้งโปรแกรม EMU Utilization.....	68

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	28
ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียด Use Case สร้างแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	29
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ.....	30
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดชุดขบวนรถไฟ.....	31
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการตู้ขบวนรถไฟ.....	32
ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการอะไหล่รถไฟ.....	33
ตารางที่ 3.7 Service time table.....	35
ตารางที่ 3.8 Route	35
ตารางที่ 3.9 Train trip.....	36
ตารางที่ 3.10 Train sets.....	36
ตารางที่ 3.11 Trainset model.....	36
ตารางที่ 3.12 Car.....	37
ตารางที่ 3.13 Car model.....	47
ตารางที่ 3.14 Part.....	38

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ภาพรวมของ EMU Utilization System.....	2
รูปที่ 2.1 Train unit ชั้นเดี่ยวที่มี 3 ตู้โดยสาร และตู้โดยสารเดี่ยว.....	5
รูปที่ 2.2 Flow graph สำหรับเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000.....	8
รูปที่ 2.3 Transition graph ของรถไฟ 1 ขบวนที่วิ่งบนเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000.....	12
รูปที่ 2.4 ภาพ logo ของภาษา C#.....	23
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของภาษา c#.....	24
รูปที่ 2.6 logo ของ Visual Studio.....	25
รูปที่ 3.1 Flowchart การสร้างแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	26
รูปที่ 3.2 Use Case Diagram EMU Utilization System	27
รูปที่ 3.3 ภาพของ ER Diagram.....	34
รูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	39
รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ.....	40
รูปที่ 3.6 Sequence Diagram ของการเพิ่มและลบชุดขบวนรถไฟ.....	41
รูปที่ 3.7 Sequence Diagram ของการเพิ่มและลบตู้ขบวนรถไฟ.....	42
รูปที่ 3.8 Sequence Diagram ของการเพิ่มและลบอะไหล่รถไฟ.....	43
รูปที่ 4.1 หน้าหลักของระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	44
รูปที่ 4.2 หน้าเมนู ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ.....	45
รูปที่ 4.3 หน้าเมนู ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ.....	46
รูปที่ 4.4 หน้า รายละเอียดการเพิ่มชุดขบวนรถไฟเข้าในระบบ.....	46
รูปที่ 4.5 หน้าเมนู ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ.....	47
รูปที่ 4.6 หน้าเมนู รายละเอียดการเพิ่มตู้ขบวนรถไฟเข้าในระบบ.....	48
รูปที่ 4.7 หน้าหลักของระบบจัดการอะไหล่รถไฟ.....	49
รูปที่ 4.8 หน้าหลักของระบบจัดการอะไหล่รถไฟ.....	49

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก.1 Poster EMU Utilization	55
รูปที่ ก.2 หน้าหลักระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ.....	56
รูปที่ ก.3 หน้าหลักระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ.....	56
รูปที่ ก.4 หน้าหลักระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ.....	57
รูปที่ ก.5 หน้าหลักระบบจัดการการตู้ขบวนรถไฟ.....	57
รูปที่ ก.6 หน้าหลักของระบบจัดการอะไหล่รถไฟ.....	58
รูปที่ ข.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม visual studio.....	60
รูปที่ ข.2 หน้าต่างการติดตั้งของ Visual Studio.....	61
รูปที่ ข.3 หน้าต่าง Launch ของ Visual Studio.....	61
รูปที่ ข.4 หน้าต่างเลือกธีม ของ Visual Studio.....	62
รูปที่ ค.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม Xampp.....	64
รูปที่ ค.2 หน้าแรกของการติดตั้ง Xampp.....	65
รูปที่ ค.3 หน้าต่างเลือก Components ของ Xampp.....	65
รูปที่ ค.4 หน้าต่างเลือกตำแหน่งการติดตั้ง Xampp.....	66
รูปที่ ค.5 หน้าต่างแสดงการติดตั้ง Xampp.....	66
รูปที่ ค.6 หน้าต่างแสดงการติดตั้ง Xampp เสร็จสิ้น.....	67
รูปที่ ค.7 โปรแกรม xampp.....	67
รูปที่ ง.1 ไฟล์ติดตั้ง project	69
รูปที่ ง.2 หน้าแรกการติดตั้ง project.....	69
รูปที่ ง.3 หน้าต่างเลือกตำแหน่งการติดตั้ง project.....	70
รูปที่ ง.4 หน้าต่างแสดงการติดตั้ง project เสร็จสิ้น.....	70
รูปที่ ง.5 shortcut ไฟล์ exe	71
รูปที่ ง.6 หน้าต่าง โปรแกรม xampp	71
รูปที่ ง.7 ปุ่ม admin ในโปรแกรม xampp	72
รูปที่ ง.8 หน้าหลัก phpMyAdmin.....	72

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ง.9 หน้า create database ใน phpMyAdmin.....	73
รูปที่ ง.10 หน้า import ไฟล์ ใน phpMyAdmin.....	73
รูปที่ ง.11 โปรแกรม EMU.....	74



บทที่ 1

บทนำ

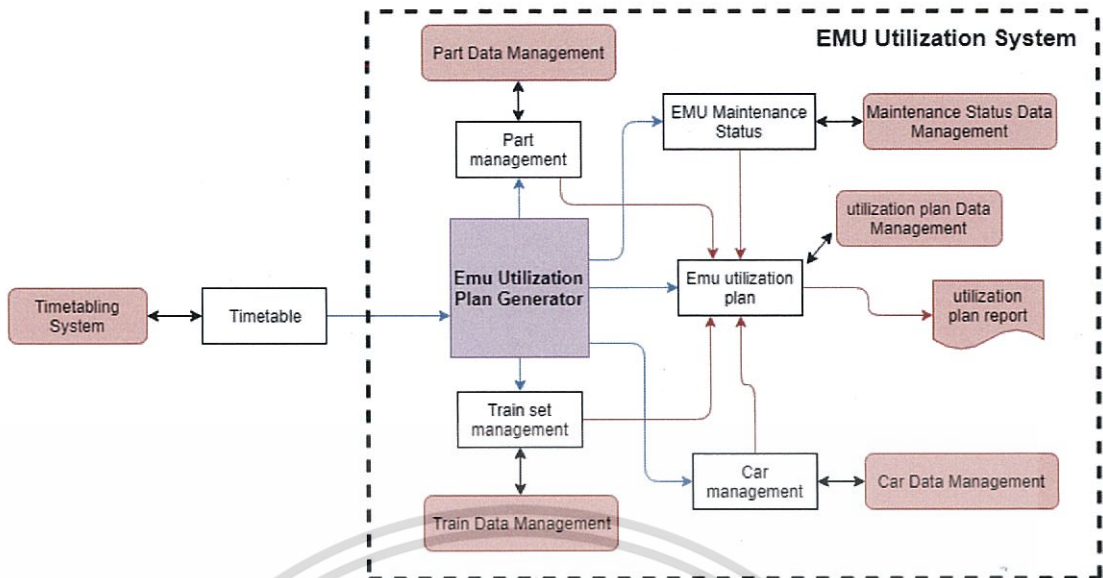
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการให้บริการการเดินรถไฟจึงต้องดูแลเอาใจใส่เรื่องนี้เป็นอย่างมาก เนื่องจากการเสื่อมสภาพของขบวนรถไฟมีผลต่อความปลอดภัยและการให้บริการ เพราะถ้าหากเปิดให้บริการขณะที่ขบวนรถไฟและชิ้นส่วนแต่ละชิ้นไม่สมบูรณ์อาจเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงตามมาได้ การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชิ้นนั้นมีปัจจัยการเสื่อมสภาพที่แตกต่างกัน โดยชิ้นส่วนบางชิ้นนั้นมีค่าความเสื่อมตามระยะทางที่วิ่งบางชิ้นมีค่าความเสื่อมสภาพแปรผันตามระยะเวลาการใช้งาน เพื่อที่จะสร้างแผนการใช้งานขบวนรถไฟให้สอดคล้องกับการบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานอยู่เสมอจำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพในการช่วยวางแผนการใช้งานขบวนรถไฟและวางแผนซ่อมบำรุง เพื่อให้ประหยัดเวลาสะดวกในการจัดสรรขบวนรถไฟและเกิดประโยชน์สูงสุดสามารถรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อได้อย่างเหมาะสม

1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงการ

โครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถไฟ (EMU Utilization System) จะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

- 1.) ส่วนระบบจัดการแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ (Rolling Stock Circulation)
- 2.) ส่วนระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ (EMU Maintenance Status)
- 3.) ส่วนระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ (Train set management)
- 4.) ส่วนระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ (Car management)
- 5.) ส่วนระบบจัดการอะไหล่รถไฟ (Part management)



รูป 1.1 ภาพรวมของ EMU Utilization System

1.3 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) สามารถจัดการกับการหมุนเวียนขบวนรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟสำหรับแต่ละขบวนรถได้ โดยสอดคล้องกับความต้องการของตารางเวลาเดินรถไฟ ทั้งยังสามารถกำหนดช่วงระยะของการสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถได้และเก็บบันทึกข้อมูลการสร้างแผนลงในระบบฐานข้อมูลได้

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 สามารถคำนวณสร้างแผนการเดินรถไฟได้กำหนดวันเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการสร้างแผนการหมุนเวียนขบวนรถได้
- 1.4.2 สามารถเพิ่มข้อมูลต่าง ๆ ได้ เช่น ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ และอะไหล่
- 1.4.3 สามารถดูสถานะการซ่อมบำรุงได้โดยจะแสดงเป็นสีว่าอยู่ระดับไหนของแต่ละชิ้นส่วนของรถ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานตลอดปีการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการจะแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน โดยมีระยะเวลาครอบคลุมทั้ง Project I และ Project II (นับตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2560 ไปจนถึง 31 พ.ค 2561) จะแบ่งระยะเวลาการดำเนินงานได้เป็นตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตาราง 1.1 ตารางเวลาขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ส.ค		ก.ย		ต.ค		พ.ย		ธ.ค		ม.ค		ก.พ		มี.ค		เม.ษ		พ.ค		
	60		60		60		60		60		60		60		60		60		60		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1 ศึกษาเกี่ยวกับระบบ EMU	■																				
2 ศึกษาโครงการรถไฟฟ้า กรุงเทพฯ - นครราชสีมา			■																		
3 ศึกษาอุปกรณ์ชิ้นส่วนรถไฟฟ้า				■																	
4 ศึกษาการเขียนภาษา c#					■																
5 ออกแบบ							■														
6 พัฒนา								■													
7 ปรับปรุงและแก้ไข												■									
8 จัดทำเอกสาร																					■

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ

- 1.) ระบบสามารถจัดการวางแผนการใช้ขบวนรถได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ
- 2.) ระบบสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงความรู้และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาตัวโปรแกรม

2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 งานวิจัย Efficient Circulation of Railway Rolling Stock [1]

งานวิจัยนี้สนใจเกี่ยวกับการพิจารณาจำนวนชุด Train units ในประเภทต่างๆ และการหมุนเวียนของขบวนรถไฟที่มี Train units หลายๆ ชุด จะสามารถวิ่งอยู่บนเส้นทางเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Efficient Circulation) ซึ่งรถไฟหนึ่งขบวนอาจจะมีย่อ Train units เข้ากับขบวนรถ (Coupling) หรือถอด Train units ออกจากขบวนรถ (Uncoupling) ตามสถานีรถไฟต่างๆ ก็ได้ โดยจะพิจารณาจากความต้องการที่นิ่งของผู้โดยสารที่เดินทางในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนและในช่วงเวลาปกติ เพื่อหาความเป็นไปได้ในการสับเปลี่ยน train units ขบวนรถไฟของแต่ละสถานี จึงต้องทำการเรียงลำดับ Train units ภายในขบวนรถไฟนั้นๆ ไว้ด้วย ซึ่งจะทำให้การวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ “โมเดลโปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming Model)” เข้ามาช่วยและนำตารางการเดินรถไฟของการรถไฟแห่งประเทศไทยเนเธอร์แลนด์ (NS Reizigers) ที่มีการใช้งานจริงมาทำการทดลอง

2.1.1.1 ปัญหาที่เกิดจากการวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถ

ผู้เขียนได้พูดถึงปัญหาที่เกิดจากการวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 หัวข้อหลักๆ ได้ดังนี้

1.) ปัญหาการจัดสรร Train Unit ของขบวนรถไฟ

งานวิจัยได้อ้างอิงจากการรถไฟแห่งประเทศไทยเนเธอร์แลนด์ (NS Reizigers) ซึ่งมีขบวนรถไฟที่ให้บริการโดยสารอยู่หลายขบวน โดยขบวนรถไฟที่ให้บริการจะประกอบไปด้วย train units หลายๆ ชุด ในแต่ละ train unit ก็จะมีประกอบไปด้วยหลายๆ ตู้โดยสาร (Carriages) ที่ต่อกันอยู่ โดยผู้เขียนได้จำแนกความแตกต่างระหว่าง train unit และตู้โดยสารได้ดังนี้

- **Train unit:** จะมีเครื่องยนต์หรือหัวรถจักรในตัว จึงทำให้ตู้โดยสารส่วนอื่นๆ ภายในขบวนสามารถขับเคลื่อนได้โดยที่ไม่มีหัวรถจักรหรือเครื่องยนต์ใดๆ ได้
- **ตู้โดยสารเดี่ยว:** เป็นเพียงแค่อัฒจันทร์ไฟเท่านั้น ไม่สามารถขับเคลื่อนด้วยตัวเองได้ถ้าไม่มีหัวรถจักรหรือเครื่องยนต์พาขับเคลื่อนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 Train unit ชั้นเดียวที่มีอยู่ 3 ตู้โดยสาร (รูปบน) และตู้โดยสารเดี่ยว (รูปล่าง)

ซึ่งผู้เขียนได้พูดถึงการหมุนเวียนของขบวนรถที่ประกอบด้วย train units ที่มีความสูงเพียงชั้นเดียว ซึ่งจะมีชุดตู้โดยสารอยู่สองชุดคือ แบบ 3 ตู้และ 4 ตู้ โดยในแต่ละ train unit จะมีการกำหนดจำนวนที่นั่งให้กับผู้โดยสารในชั้น 1 และชั้น 2 ไว้ตายตัวอยู่แล้ว (แต่อาจจะสามารถรองรับผู้โดยสารได้มากหรือน้อยกว่าที่ได้กำหนดจำนวนที่นั่งเอาไว้ก็ได้) บางครั้งสามารถนำชุด train units ทั้งสองชุดมารวมกันให้เป็นขบวนรถไฟยาวๆ ก็ได้ ดังนั้นไม่เพียงแต่พิจารณาในเรื่องของ train units หลายๆ ชุดในรถไฟแต่ละขบวนเท่านั้น แต่ยังต้องพิจารณาในเรื่องของลำดับของ train units ในรถไฟอีกด้วย

การเรียงลำดับ train units ในรถหนึ่งขบวนจะเรียกว่า “Composition” เช่น ถ้า “3” และ “4” เป็นจำนวนชุดของ train units ที่มีตู้โดยสารประเภท 3 ตู้และ 4 ตู้ตามลำดับ จะมี composition เป็น “344” และ “434” โดยมีจำนวนตู้โดยสารเท่ากันแต่มี composition ที่แตกต่างกัน (ตำแหน่งของชุด train units ที่แตกต่างกัน) ซึ่งทั้งสอง compositions นี้มี train units ประเภท “4” อยู่ข้างหน้าเหมือนกัน (แต่ในทางกลับกันชุดของ train units จะวิ่งจากซ้ายไปขวาของ composition) สำหรับการต่อ Train units เข้ากับขบวนรถไฟจะต้องต่อเข้าที่ส่วนหัวขบวนรถไฟ และเวลาถอด Train units จะต้องถอดออกจากส่วนท้ายขบวนรถไฟ ซึ่งจะต้องดำเนินการในระหว่างที่รถไฟเดินทางมาถึงและออกจากสถานี โดยต้องใช้ระยะเวลาสั้นๆ เพียงไม่กี่นาทีเท่านั้นและถ้าเกิดเวลาที่รถไฟออกจากสถานีกับเวลาที่รถไฟมาถึงสถานีแตกต่างกันมาก ก็อาจจะส่งผลต่อการสับเปลี่ยน Train units ของขบวนรถไฟ ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากมากขึ้น

ถ้าหากเปรียบเทียบ composition ระหว่าง “344” และ “434” โดยการถอดถอด Train units ออกจากขบวนรถไฟ การถอด train unit ประเภท “3” ออกจากขบวนรถไฟที่มี composition “344” สามารถทำได้ง่ายและเสียเวลาน้อยที่สุด เนื่องจากถอดออกทางท้ายของขบวนจะเหลือ composition เป็น “44” แต่ถ้าหากจะถอด train unit ประเภท “3” ออกจาก composition “434” อาจต้องใช้เวลานานและมีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่า เพราะต้องถอด train unit ประเภท “4” ออกก่อนแล้วถึงจะถอด train unit ประเภท “3” ออกได้ แต่อาจส่งผลให้เกิดปัญหาในการรองรับจำนวนผู้โดยสาร เนื่องจากมีที่นั่งไม่เพียงพอกับขบวนรถได้ จึงต้องทำการสับเปลี่ยน train units ให้ดี ดังนั้นการมี train units หลายๆ ชุดและประเภทของ train units แตกต่างกันจึงทำให้มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยุ่งยากในกระบวนการวางแผนและการดำเนินการหลายๆ อย่างในแต่ละวัน อย่างไรก็ตาม จำนวนผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้นต่อรถไฟหนึ่งขบวน จะต้องทำการคำนวณความต้องการจำนวนผู้โดยสารที่จะขึ้นรถไฟและจัดเตรียมจำนวนที่นั่งให้รองรับผู้โดยสารได้เพียงพอ

2.) ปัญหาอื่น ๆ

ปัญหาหลักๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการหมุนเวียนขบวนรถไฟส่วนใหญ่เป็นเรื่องของต้นทุนคงที่ (fixed cost) ซึ่งมีตัวแปรดังนี้

- แหล่งพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟ (Power Supply)
- การดูแลรักษาขบวนรถไฟ (Maintenance): ตรวจสอบระยะทางของรถไฟแต่ละขบวนว่ามีระยะทางเกินมาตรฐานหรือไม่ หากว่าเกินขบวนรถไฟนั้นจะต้องเข้าศูนย์บำรุงรถไฟต่อไป (ในประเทศเนเธอร์แลนด์ การเดินทางไปศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อตรวจสอบสภาพรถ จะต้องผ่านขั้นตอนมากมาย จึงไม่น่ามาคิดในการวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถไฟ)
- เจ้าหน้าที่การรถไฟ (Operator): จะต้องมีคนขับรถและนายสถานีอย่างน้อย 1 คน แต่ถ้าความยาวของรถไฟเกินกว่ารถไฟปกติก็จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนนายสถานี เพื่อเพิ่มการรักษาความปลอดภัย
- ค่าใช้จ่ายของต้นทุน (Acquisition) และความเสื่อมสภาพ

2.1.1.2 Model Formulation

ในหัวข้อนี้ผู้เขียนได้อธิบายถึงโมเดลที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาการหมุนเวียนของขบวนรถไฟที่วิ่ง เพื่อให้บริการรับ - ส่งผู้โดยสารตามสถานีต่าง ๆ

- คำอธิบายและสัญลักษณ์

สมมุติให้มีเส้นทางเดินรถไฟหนึ่งสายที่เชื่อมต่อระหว่าง 2 สถานี (สถานีต้นทางกับสถานีปลายทาง) ซึ่งเป็นเส้นทางเดินรถที่วิ่งอยู่เป็นประจำโดยใช้ตารางการเดินรถไฟที่แสดงเวลาทั้งขาไป-ขากลับมาร่วมสร้างโมเดลด้วย ส่วนจำนวนรถไฟที่วิ่งบนเส้นทางนี้ก็ขึ้นอยู่กับเวลาและความถี่ในการหมุนเวียนรอบขบวนรถไฟที่วิ่ง สมมุติให้รถไฟทั้งหมดที่วิ่งอยู่นั้นอาจจะมีชุดของ train units ที่แตกต่างกันในแต่ละขบวน ส่วนปัญหาในการสร้างโมเดลคือ การแปรผันของค่า multi-commodity flow โดยเฉพาะเรื่อง ordered multi-commodity flow ดังนั้นการเรียงลำดับของ train units ในขบวนรถไฟจึงเป็นเรื่องสิ่งสำคัญอย่างมาก โดยตัวแปรที่นำมาใช้ในการแทนสมการของโมเดล มีดังนี้

T	แทนเซตของเที่ยว (trip)
S	แทนเซตของสถานี (station)
J	แทนเซตของประเภทของ train units

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในแต่ละ $t \in T$ จะถูกแทนด้วย

O_t แทนสถานีต้นทาง

D_t แทนสถานีปลายทาง

S_t แทนเวลาเริ่มต้นวิ่งของรถไฟ (Start time)

E_t แทนเวลาสิ้นสุดวิ่งของรถไฟ (End time) ในรถไฟแต่ละขบวน τ

T_τ แทนเซตของลำดับเซตของเที่ยวรถไฟขบวน τ ที่ยังวิ่งอยู่

$n(t)$ แทนเที่ยวรถไฟเที่ยวต่อไป โดยให้แต่ละเที่ยวแทนด้วย t แต่เป็นรถไฟขบวนเดิมอยู่

$d_{c,t}$ ($c = 1, 2$) แสดงพารามิเตอร์ของจำนวนผู้โดยสารที่คาดการณ์ไว้ในชั้น c รอบเที่ยว t

$T_t^a = \{t' \in T | D_{t'} = O_t, E_{t'} < S_t\}$ หมายความว่าเซต T_t^a เป็นเซตย่อยของเที่ยว t' ที่มาถึงสถานี O_t ก่อนออกจากสถานี O_t ด้วยเที่ยว t

$T_t^d = \{t' \in T | O_{t'} = O_t, S_{t'} < S_t\}$ หมายความว่าเซต T_t^d เป็นเซตย่อยของเที่ยว t' ที่ออกจากสถานี O_t ก่อนออกจากสถานี O_t ด้วยเที่ยว t

P_t แทนความยาวของขบวนขบวนรถไฟที่สั้นที่สุดของรอบรถไฟเที่ยวนั้นๆ

l_j แทนความยาวของตู้โดยสารของแต่ละ train unit ในประเภท j

N_j แทนจำนวนของตู้โดยสารของแต่ละ train unit ในประเภท j

$C_{j,c}$ แทนความสามารถที่จะรับผู้โดยสารได้ในชั้น c ($c = 1, 2$) ของแต่ละ train unit ในประเภท j

F_j แทนต้นทุนคงที่ของแต่ละ train unit ในประเภท j

V_j แทนต้นทุนแปรผันของแต่ละ train unit ในประเภท j

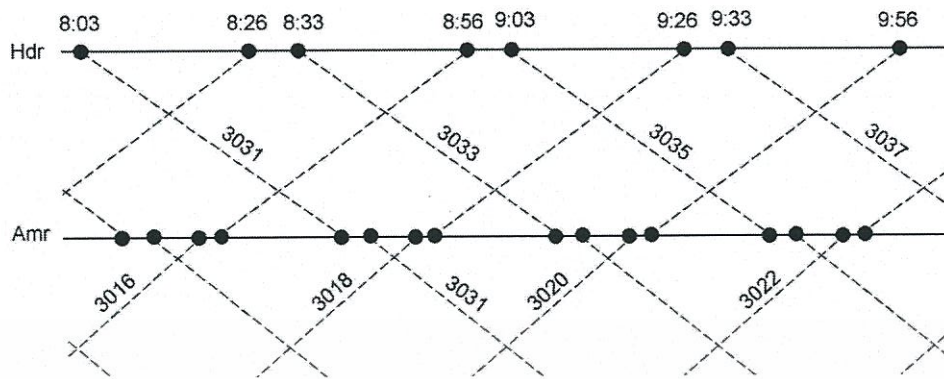
2.1.1.3 Model 1: Neglecting the compositions

ถ้าไม่สนใจลำดับ train units ของขบวนรถไฟ จะสามารถเขียน Multi-commodity flow model ได้ เพื่อแก้ปัญหาการหมุนเวียนของขบวนรถไฟและเพิ่มข้อจำกัดหลาย ๆ อย่างให้เข้าไปในโมเดลนี้ด้วย โดยจะแสดงอยู่ในรูป Flow Graph ที่เรียกว่า “Time – space graph” โดยกำหนดให้

- โหนด แสดงสถานีที่รถไฟมาถึงหรือสถานีที่รถไฟออกจากสถานี
- เส้นประ แสดงการวิ่งของขบวนรถไฟที่ ซึ่งเป็นคนละสถานี
- เส้นทึบ แสดงการวิ่งของขบวนรถไฟ ซึ่งเป็นสถานีเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แกนตั้ง แสดงชื่อของสถานีต่าง ๆ



รูปที่ 2.2 แสดง Flow graph สำหรับเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000

ซึ่งแต่ละจุดของ Flow Graph แสดงการวิ่งของรถไฟที่มีสภาพคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจากตัวอย่างในรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่ามี train units ที่ถูกถอดทิ้งไว้ที่สถานี Alkmaar (Amr) เมื่อรถไฟเที่ยว 3031 มาถึงสถานี Alkmaar ก็จะนำ train units ที่ถอดทิ้งไว้มาต่อเข้ากับขบวนรถไฟ ซึ่งความสัมพันธ์แบบนี้จะคิดแยกแต่ละประเภทของ train units

ซึ่งตัวแปร (Decision Variable) ที่ใช้แสดงในโมเดล มีดังนี้

$x_{t,j}$ แทนจำนวน train units j ที่ถูกจัดสรรให้กับรถไฟเที่ยว t

$y_{s,j}^0$ แทนจำนวน train units j ที่จอดทิ้งไว้ที่สถานี s ในเวลากลางคืน

y_j^{tot} แทนจำนวน train units j ทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้

และสำหรับฟังก์ชัน $F(x, y)$ จะนำมาแทน Objective Function ดังต่อไปนี้

PB1: $\min \sum_j F_j y_j^{tot}$ คือ ค่าต้นทุนคงที่ของ train units อย่างน้อยที่สุด

PB2: $\min \sum_t L_t (\sum_j V_j x_{t,j})$ คือ ค่าต้นทุนผันแปรของ train units อย่างน้อยที่สุด

PB3: $\min \sum_t L_t (\sum_j V_j x_{t,j})$ ถ้า $\sum_j N_j y_j^{tot} \leq UB$ คือ ค่าต้นทุนผันแปรของ train units อย่างน้อยที่สุด เมื่อคำนึงถึงขอบเขตบนของจำนวนตู้รถไฟโดยสาร

โดย Objective Function ของ Model 1 จะแทนด้วย $\min F(x, y)$ ถ้าหากมีเงื่อนไขตามสมการต่อไปนี้

$$y_j^{tot} = \sum_s y_{s,j}^0 \quad \forall j \in J \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.1 จำนวน train units ที่ต้องการทั้งหมดของแต่ละประเภทเท่ากับ จำนวน train units $y_{s,j}^0$ ทั้งหมดที่จอดอยู่ในหลายๆสถานีรถไฟในช่วงเวลากลางคืน

$$x_{t,j} \leq y_{s,j}^0 + \sum_{t' \in T_t^a} x_{t',j} - \sum_{t' \in T_t^d} x_{t',j} \quad \forall j \in J; t \in T, s = O_t \quad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.2 จำนวน train units ประเภท j ที่ถูกจัดสรรให้กับรถไฟเที่ยว t ไม่ควรมีจำนวน train units ประเภท j เกินกว่าจำนวน train units ที่จอดทิ้งไว้ที่สถานี O_t ก่อนเวลาที่รถไฟเที่ยว t เริ่มวิ่งอีกครั้ง และต่อมาก็เท่ากับจำนวน train units ที่เริ่มวิ่งของวันนี้บวกกับจำนวน train units ที่ถึงสถานี O_t จนถึงเวลานี้ลบกับจำนวน train units ที่ออกจากสถานี O_t จนถึงตอนนี้

$$\sum_j l_j x_{t,j} \leq P_t \quad \forall t \in T \quad (2.3)$$

จากสมการที่ 2.3 ในรถไฟแต่ละเที่ยว t ไม่ควรมีความยาวของตัวขบวนรถไฟยาวเกินขนาด P_t ที่สั้นที่สุด

$$\sum_j C_{j,c} x_{t,j} \geq d_{c,t} \quad \forall t \in T; c = 1,2 \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.4 ความต้องการที่นั่งในชั้น 1 และชั้น 2 ของรถไฟแต่ละเที่ยว นั้นเป็นไปตามความพึงพอใจของผู้โดยสารนั่นเอง

$$x_{n(t),j} \leq x_{t,j} \quad \forall t: O_t = Ah, D_t = Amr; j \in J \quad (2.5)$$

จากสมการที่ 2.5 ในสถานี Alkmaar ไม่สามารถต่อ train units จากรถไฟที่จะวิ่งไปทางเหนือ

$$x_{n(t),j} \geq x_{t,j} \quad \forall t: O_t = Hdr, D_t = Amr; j \in J \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 ในสถานี Alkmaar ไม่สามารถถอด train units ของรถไฟที่จะวิ่งไปทางใต้

$$x_{t,j} \in \{0, \dots, M_{t,j}\} \quad \forall t \in T, j \in J \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.7 $M_{t,j}$ เป็นขอบเขตบนที่เหมาะสมสำหรับตัวแปร $x_{t,j}$

$$y_j^{tot}, y_{s,j}^0 \in Z^+ \forall s \in S, j \in J \quad (2.8)$$

จากสมการที่ 2.8 ตัวแปร $y_j^{tot}, y_{s,j}^0$ เป็นค่าจำนวนเต็มบวก

- การใช้เหตุผลโดยใช้อสมการ (Valid Inequalities)

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายถึงกฎเกณฑ์ในสมการที่ 2.3 ซึ่งพูดถึงความยาวของตัวขบวนรถไฟที่ยาวที่สุดและสมการที่ 2.4 ก็พูดถึงความต้องการของที่นั่งตามความพึงพอใจของผู้โดยสาร จึงนำการใช้เหตุผลโดยใช้อสมการมาแสดงให้เห็นดู สำหรับตัวอย่างจะเป็นโมเดลที่ใช้สำหรับรถไฟเที่ยว t มีดังนี้

$$3x_{t,3} + 4x_{t,4} \leq 12 \quad (2.9)$$

จากสมการที่ 2.9 ขบวนรถไฟควรมีความยาวมากที่สุดอยู่ที่ 12 ตู้โดยสาร และความต้องการที่นั่งในชั้น 2 ตามความพึงพอใจของผู้โดยสาร

$$166x_{t,3} + 224x_{t,4} \geq 510 \quad (2.10)$$

จากสมการที่ 2.10 ค่า 510 มีค่าเท่ากับจำนวนที่นั่งที่ต้องการในชั้น 2 ของรถไฟเที่ยว t ส่วนค่า 166 และ 244 เป็นการแทนที่นั่งที่สามารถรองรับได้ใน train unit ที่มี 3 และ 4 ตู้โดยสาร เนื่องจากการรวมตัวแปร $3x_{t,3}$ และ $4x_{t,4}$ จึงทำให้เกิดเป็นสมการที่ 2.11 และ 2.12

$$x_{t,3} + 2x_{t,4} \geq 4 \quad (2.11)$$

จากสมการที่ 2.11 ขบวนรถไฟควรมีความยาวอย่างน้อย 4 ตู้โดยสาร

$$x_{t,3} + x_{t,4} \geq 3 \quad (2.12)$$

จากสมการที่ 2.12 ขบวนรถไฟควรมีความยาวอย่างน้อย 3 ตู้โดยสาร

2.1.1.4 Model 2: Taking into account the compositions

โมเดลนี้จะคำนึงถึง compositions ของรถไฟ โดยนิยามตัวแปรที่จำเป็นต้องใช้ในการแทนสมการของ Model 2 มีดังนี้

K แทนเซตของ compositions ที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด

K_t แทนเซตของ compositions ที่มีความเป็นไปได้ของรถไฟเที่ยว t

$g_{k,j}$ แทนตัวแปรของจำนวน train units j ที่อยู่ใน composition k

$A_{t,k}$ แทนเซตของ compositions ที่มีความเป็นไปได้ในรถไฟเที่ยว $n(t)$ ถ้ารถไฟขบวนนั้นมี composition k ในเที่ยวรถไฟ t

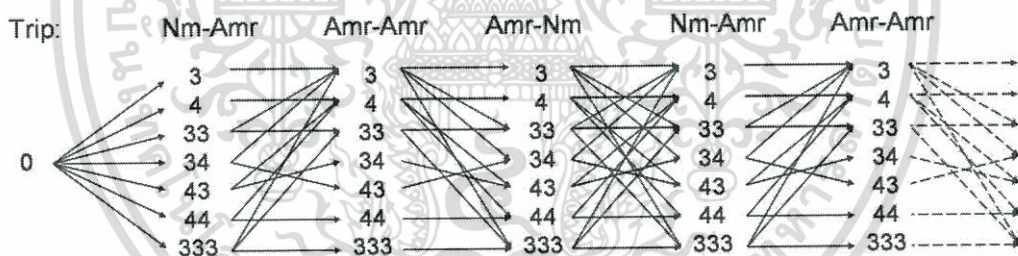
$U_{t \in T_\tau} \{(t, k) | k \in K_t\}$ เป็นการยูเนียนโดยเซตที่รวมเที่ยวรถไฟ t

ทั้งหมดซึ่งยังดำเนินการวิ่งด้วยรถไฟขบวน τ โดยจาก transition graph ถูกแทนเป็นเซตของโหนด $U_{t \in T_\tau} U_{k \in K_t} A_{t,k}$ เป็นการยูเนียนโดยเซตที่รวมเที่ยวรถไฟ t ทั้งหมด

โดย transition graph แทน เป็นเซตของเส้นลูกศร (arcs)

Source node แทนโหนดที่ทำการเชื่อมต่อกับเที่ยวรถไฟนี้เที่ยวแรก

Sink node แทนโหนดที่ทำการเชื่อมต่อกับเที่ยวรถไฟนี้เที่ยวสุดท้าย



รูปที่ 2.3 แสดง Transition graph ของรถไฟ 1 ขบวนที่วิ่งบนเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000

ในแต่ละ Transition Graph ต้องทำการหาเส้นทางจากโหนดที่เชื่อมต่อกับเที่ยวแรกและโหนดที่เชื่อมต่อกับเที่ยวสุดท้าย ซึ่งต่างก็ต้องใช้สมการกำหนดเป้าหมาย $F(x, y)$ ค่าอย่างน้อยที่สุด หรือ $\min F(x, y)$ ใช้เหมือนกับ Model 1 ส่วนในโมเดลนี้จะใช้ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจแบบไบนารี (Binary decision variable) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับโหนดใน Transition Graph คือ

$a_{t,k}$ มีค่าเป็น “1” ก็ต่อเมื่อ composition k ถูกเลือกมาใช้สำหรับเที่ยวรถไฟ t

สำหรับฟังก์ชัน $\min F(x, y)$ จะนำมาแทน Objective Function ในสมการของ Model 2 หากว่าเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_j^{tot} = \sum_s y_{s,j}^0 \quad \forall j \in J \quad (2.13)$$

$$x_{t,j} \leq y_{s,j}^0 + \sum_{t' \in T_t^a} x_{t',j} - \sum_{t' \in T_t^d} x_{t',j} \quad \forall j \in J; t \in T, s = O_t \quad (2.14)$$

$$x_{n(t),j} \leq x_{t,j} \quad \forall t: O_t = Ah, D_t = Amr; j \in J \quad (2.15)$$

$$x_{n(t),j} \geq x_{t,j} \quad \forall t: O_t = Hdr, D_t = Amr; j \in J \quad (2.16)$$

$$x_{t,j} \in \{0, \dots, M_{t,j}\} \quad \forall t \in T, j \in J \quad (2.17)$$

$$y_j^{tot}, y_{s,j}^0 \in Z^+ \quad \forall s \in S, j \in J \quad (2.18)$$

$$\sum_{k \in K_t} a_{t,k} = 1 \quad \forall t \in T \quad (2.19)$$

จากสมการที่ 2.19 แต่ละเที่ยวของรถไฟ มีเพียง composition เดียวที่เหมาะสม
จะถูกลีอก

$$a_{t,k} \leq \sum_{k' \in A_{t,k}} a_{n(t),k'} \quad \forall t \in T, k \in K_t \quad (2.20)$$

จากสมการที่ 2.20 Composition ที่ถูกลีอกไว้จากสมการ 2.19 สำหรับเที่ยวรถไฟ
 t นั้นจะเหมาะสมกับ composition ที่เลือกไว้สำหรับเที่ยวรถไฟต่อไปคือเที่ยว $n(t)$ ซึ่งเป็นรถไฟ
ขบวนเดียวกัน

$$x_{t,j} = \sum_{k \in K_t} g_{k,j} a_{t,k} \quad \forall t \in T, j \in J \quad (2.21)$$

จากสมการที่ 2.21 จำนวน train units j ในเที่ยวรถไฟ t เป็นไปตาม
composition ที่ถูกใช้ในเที่ยวรถไฟนี้

$$a_{t,k} \in \{0,1\} \quad \forall t \in T, \forall k \in K_t \quad (2.22)$$

จากสมการที่ 2.22 ตัวแปร $a_{t,k}$ เป็นตัวแปรแบบไบนารีที่มีอยู่ 2 ค่า คือ “0” กับ “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 หลักการในการแก้ปัญหา

วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ได้ข้อสรุปตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.) แก้ไขปัญหาด้วย Model 1 (เนื่องจากมีขอบเขตที่ต่ำกว่าการใช้ Model 2)

2.) ลด Transition Graph ไปเรื่อย ๆ โดยใช้วิธี

- การตัดโหนดออก
- การตัดเส้นทางที่ไม่มีการเชื่อมต่อออก

3.) ถ้าหากในการลดแต่ละ Transition Graph ยังคงมีเส้นทางจากต้นทางไปถึงปลายทางอยู่ ก็ให้ทำการแก้ไข Transition Graphs ที่ถูกลดด้วย Model 2 ต่อ แต่ถ้า Transition Graphs ที่ถูกลดนั้นไม่เป็นไปตามเงื่อนไขข้างต้นก็ให้กลับไปยังขั้นตอนที่ 2 เพื่อเข้าเงื่อนไขการตัดโหนดหรือการตัดเส้นทางที่ไม่มีการเชื่อมต่อ

ในขั้นตอนแรกการแก้ไขปัญหากับ Model 1 โดยให้มีขอบเขตต่ำซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ยังไม่ดีพอ จึงได้นำมาตรวจสอบในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 หลังจากที่มีการแก้ปัญหากับ Model 1 ถ้าผลที่ได้ยังอยู่ในการแก้ปัญหากับ Model 2 และค่าที่ได้ยังเหมือนกับค่า Objective Function L (ก็จะต้องทำต่อไปเรื่อย ๆ โดยการลดจำนวนโหนดและลูกศรของ Transition Graph โดยใช้วิธี “การตัดโหนดออก” และ “การตัดเส้นทางที่ไม่มีการเชื่อมต่อออก”

2.1.1.6 สรุปงานวิจัย

1.) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาในการกำหนดจำนวน train units ให้เหมาะสมกับการหมุนเวียนขบวนรถไฟบนเส้นทางเดินรถ 1 สาย โดยคำนึงถึงรถไฟที่สามารถประกอบชุด train units ที่แตกต่างกันได้และสามารถสร้างแบบจำลองให้ compositions ของ train units ได้ด้วย

2.) มีการพิสูจน์ปัญหาการหมุนเวียนของขบวนรถไฟด้วย NP-hard ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ในการพิสูจน์ทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามถ้ากำหนดจำนวนรถไฟ จำนวนสถานีรถไฟ จำนวน train unit แต่ละประเภท และความยาวสูงสุดของรถไฟไว้ตายตัวแล้ว การหมุนเวียนของขบวนรถไฟก็สามารถหาเวลาที่ต้องใช้อย่างเหมาะสมกับจำนวนเที่ยวของรถไฟที่ต้องวิ่ง

งานวิจัย [1] ได้มีการอธิบายสมการโมเดลและอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับแก้ปัญหการหมุนเวียนของขบวนรถไฟ ซึ่งแนวคิดของโมเดลได้ใช้ Transition Graphs เข้ามาช่วย ส่วนอัลกอริทึมก็จะเริ่มจากการลดขนาดของ Transition Graphs เท่าที่เป็นไปได้โดยวิธีการตัดโหนดออกและการตัดเส้นทางที่ไม่มีการเชื่อมต่อแล้วที่เหลือก็แก้ด้วย CPLEX ซึ่งวิธีแก้ปัญหากับที่ได้กล่าวไปนั้นลองนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหา การรถไฟของประเทศเนเธอร์แลนด์ (NS Reizigers) กับเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000 ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้สามารถแก้ปัญหาเรื่องระยะเวลาที่ต้องใช้ในการหมุนเวียนของขบวนรถไฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 งานวิจัย A rolling stock circulation model for combining and splitting of passenger trains [2]

จากงานวิจัยเราสนใจปัญหาที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดรถไฟสำหรับทุก ๆ อาทิตย์ โดยเกิดขึ้นตอนต้นของการทำ service planning และ planning โดยจะต้องสามารถปรับใช้เฉพาะในแต่ละวันได้ มีการวางแผนการจัดสรรขบวนรถไฟ มีการจัดการจราจรให้ระบบดำเนินไปได้และสามารถรองรับเวลาเกิดปัญหาได้ โดยปัญหาหลักๆ คือ มีรถไฟหลายชนิด ตำแหน่งของ train unit แต่ละขบวนและรถไฟสามารถแยกกับรวม train unit ได้

2.1.2.1 ปัญหา The Noord-Oost Case

ระบบรางรถไฟที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ Noord-Oost ซึ่งเกี่ยวข้องกับเส้นทางของขบวนรถไฟสาย 500 700 1600 และ 1700 ของ NS Reizgers เส้นทางเดินรถไฟนี้เป็นเส้นทางหลักของ Dutch railway system โดยจะเชื่อมต่อระหว่างเมือง Amsterdam(Asd), Schiphol(Shi) Rotterdam(Rtd) และ The Hague(Gvc) ทางด้านตะวันตกของประเทศเนเธอร์แลนด์ไปที่เมือง Leeuwarden(Lw), Groningen(Gn) และ Enschedede(Es) ทางด้านตะวันออกของประเทศเนเธอร์แลนด์และ Utrecht(Ut), Amersfoort(Amf), Deventer(Dv) และ Zwolle(Zl)

เส้นทางถูกกำหนดให้จำนวนของ train units ที่สามารถขับเคลื่อนด้วยตัวเองได้ประเภท 3 หรือ 4 ตู้ สามารถประกอบเพิ่มให้ยาวขึ้นได้ตามความต้องการในแต่ละ trip ส่วนเวลาต้นทางและเวลาปลายทางของการให้บริการขบวนรถ จะต้องมีการกำหนดไว้ก่อนตารางการเดินรถไฟที่เกี่ยวข้องกับเส้นทาง (ระยะว่ามากหรือน้อยเท่าใดเป็นช่วงเวลา 1 ชั่วโมง) ประเด็นสำคัญคือ ส่วนมากขบวนรถทุก ๆ สาย จะมีการกำหนดขบวนรถสำรองที่ไว้ใช้แทนกันไว้ก่อนแล้วที่ปลายทาง ขบวนรถและขบวนรถสำรองจะทำหน้าที่เหมือนกัน โดยใช้เวลา 10 – 30 นาทีสำหรับการเพิ่มหรือถอด train unit ออกในด้านที่เหมาะสม ที่ต้องมีการใช้งานขบวนรถสำรองเพราะ NS Reizgers มีตารางการเดินรถไฟที่แน่นมาก มีการจัดเส้นทางเดินรถทุก ๆ 30 หรือ 60 นาที นั้นทำให้ขบวนรถไม่สามารถจอดอยู่ในสถานีได้เป็นเวลานาน ยิ่งไปกว่านั้นแต่ละสถานียังมีพื้นที่สำหรับสับเปลี่ยนขบวนรถจำกัด เนื่องจากมีการจราจรที่หนาแน่น เพราะฉะนั้นการทดลองในบทความนี้ขบวนรถที่จะเข้ามาได้นั้นต้องรอให้ขบวนรถที่อยู่ในสถานีก่อนหน้าออกจากสถานีนั้นก่อน

ข้อกำหนดของขบวนรถไฟสำรอง คือ การสร้างระบบปิดให้กับเส้นทางเดินรถไฟนี้ เช่นตัวอย่างในบทความ Noord-Oost train line จะต้องติดต่อกับเส้นทางอื่น ๆ ให้น้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อให้การวางแผนนั้นง่ายขึ้น ป้องกันการล่าช้าและปัญหาต่าง ๆ ไม่ให้ไปสู่เส้นทางระบบอื่น โดยส่วนใหญ่รถไฟทุกเส้นใน Noord-Oost จะสามารถแยกและรวมกันได้ในบางสถานี เช่น ขบวนรถสาย 1600 วิ่งจาก Enschede ไป Amersfoort แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยที่ส่วนหน้าจะไปต่อที่ Amsterdam ขณะที่ส่วนหลังจะไป Schiphol ในทางกลับกันรถไฟที่มาจาก Schiphol ก็จะเป็นส่วนหน้าแล้วจะมารวมกับรถไฟที่มาจาก Amsterdam เพื่อวิ่งกลับไปที่ Enschede

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตอนต้นของ Planning phase น้อยมากที่เราจะรู้เกี่ยวกับโอกาสในการสับเปลี่ยนขบวนรถ เว้นแต่ในกรณีขบวนรถที่เข้ามานั้นออกไปก่อนที่จะมีขบวนใหม่เข้ามา ทำให้รถไฟไม่พบกัน ดังนั้นเราจะสมมุติให้บริเวณสับเปลี่ยนรถไฟ สามารถรองรับได้ทุก ๆ สถานการณ์และสามารถปรับเปลี่ยนได้หากเกิดปัญหาต่าง ๆ สิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาที่ซับซ้อนในการจัดการขบวนรถคือการซ่อมบำรุง โดยที่การบำรุงรักษาจะเกิดขึ้นเพราะจะอยู่ในช่วง Operation phase

การสร้างตารางเวลาของขบวนรถที่เหมาะสมนั้น คือการหาความสมดุลระหว่างวัตถุประสงค์หลาย ๆ วัตถุประสงค์ เช่น

- จำนวนระยะทางของตู้รถไฟ (Efficiency)
- จำนวนที่นั่งที่ขาดแคลน (Service)
- จำนวนของการสับเปลี่ยนรถไฟ (Robustness)

ตัวแปรของปัญหาประกอบด้วย จำนวนโดยประมาณของผู้โดยสารชั้นหนึ่งและชั้นสอง สำหรับทุกตารางการเดินรถ คุณภาพที่ดีในการบริการที่ผู้โดยสารทุกคนควรที่จะได้รับ โดยเฉพาะผู้โดยสารชั้นหนึ่งที่จะต้องที่นั่งตลอดการเดินทาง หากเป็นชั่วโมงเร่งด่วนอาจจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าจำนวนที่นั่ง แต่ถ้าในเวลาปกติก็ควรมีที่นั่งให้พอกับผู้โดยสารทุกคน

2.1.2.2 Model Formulation

บทความนี้จะอธิบายถึงโมเดลปกติของขบวนรถไฟขณะวิ่งอยู่ภายในเส้นทาง แต่ขบวนรถสามารถปรับเปลี่ยน train unit ได้ก่อนจะออกจากสถานีต้นทางและหลังจากถึงสถานีปลายทาง

S	แทนเซตของสถานี
M	แทนเซตของชนิด train unit
m	แทนชนิดของ train unit
n_m	แทนจำนวนของ train unit ที่สามารถใช้งานได้ชนิด m
$n_{m,p}$	แทนจำนวนของ train unit ชนิด m ที่อยู่ใน composition p

$$\beta(p) \in Z^M \Rightarrow \beta(p)_m = n_{m,p} \quad (2.23)$$

t	แทนลำดับของการเดินขบวนรถ (trip) โดยบอกลักษณะได้ด้วย
$S_a(t)$	แทนสถานีเริ่มต้น
$S_b(t)$	แทนสถานีปลายทาง
$\tau_a(t)$	แทนเวลาเริ่มต้น
$\tau_b(t)$	แทนเวลาปลายทาง
T	แทนเซตของ trip t

P_t แทนเซตของ composition ที่อยู่ใน trip t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยประเด็นที่จะต้องนำมาพิจารณามี

- 1.) ความจุของรถไฟควรจะเป็นเพียงพอสําหรับการบริการ
- 2.) ความยาวของรถไฟไม่ควรเกินความยาวของขบวนขบวนรถตลอดทั้ง trip

$v(t)$ Trip ต่อเนื่องของ t โดยหลังจากวิ่ง trip t เสร็จแล้วสามารถวิ่ง trip $v(t)$ ต่อได้แม้ว่าจะมีการแยก train unit บาง unit ออก

T_0 เซตของ trip ที่ไม่ได้มี trip ก่อนหน้า

T_1 เซตของ trip ที่ไม่มี trip หลังจาก trip นี้

$t \in T_0$ ทุก train unit ที่ให้บริการ trip t จะต้อง coupled ก่อนเริ่ม trip t

$t \in T_1$ ทุก train unit ที่ให้บริการ trip t จะต้อง uncoupled หลังจากจบ trip t

σ_t เซตของคู่ composition (p, p') ซึ่ง $p \in P_t$ และ $p' \in P_{v(t)}$ โดยที่ trip $p \rightarrow p'$ หลังจาก t เสร็จแล้ว ความสามารถในการสับเปลี่ยนขบวนรถจะทำได้ใน σ_t การถอดออกจากรถไฟขบวนหนึ่งแล้วทำการต่อกับรถไฟอีกขบวนหนึ่ง ไม่สามารถทำได้โดยทันที

$\theta(s)$ เวลาในการสับเปลี่ยน train unit (re-allocation time)

$X_{t,p} \in \{0,1\}$ แทน composition p ที่ใช้ใน trip

$Z_{t,p,p'} \in \{0,1\}$ Trip t มี composition p และ trip $v(t)$ มี composition p'

$C_{t,m}$ แทนจำนวน train unit ชนิด m ที่ต่อกับ composition ก่อน trip t

$U_{t,m}$ แทนจำนวน train unit ชนิด m ที่ถอดจาก composition หลัง trip t

$I_{t,m}$ แทนจำนวน train unit ชนิด m ที่ถูกเก็บไว้ (เอามาต่อกัน) ที่ $S_d(t)$

$I_{s,m}^0$ แทนจำนวน train unit ชนิด m ที่เริ่มที่ station S

$$\sum_{p \in P_t} X_{t,p} = 1 \quad \forall t \in T \quad (2.24)$$

จากสมการที่ 2.24 ในแต่ละ trip จะมี 1 composition ของ train unit ใช้อยู่

$$X_{t,p} = \sum_{p' \in P_{v(t)}: (p,p') \in \sigma_t} Z_{t,p,p'} \quad \forall t \in T \setminus T_1; p \in P_t \quad (2.25)$$

จากสมการที่ 2.25 การันตีความถูกต้องของเส้นทางระหว่าง composition ที่วิ่งอยู่

$$X_{v(t),p'} = \sum_{p \in P_t: (p,p') \in \sigma_t} Z_{t,p,p'} \quad \forall t \in T \setminus T_1; p' \in P_{v(t)} \quad (2.26)$$

จากสมการที่ 2.26 การันตีความถูกต้องของเส้นทางระหว่าง composition ที่วิ่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_{t,m} = \sum_{p \in P_t} n_{p,m} X_{t,p} \quad \forall t \in T; m \in M \quad (2.27)$$

จากสมการที่ 2.27 การเชื่อมโยงระหว่าง composition ใช้สำหรับบาง trip และจำนวน unit ที่มีชนิดต่างกันใน trip

$$C_{v(t),m} = \sum_{(p,p') \in \sigma_t: n_{p',m} > n_{p,m}} (n_{p',m} - n_{p,m}) \cdot Z_{t,p,p'} \quad \forall t \in T \setminus T_1; m \in M \quad (2.28)$$

จากสมการที่ 2.28 ระบุจำนวน uncoupled unit

$$\sum_{s \in S} I_{s,m}^0 = n_m \quad \forall m \in M \quad (2.29)$$

จากสมการที่ 2.29 การจัดการ train unit ที่สามารถใช้ได้ไปเริ่มใช้งานในแต่ละ station

$$I_{t,m} = I_{s(t),m}^0 - \sum_{t' \in T: s_d(t')=s_d(t), \tau_d(t') \leq \tau_d(t)} C_{t',m} + \sum_{t' \in T: s_d(t')=s_d(t), \tau_d(t') \leq \tau_d(t) - \theta(s_d(t))} U_{t',m} \quad \forall t \in T; m \in M \quad (2.30)$$

จากสมการที่ 2.30 จำนวนของ train unit ในแต่ละ station ตอนเริ่มวันใช้งาน

2.1.2.3 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาของการคำนวณการจัดสรรขบวนรถไฟ โดยมีเวลาออกจากสถานีต้นทาง เวลาถึงสถานีปลายทางและจำนวนผู้โดยสารที่คาดว่าจะทำการเพิ่มขบวนรถไฟไปตามตารางการเดินทาง ซึ่งพิจารณาจากหลายๆเกณฑ์ สอดคล้องกับการจัดการต้นทุน คุณภาพในการบริการ ความน่าเชื่อถือของระบบ โดยโมเดลนี้เป็นส่วนต่อเติมของโมเดลขบวนรถไฟ ใช้สำหรับหาจำนวน train unit ที่เชื่อมต่อกันในแต่ละเส้นทางรวมถึงจัดการ combining และ splitting

2.1.3 งานวิจัย Development of Teaching Platform of Operation and Control for Railway System. [3]

จากงานวิจัยนี้เราสนใจในเรื่องของการจัดขบวนรถไฟและกำหนดตารางการเดินทางให้กับรถแต่ละขบวนโดยที่จะต้องสามารถซ่อมบำรุงได้ตามแผนการซ่อมบำรุงและมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 การวางแผนการใช้ประโยชน์และซ่อมบำรุงขบวนรถชั้นพื้นฐาน

การวางแผนการใช้ประโยชน์และซ่อมบำรุงขบวนรถชั้นพื้นฐาน มีดังนี้

- รถแต่ละขบวนจะถูกจัดสรรให้มีศูนย์ซ่อมบำรุงประจำ
- การซ่อมบำรุงในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ควรจะทำในศูนย์ซ่อมบำรุงประจำของแต่ละขบวน
- ถ้าขบวนรถไม่สามารถกลับไปยังศูนย์ซ่อมบำรุงประจำก่อนการซ่อมบำรุงระยะที่ 1 ได้ รถขบวนนั้นจะสามารถซ่อมบำรุงในศูนย์ซ่อมบำรุงอื่นแทนในเวลาเดียวกัน ควรจะมีขบวนอื่นที่ใช้ศูนย์ซ่อมบำรุงประจำมาทำการซ่อมในศูนย์ซ่อมบำรุงแทน เพื่อกระจายภาระการซ่อมให้ใกล้เคียงกัน

2.1.3.2 การซ่อมบำรุง

โดยรูปแบบของการซ่อมบำรุงจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

1.) การป้องกัน (Preventive Maintenance) คือ การซ่อมบำรุงก่อนที่จะตรวจพบความผิดปกติ จะแบ่งออกเป็น

- สภาพที่ถูกใช้งาน (Condition-Base)
- การซ่อมบำรุงที่ถูกกำหนดไว้ (Pre-determined Maintenance)

ซึ่งแต่ก่อนจะใช้เกณฑ์การวัดและการตรวจสอบเพื่อตรวจสอบสภาพของขบวนรถ แต่ภายหลังใช้เป็นการซ่อมบำรุงที่กำหนดตามช่วงเวลา

2.) การแก้ไข (Corrective Maintenance) คือ การซ่อมบำรุงหลังจากตรวจพบความผิดปกติ โดยการซ่อมบำรุงจะวัดจากค่าระยะทางที่ขบวนวิ่ง รวมถึงจะมีการกำหนดเป็นวาระช่วงเวลา ว่าเมื่อถึงวาระแล้วจำเป็นต้องเข้าทำการซ่อมบำรุงที่ศูนย์ซ่อมบำรุง ซึ่งจะให้ความสำคัญกับค่าระยะทางที่ขบวนรถวิ่งเป็นหลักก่อน

2.1.3.3 กระบวนการวางแผนการให้บริการรถไฟ

การวางแผนจะมีปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลสถิติการใช้บริการ ข้อมูลของทรัพยากร เช่น ข้อมูลของโครงข่ายทางขบวนรถและบุคลากร โดยกระบวนการวางแผนการให้บริการรถไฟจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1.) การวางแผนกลยุทธ์ (Strategic Planning) เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายทางยุทธศาสตร์ที่กำหนดไว้ในแต่ละปี โดยจะต้องพิจารณากำหนดสายการเดินรถ ชนิดขบวนรถและจำนวนเที่ยวที่ให้บริการในแต่ละช่วงเวลา ให้สามารถตอบสนองความต้องการใช้บริการของประชาชน โดยพิจารณาจากทรัพยากรที่มี เช่น โครงข่ายทางชนิดและจำนวนขบวนรถ รวมถึงจำนวนบุคลากรที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การวางแผนยุทธวิธี (Tactical Planning) ต้องมีความสอดคล้องกับแผนกลยุทธ์ ซึ่งจะมีลักษณะที่เฉพาะเจาะจงและแผนยุทธวิธีจะทำหน้าที่ในการผสมระหว่างแผนกลยุทธ์กับแผนปฏิบัติการเข้าด้วยกัน โดยจะนำแผนการเดินทางมาจัดทำตารางเวลาการเดินทางและทำการกำหนดเส้นทาง นอกจากนี้ตารางเวลาการเดินทางจะต้องมีความสอดคล้องกับจำนวนของขบวนรถเพื่อที่จะจัดสรรขบวนรถให้กับตารางเวลาการเดินทางได้อย่างเหมาะสม โดยจะมีการหมุนเวียนขบวนรถเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและต้องมีความสอดคล้องกับจำนวนบุคลากรที่มีอยู่

3.) การวางแผนปฏิบัติการ (Operational Planning) เป็นส่วนที่จะแสดงให้เห็นถึงเป้าหมายที่วางไว้และจะมีความสอดคล้องกับทั้งแผนกลยุทธ์และแผนยุทธวิธี โดยจะนำตารางเวลาการเดินทางที่ได้มาดำเนินการ

4.) การวางแผนระยะสั้น (Short-term Planning) เพื่อให้ครอบคลุมและเป็นไปตามเป้าหมายของแผนปฏิบัติการที่วางไว้ ระยะเวลาสำหรับการวางแผนระยะสั้นมักเป็นช่วงเวลาของการดำเนินการในปัจจุบันหรือใช้ 1 ปีเป็นเกณฑ์ โดยแผนระยะสั้น จะมีรายละเอียดการกำหนดการซ่อมบำรุงให้กับตารางเวลาการเดินทาง

2.1.3.5 การหมุนเวียนขบวนรถ (Rolling Stock Circulation)

โดยปกติการให้บริการรถไฟจำเป็นต้องมีการหมุนเวียนขบวนรถเพื่อที่จะรักษาสภาพของขบวนรถให้มีความพร้อมที่จะใช้งานได้อย่างมีคุณภาพและมีความปลอดภัย ซึ่งจะมีการพิจารณาจากตารางเวลาการเดินทาง ความต้องการของการซ่อมบำรุงระยะที่ 1 ตำแหน่งศูนย์ซ่อมบำรุงระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง และระยะเวลาในการใช้งานขบวนรถในแต่ละเส้นทาง เมื่อพิจารณาจากที่กล่าวมาข้างต้นจะได้ออกมาเป็นแผนการหมุนเวียนขบวนรถ และสามารถนำมากำหนดเป็นตารางการเดินทางและแผนการซ่อมบำรุงในแต่ละวันได้

2.1.3.6 การวางแผนการซ่อมบำรุง (Maintenance Routing)

เมื่อมีตารางการเดินทาง จะสามารถนำมาใช้ในการกำหนดแผนการซ่อมบำรุงสำหรับขบวนรถได้ ซึ่งระบบจะพิจารณาจากความต้องการของการซ่อมบำรุงในระดับที่ 2 - 5 โดยพิจารณาจาก ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์ซ่อมบำรุง ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง รวมถึงระยะเวลาและระยะทางที่ขบวนรถวิ่งสะสมทั้งหมดของแต่ละขบวนรถ เมื่อพิจารณาจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถประมวลผลเพื่อจัดสร้างตารางการซ่อมบำรุงของขบวนรถได้

2.1.3.7 การจัดการในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

การวางแผนการใช้งานขบวนรถในแต่ละวัน ควรจะต้องมีการเก็บสำรองขบวนรถไว้เป็นจำนวน 15-20% ของขบวนรถทั้งหมดในแต่ละประเภท เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินกับขบวนรถที่วิ่งอยู่และไม่สามารถแก้ไขให้กลับมาทำงานได้ทันเวลาที่ ตัวอย่างเหตุการณ์เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาติเห็นไปไซประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีขบวนรถอยู่ 10 ขบวน โดยกำหนดให้เป็นประเภทเดียวกันทั้งหมด จึงจำเป็นที่จะต้องสำรองขบวนรถ 2 ขบวน และจะเหลือใช้งาน 8 ขบวน ที่สามารถปล่อยให้นำออกมาวิ่งตามตารางเวลาเดินรถได้ และถ้าเกิดมีขบวนรถเสียชั้น 1 - 2 ขบวน ก็จะมีขบวนรถสำรองที่สามารถเลือกไปใช้วิ่งแทนขบวนรถที่เสียนั้นได้ แต่ถ้าขบวนรถที่เสียเกิดมีมากกว่าจำนวนขบวนรถที่สำรองไว้ จำเป็นต้องมีการปรับตารางเวลาการเดินทางเพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนขบวนรถที่เหลืออยู่ โดยระบบควบคุมและดูแลการเดินทางจะส่งข้อมูลเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นกับขบวนรถ อาทิเช่น Train ID สาเหตุของการขัดข้อง และ ณ เวลานั้นขบวนรถนั้นจอดอยู่ที่ตำแหน่งใด เพื่อสามารถจัดให้ช่างซ่อมไปตรวจสอบและถ้าตรวจสอบว่าไม่สามารถซ่อมได้หรือต้องใช้เวลารอซ่อมมากจะต้องมีการนำขบวนรถนั้นออกจากเส้นทาง เพื่อจะได้สามารถนำขบวนรถสำรองเข้าไปวิ่งแทนที่เส้นทางนั้นๆ ได้

2.1.3.8 สรุปงานวิจัย [3]

โดยปกติการให้บริการรถไฟจำเป็นต้องมีการหมุนเวียนขบวนรถเพื่อที่จะรักษาสภาพของขบวนรถให้มีความพร้อมที่จะใช้งานได้อย่างมีคุณภาพและมีความปลอดภัยและมีการวางแผนการซ่อมบำรุงให้เหมาะสมกับขบวนรถโดยไม่ส่งผลกระทบต่อตารางการเดินทางและยังต้องมีการเก็บสำรองขบวนรถไว้ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินอีกด้วย

2.2 เครื่องมือพัฒนาแอปพลิเคชัน

2.2.1 วินโดว์ แอปพลิเคชัน (Windows Form Application)

วินโดว์ แอปพลิเคชัน หรือ WinAPP คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท Graphic User Interface (GUI) หรือจะเรียกง่าย ๆ ก็คือเป็นโปรแกรมที่จะทำหน้าที่ติดต่อหรือตอบสนองกับผู้ใช้ผ่านทางระบบภาพ Graphic เพื่อให้มีการใช้งานที่ง่ายและเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ในอดีตโปรแกรมประเภทนี้จะต้องผ่านการเขียนโปรแกรมขึ้นมาด้วยข้อความหรือ Text จากโปรแกรมอย่างเช่น Notepad แต่ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถใช้วิธีคลิกวาง ลากวางช่วยให้สามารถจัดการสร้างโปรแกรมให้เป็นไปตามความต้องการได้อย่างง่ายยิ่งขึ้นและยังทำให้สะดวกในการแก้ไขและจัดการโปรแกรมได้ในภายหลังในภายหลัง

2.2.2 ภาษา C#

ภาษา C# เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมแบบ multi-paradigm ซึ่งจะมีรูปแบบภาษาที่ตายตัว และเป็นมีรูปแบบบังคับที่ใช้ในการเขียนคือต้องมีการใช้ฟังก์ชัน และยังเป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่มีคุณสมบัติเป็นแบบออบเจ็ค (Object) ด้วย ซึ่งถูกพัฒนาโดยบริษัท Microsoft ภายใต้ของ .NET framework โดยการที่พัฒนาภาษา C# นี้ขึ้นมา นั้น ผู้พัฒนาต้องการให้เป็นภาษาที่เขียนง่าย ทันสมัย เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปและเป็นแบบออบเจ็ค (Object) โดยเครื่องมือที่พวกเรานำมาใช้ในการพัฒนาภาษา C# ในครั้งนี้คือ Visual Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่อนักศึกษาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 Logo ของ ภาษา C#

(อ้างอิงโดย <https://vedcomputech.com/csharp.html>)

2.2.2.1 จุดเด่นของภาษา C#

ในปัจจุบัน ภาษาที่ใช้สำหรับนำมาเขียนโปรแกรมนั้นมีอยู่หลากหลายภาษาให้ได้เลือกใช้ แต่นักพัฒนาโปรแกรมส่วนใหญ่ก็ยังเลือกใช้ภาษา C# ในการเขียนโปรแกรมนั้นมีสาเหตุเนื่องจากเหตุผลเหล่านี้

- 1.) ภาษา C# นั้นสามารถเขียนได้ง่าย เนื่องด้วยที่ว่าถูกพัฒนาขึ้นมาจากภาษา C และ C++ ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมที่ซึ่งมีความคุ้นเคยกับการเขียนโปรแกรมอยู่แล้วนั้นสามารถทำความเข้าใจ ภาษา C# ได้อย่างรวดเร็ว และนอกจากนั้นแล้วยังมีชุดเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นไปอีก นั่นก็คือ Visual C#
- 2.) ภาษา C# นั้นมีความมั่นคง เพราะว่า ภาษาC# นั้นเป็นภาษาที่เพิ่งถูกสร้างขึ้นใหม่ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ซึ่งถูกพัฒนามาจาก ภาษา C++ และ Java ซึ่งทำให้มีการปรับปรุงข้อผิดพลาดมาจากเดิมและพัฒนาความสามารถใหม่ๆ เพิ่มเติมเข้าไป
- 3.) ภาษา C# นั้นกำลังได้รับความนิยมในหมู่ นักพัฒนาโปรแกรมมากขึ้น เนื่องด้วยเป็นภาษาที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์ซึ่งเป็นบริษัทผู้พัฒนาโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่และเป็นที่ยอมรับในวงกว้าง หากมีการพบปัญหาข้อผิดพลาดใด ๆ ก็จะมีฝ่ายสนับสนุนที่จะช่วยตอบปัญหา ข้อสงสัยในการใช้งาน อีกทั้งยังมีนักพัฒนาอีกมากมายที่จะคอยช่วยเหลือแลกเปลี่ยนแนวคิดกัน มีแหล่งข้อมูลจำนวนมากให้เราเรียนรู้และค้นคว้า ศึกษาเพื่อพัฒนาฝีมือได้อย่างต่อเนื่อง

2.2.2.2 โครงสร้างภาษา C#

โครงสร้างพื้นฐานของภาษา C# นั้นจะประกอบไปด้วย คำสั่งดังต่อไปนี้

1. คำสั่ง using

จะถูกใช้ในการ include ไบรารีและฟังก์ชันต่าง ๆ ในภาษา C# ไม่ว่าจะเป็
ฟังก์ชันมาตรฐานหรือแม้แต่ฟังก์ชันที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาเองเอง

2. ฟังก์ชัน Main

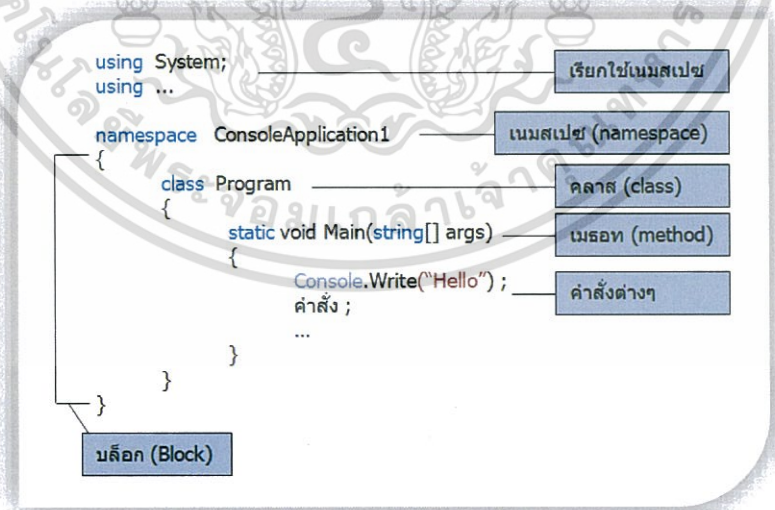
โดยในภาษา C# นั้นต้องมีการสร้างฟังก์ชันที่เรียกว่า Main() ขึ้นมาเพื่อเริ่มต้นและ
สิ้นสุดโปรแกรม โดยจะสามารถเขียนโค้ดโปรแกรมการทำงานต่าง ๆ ของคุณในฟังก์ชัน Main และใช้
เป็นพื้นที่แสดงผลหรือในการเรียกใช้ฟังก์ชันอื่น ๆ

3. คำสั่ง namespace

คำสั่ง namespace เป็นการกำหนดขอบเขตให้กับคลาส (Class) ต่าง ๆ รวมไปถึง
ใช้ในการจัดโครงสร้างของโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นสัดส่วนอย่างชัดเจนอีกด้วย โดยเฉพาะอย่าง
ยิ่งในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ซับซ้อนโดยมีผู้พัฒนาเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ การกำหนด
namespace ยังช่วยป้องกันปัญหาการตั้งชื่อคลาส (Class) หรือค่าคงที่อื่น ๆ ซ้ำกันได้

4. คลาส (class)

โดยคลาสนั้นจะเป็นเหมือนโค้ดที่สามารถยืดขยายหรือปรับแต่งได้ มันเป็นเทมเพลต
(template) สำหรับเอาไว้สร้างออบเจ็กต์ (object) หรือกำหนดค่าเริ่มต้น ซึ่งมันจะประกอบไปด้วย
แอมริบิวส์และเมทอดที่เป็นสมาชิกของของคลาสนั้น ๆ



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของภาษา C#

(อ้างอิงโดย <http://computer.bps.in.th/suteerat/start>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Visual Studio 2017

Visual Studio เป็นชุดโปรแกรมที่นำไปใช้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา โดยรองรับได้หลากหลายภาษา ตัวอย่างเช่น ภาษา C, ภาษา C++ และ ภาษา C# เป็นต้น เพื่อที่ให้นำไปสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ จึงเปรียบได้กับว่าตัว Visual Studio นี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบ ที่ได้รวบรวมเครื่องมือหลากหลายชนิดที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อที่จะคอยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน เนื่องจากไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรมและภาษาขึ้นมาควบคู่กันเพื่อให้ใช้งานได้ซึ่งกันและกัน ซึ่งนักโปรแกรมเมอร์จะนำเครื่องมือมาใช้ในการพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นระบบต่าง ๆ หรือเป็นเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันที่มีความหลากหลายในปัจจุบัน



รูปที่ 2.6 รูป logo ของ Visual Studio

(อ้างอิงโดย <https://bymarc.store/product/bymarc-vs2017ix-renameprojectfolder>)

2.2.4 SQL

2.2.5.1 SQL คืออะไร

SQL ย่อมาจาก structured query language คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (open system) หมายถึงการที่สามารถนำคำสั่ง sql ไปใช้กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้และคำสั่งงานเดียวกันเมื่อสั่งงานผ่าน ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้สามารถเลือกใช้ฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดขัดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้คำสั่งเพียงไม่กี่คำสั่ง โปรแกรม SQL จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2 ประเภทของคำสั่ง SQL

1.) ภาษาสำหรับนิยามข้อมูล (Data Definition Language : DDL) ประกอบด้วย คำสั่งที่ใช้ในการกำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามีคอลัมน์อะไร แต่ละคอลัมน์เก็บข้อมูลประเภทใด รวมถึง การเพิ่มคอลัมน์ การกำหนดดัชนี การกำหนดวิวของผู้ใช้ เป็นต้น

2.) ภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language : DML) ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการเรียกใช้ข้อมูล การเปลี่ยนแปลงข้อมูล การเพิ่มหรือลบข้อมูล เป็นต้น

3.) ภาษาที่ใช้ในการควบคุมข้อมูล (Data Control Language : DCL) ประกอบด้วย คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม หรือป้องกันการเกิดเหตุการณ์ที่ผู้ใช้หลายคนเรียกใช้ข้อมูลพร้อมกัน โดยที่ ข้อมูลนั้น ๆ อยู่ในระหว่างการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ผู้ใช้คนอื่นหนึ่งก็เรียกใช้ข้อมูลนี้ ทำให้ข้อมูลของผู้ใช้คนที่สองได้ไปเป็นค่าเก่าที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เพราะผู้ใช้คนแรกยังปรับปรุงแก้ไขข้อมูลไม่ เสร็จ นอกจากนี้ ยังประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความปลอดภัยของข้อมูลด้วยการ ให้ สิทธิผู้ใช้ที่แตกต่างกัน



บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.1 ความต้องการของระบบ

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถจัดการกับปัญหาการการหมุนเวียนขบวนรถให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด มีความปลอดภัยมากที่สุด โดยระบบจะทำการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดที่เหมาะสมที่สุดในการนำขบวนรถออกไปวิ่งโดยสอดคล้องกับตารางการซ่อมบำรุงสำหรับขบวนรถนั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม กำหนดให้ผู้ใช้งานระบบคือเจ้าหน้าที่การรถไฟสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วเพราะระบบจะทำการสร้างแผนการใช้งานขบวนรถให้อัตโนมัติ

3.2 การออกแบบโครงสร้างของแอปพลิเคชัน

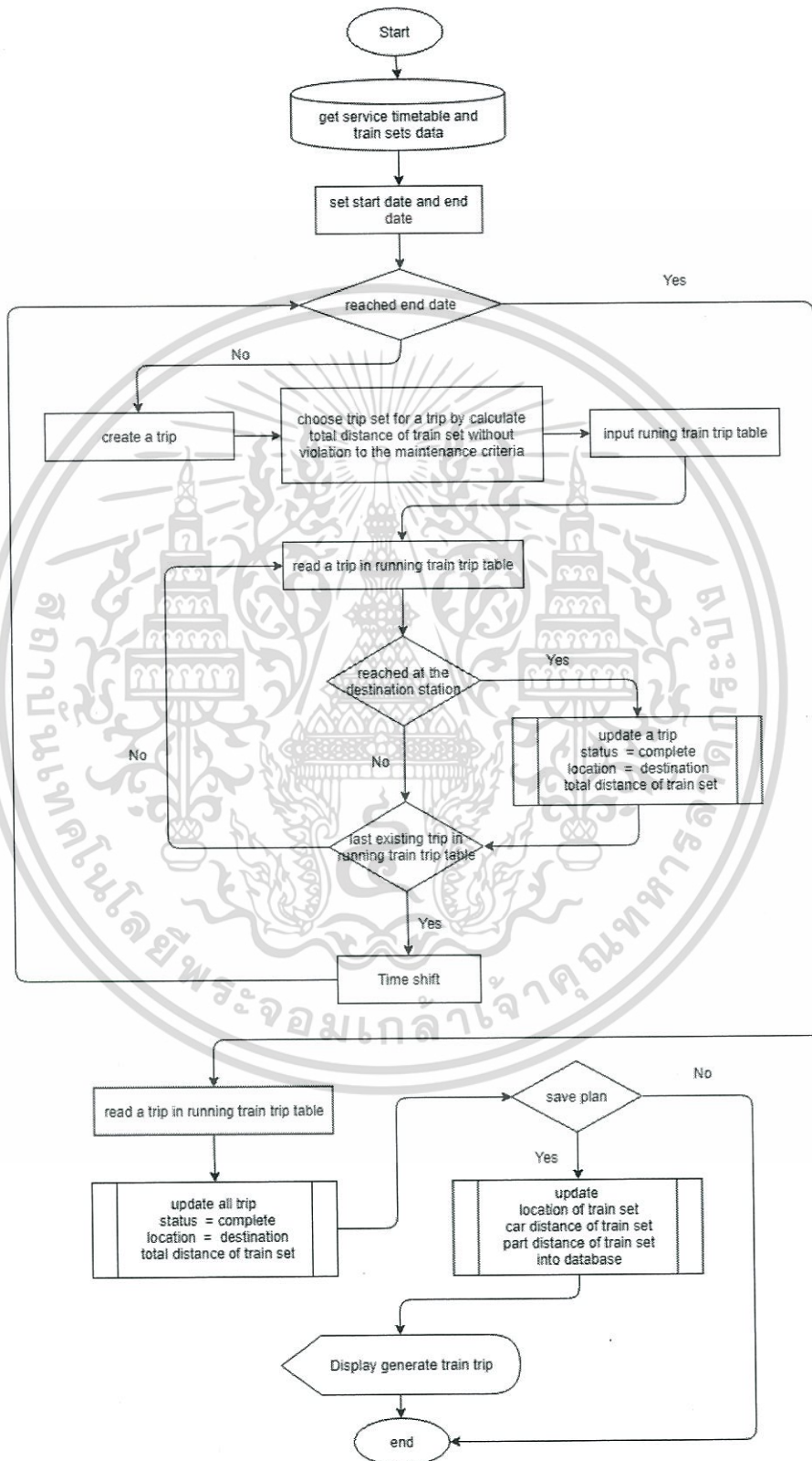
ผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีของหลักการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน หลักการวางแผนระบบและหลักการออกแบบซอฟต์แวร์ที่พัฒนาด้วยภาษา C# เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาปรับใช้ให้เข้ากับการพัฒนาซอฟต์แวร์ ทำให้ผู้พัฒนาได้มีการคิดค้นและพัฒนา ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) นี้ขึ้น

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ผู้พัฒนาได้ทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทั้งทฤษฎีที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาจากงานเอกสารวิจัยและเว็บไซต์ต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องซึ่งผู้พัฒนาได้นำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชันโดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

3.2.1 ลักษณะของแอปพลิเคชัน

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) มีรูปแบบเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถทำการสร้างแผนการหมุนเวียนขบวนรถที่มีอยู่ให้เพียงพอกับความ ต้องการของตารางการเดินรถและประสิทธิภาพมากที่สุด โดยขั้นตอนการสร้างแผนการหมุนเวียนขบวนรถนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลของตารางเวลาการเดินรถขึ้นมาจากฐานข้อมูลและทำการจัดสรร ขบวนรถไฟที่เหมาะสมที่จะวิ่งไปบนเส้นทางที่เหมาะสมกับเส้นทางนั้น ๆ แล้วระบบจะทำการสร้าง แผนแสดงออกมาทางหน้าอินเตอร์เฟซและบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของอัลกอริทึมลง ฐานข้อมูล โดยในส่วนของอัลกอริทึมของระบบที่ใช้ในการจัดสรรการหาขบวนรถที่เหมาะสมจาก การพิจารณาความต้องการโมเดลขบวนที่จะนำมาวิ่งบนเส้นทางเดินรถ สถานีต้นทางของ เอกสารนี้เส้นทางเดินรถ ตำแหน่งจอดปัจจุบันของขบวนรถ ระยะทางของเส้นทางเดินรถ เพื่อให้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับแผนการซ่อมบำรุงของชุดขบวนรถไฟเป็นไปตาม Flowchart การเลือกใช้ชุดขบวนรถไฟ
ในรูปที่ 3.1

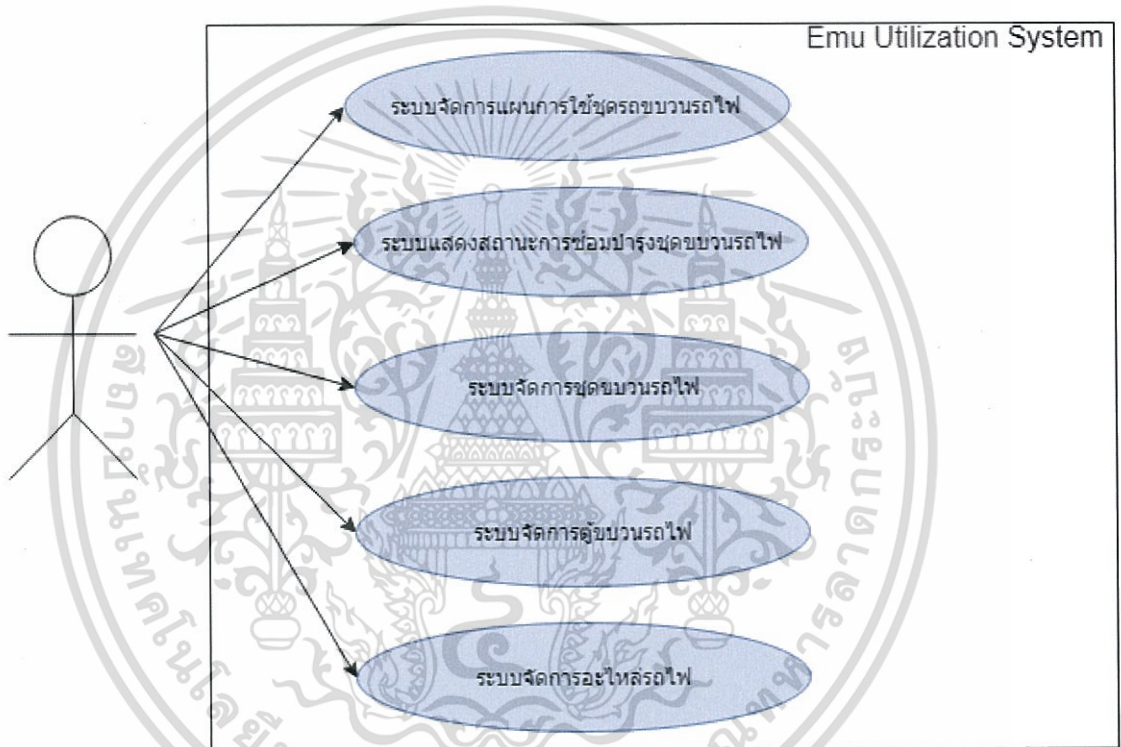


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการนี้เท่านั้น มิใช่เป็นนโยบายหรือข้อเสนอแนะในการดำเนินการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถนั้นจะมีการแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- 1.) ส่วนระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ
- 2.) ส่วนระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ
- 3.) ส่วนระบบจัดการอะไหล่
- 4.) ส่วนระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ
- 5.) ส่วนระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

โดยแต่ละส่วนจะมีหน้าที่และการทำงานอย่างชัดเจนเป็นไปตาม Use Case Diagram ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Use Case Diagram EMU Utilization System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ

Use Case ID:	1
Use Case Name:	ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่
Description:	<p>แสดงแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟโดยระบุข้อมูลรายละเอียดของแต่ละเส้นทางว่ามีการใช้งานขบวนรถไฟโดยอยู่ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - เลขทริป - รหัสชุดรถไฟ - สถานีต้นทาง - เวลาออกใช้ทาง - สถานีต้นปลาย - เวลาที่ถึงที่หมาย - เทียบ <p>ซึ่งในส่วนของการสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนระบบนี้จะสามารถให้ผู้ใช้งานทำการ สร้าง หรือ ลบ ข้อมูลแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟในระบบได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้งานกดแถบเมนู “ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ” ระบบจะแสดงรายละเอียดของแผนขบวนรถไฟในระบบ
Precondition:	ผู้ใช้ทำการเปิดแอปพลิเคชัน
Post-condition:	แสดงรายละเอียดของแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) กดแถบเมนู “ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ” 2.) แสดงรายละเอียดของแผนการใช้งานชุดขบวนที่มีในระบบ
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลการสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟอยู่ในระบบ จะไม่แสดงผลออกมา และแสดงคำเตือน
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ

Use Case ID:	2
Use Case Name:	ระบบสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่
Description:	ทำการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึม เพื่อสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟว่าชุดขบวนรถไฟใดควรวิ่งบนเส้นทางใด โดยอ้างอิงข้อมูลจาก service timetable และข้อมูลชุดขบวนรถไฟ
Trigger:	ผู้ใช้กดปุ่ม “สร้างแผน” ระบบจะแสดงฟอร์มกำหนดช่วงเวลาของการสร้างแผน
Precondition:	กดแถบเมนู “ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ”
Post-condition:	แสดงรายละเอียดของแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) กดแถบเมนู “ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ” 2.) กดปุ่ม “สร้างแผน” 3.) กำหนดระยะเวลาของการสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ 4.) ระบบจะทำการบันทึกผลและแสดงรายละเอียดของแผนการใช้งานชุดขบวนที่มีในระบบ
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูล service timetable และข้อมูลชุดขบวนรถไฟอยู่ในระบบ จะไม่แสดงทำการสร้างแผนออกมาได้ และแสดงค่าเตือน
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ

Use Case ID:	3
Use Case Name:	ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่
Description:	<p>ในส่วนนี้จะแสดงของมูลรายละเอียดของแต่ละชุดรถไฟว่ามีเกณฑ์การซ่อมบำรุงขบวนรถไฟอยู่ในระดับไหน รายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสชุดรถไฟ - โมเดล - ระยะทางสะสม - ระดับการซ่อมบำรุง - ตำแหน่ง - สถานะ
Trigger:	กดไปที่ชุดขบวนรถไฟที่แสดงออกมาตามต้องการ ระบบจะแสดงรายละเอียดของชุดขบวนรถไฟในระบบ
Precondition:	-
Post-condition:	แสดงของมูลรายละเอียดของแต่ละชุดรถไฟว่ามีเกณฑ์การซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟอยู่ในระดับไหน
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) กดแถบเมนู “ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ” 2.) กดไปที่ ชุดขบวนรถไฟที่ต้องการทราบรายละเอียด 3.) ระบบแสดงข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับระดับการซ่อมบำรุงของชุดรถไฟ ตู้รถไฟ รวมไปถึง อะไหล่ต่าง ๆ
Exception:	จำเป็นต้องมีการใส่ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดขบวนรถไฟ ตู้ขบวนรถไฟ และอะไหล่รถไฟเอาไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบแสดงรายละเอียดของชุดขบวนรถไฟออกมาได้ ถ้าหากไม่มีข้อมูลชุดขบวนรถไฟอยู่ในระบบจะไม่แสดงผลออกมาทางหน้าแสดงผล
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

Use Case ID:	4
Use Case Name:	ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่
Description:	<p>ในส่วนนี้จะแสดงของมูลรายละเอียดของ ชุดขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสชุดขบวนรถไฟ - โมเดลของชุดขบวนรถไฟ - ตำแหน่งของชุดขบวนรถไฟ - สถานะของชุดขบวนรถไฟ <p>ซึ่งในส่วนนี้ของระบบนี้จะสามารถ เพิ่ม หรือ ลบ ชุดขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดแถบเมนู “ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ”
Precondition:	-
Post-condition:	แสดงรายละเอียดของขบวนรถไฟในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) กดแถบเมนู “ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ” 2.) กดปุ่ม “เพิ่มชุดขบวนรถไฟ” หรือ “ลบชุดขบวนรถไฟ” 3.) ระบบแสดงข้อมูล ขบวนรถไฟที่มีในระบบออกมาแสดงผลให้ผู้ใช้
Exception:	จำเป็นต้องมีการใส่รายละเอียดต่าง ๆ ของชุดขบวนรถไฟเอาไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบแสดงรายละเอียดของชุดขบวนรถไฟออกมาได้ ถ้าหากไม่มีข้อมูลชุดขบวนรถไฟอยู่ในระบบจะไม่แสดงผลออกมาทางหน้าแสดงผล
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการตู้ชบวนรถไฟ

Use Case ID:	5
Use Case Name:	ระบบจัดการตู้ชบวนรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่
Description:	<p>ในส่วนนี้จะแสดงข้อมูลของ ตู้ชบวนรถไฟที่มีในระบบ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสตู้ชบวนรถไฟ - โมเดลของตู้ชบวนรถไฟ - ประเภทของตู้ชบวนรถไฟ - ระยะทางสะสม - รหัสชุดชบวนรถไฟ <p>ซึ่งในส่วนนี้ของระบบนี้จะสามารถ เพิ่ม หรือ ลบ ตู้ชบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบได้ ซ้ำยังสามารถแก้ไขข้อมูลภายในได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดแถบเมนู “ระบบจัดการตู้ชบวนรถไฟ”
Precondition:	-
Post-condition:	แสดงรายละเอียดของตู้ชบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) กดแถบเมนู “ระบบจัดการตู้ชบวนรถไฟ” 2.) กดปุ่ม “เพิ่มตู้ชบวนรถไฟ” หรือ “ลบตู้ชบวนรถไฟ” 3.) ระบบแสดงข้อมูล ตู้ชบวนรถไฟที่มีในระบบออกมาแสดงผลให้ผู้ใช้
Exception:	จำเป็นต้องมีการใส่รายละเอียดต่าง ๆ ของตู้ชบวนรถไฟเอาไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบแสดงรายละเอียดของตู้ชบวนรถไฟออกมาได้ ถ้าหากไม่มีข้อมูลตู้ชบวนรถไฟอยู่ในระบบจะไม่แสดงผลออกมาทางหน้าแสดงผล
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ

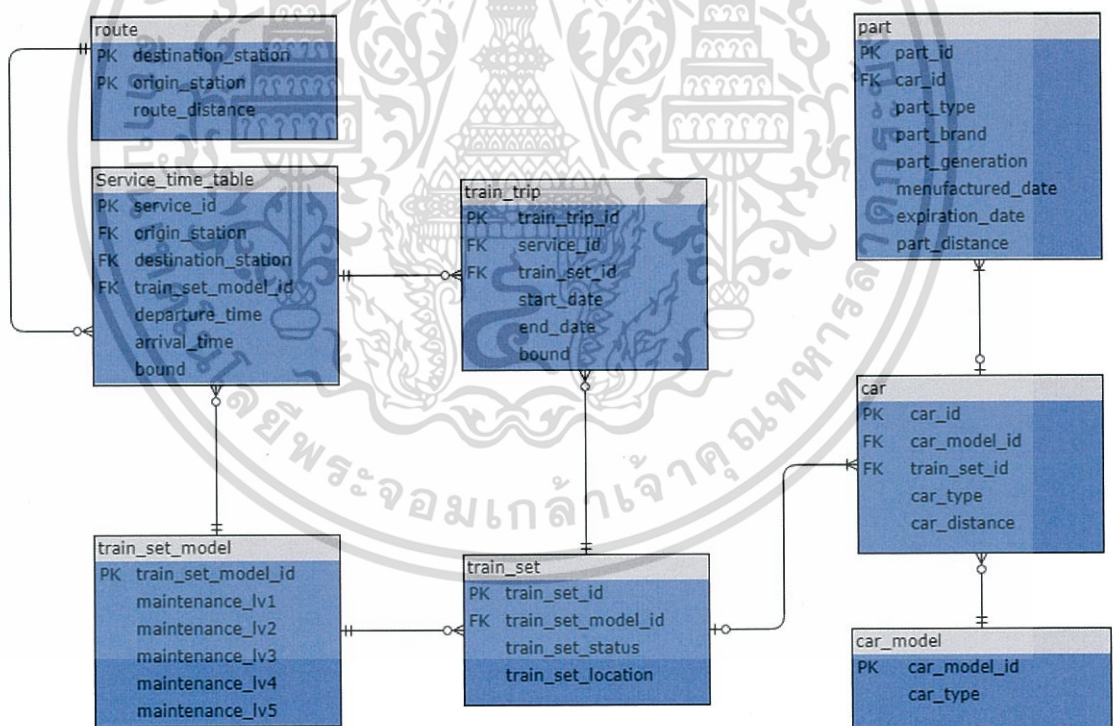
Use Case ID:	6
Use Case Name:	ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่
Description:	<p>ผู้ใช้งานต้องการดูอะไหล่รถไฟที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสอะไหล่ - ประเภทของอะไหล่ - ยี่ห้อของอะไหล่ - ระยะทางสะสม - รหัสตู้ขบวนรถไฟ - สถานะของอะไหล่ <p>ซึ่งระบบการจัดการอะไหล่ยังสามารถเพิ่ม อะไหล่ได้ และแก้ไขรายละเอียดของอะไหล่ที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้งานกดแถบเมนู “จัดการอะไหล่รถไฟ”
Precondition:	-
Post-condition:	แสดงรายละเอียดของอะไหล่รถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) กดแถบเมนู “จัดการอะไหล่รถไฟ” 2.) กดปุ่ม “เพิ่มอะไหล่” หรือ “ลบอะไหล่” 3.) ระบบแสดงข้อมูล อะไหล่รถไฟที่มีในระบบออกมาแสดงผลให้ผู้ใช้งาน
Exception:	<p>จำเป็นต้องมีการใส่รายละเอียดต่าง ๆ ของอะไหล่รถไฟเอาไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบแสดงรายละเอียดของอะไหล่รถไฟออกมาได้ ถ้าหากไม่มีข้อมูลอะไหล่รถไฟอยู่ในระบบจะไม่แสดงผลออกมาทางหน้าแสดงผล</p>
Note and Issue:	-

3.2.2 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน

จากความต้องการของระบบและความสามารถในการใช้งานวินโดวส์ แอปพลิเคชันของผู้ใช้งานใน Use Case Diagram ข้างต้น ทำให้ผู้พัฒนาสามารถแบ่งของระบบแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) ออกเป็น 5 การทำงานหลักได้ดังนี้

- 1.) ระบบจัดการแผนการใช้ขบวนรถรถไฟ
- 2.) ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ
- 3.) ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ
- 4.) ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ
- 5.) ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล



รูปที่ 3.4 ภาพของ ER Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 Metadata database

ตารางที่ 3.7 Service time table

Field	Data Type	Index	Comment
Service_id	INT	PK	ไอดีของตารางเวลาเดินรถ
Origin_station	VARCHAR (45)	FK	ชื่อของสถานีต้นทาง เช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ รังสิต
Departure_time	Time (7)	NOT NULL	เวลาออกของรถไฟ
Destination_station	VARCHAR (45)	FK	ชื่อสถานีปลายทาง เช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ รังสิต
Arrival_time	Time (7)	NOT NULL	เวลาไปถึงของรถไฟ
Train_set_model_id	INT	FK	ไอดีของโมเดลรถไฟที่ใช้วิ่งบนเส้นทางนี้ เช่น TS001, TS002, TS003
bound	VARCHAR (25)	NOT NULL	บอกเที่ยวของรถไฟ เช่น เที่ยวไป เที่ยวกลับ

ตารางที่ 3.8 Route

Field	Data Type	Index	Comment
Origin_station	VARCHAR (25)	PK	ชื่อของสถานีต้นทาง เช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ รังสิต
Destination_station	VARCHAR (25)	PK	ชื่อสถานีปลายทาง เช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ รังสิต
Route_distance	INT	NOT NULL	ระยะทางของเส้นทางการเดินรถตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 Train trip

Field	Data Type	Index	Comment
Train_trip_id	INT	PK	ไอดีของทริปรถไฟ
Service_id	INT	FK	ไอดีของตารางเวลาเดินรถ
Train_set_id	VARCHAR (25)	FK	ไอดีของชุดขบวนรถไฟที่นำมาใช้วิ่ง A100, B101, C102
Start_date	DATE	NOT NULL	วันที่เริ่มต้นออกวิ่งของรถไฟ
End_date	DATE	NOT NULL	วันที่สิ้นสุดการวิ่งของรถไฟ
bound	VARCHAR (25)	NOT NULL	บอกเที่ยวของรถไฟ เช่น เที่ยวไป เที่ยวกลับ

ตารางที่ 3.10 Train sets

Field	Data Type	Index	Comment
Train_set_id	VARCHAR (45)	PK	ไอดีของชุดขบวนรถไฟ เช่น A100, B101, C102
Train_set_model_id	INT	FK	ไอดีของโมเดลชุดขบวนรถไฟ เช่น TS001, TS002, TS003
Train_set_location	VARCHAR (45)	NOT NULL	ตำแหน่งประจำการของชุดขบวน รถไฟ เช่น กรุงเทพฯ เชียงใหม่ รังสิต
Train_set_status	VARCHAR (45)	NOT NULL	สถานะปัจจุบันของชุดขบวนรถไฟ เช่น วาง วิ่ง ซ่อมบำรุง

ตารางที่ 3.11 Trainset model

Field	Data Type	Index	Comment
train_set_model_id	INT	PK	ไอดีของโมเดลชุดขบวนรถไฟ เช่น TS001, TS002, TS003
Maintenance_lv1	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมเมื่อถึงกำหนดการ เข้าซ่อมบำรุงในระดับที่ 1
Maintenance_lv2	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมเมื่อถึงกำหนดการ เข้าซ่อมบำรุงในระดับที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นไปไซ่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maintenance_lv3	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมเมื่อถึงกำหนดการ เข้าซ่อมบำรุงในระดับที่ 3
Maintenance_lv4	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมเมื่อถึงกำหนดการ เข้าซ่อมบำรุงในระดับที่ 4
Maintenance_lv5	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมเมื่อถึงกำหนดการ เข้าซ่อมบำรุงในระดับที่ 5

ตารางที่ 3.10 Car

Field	Data Type	Index	Comment
Car_id	VARCHAR (45)	PK	ไอดีของตู้ขบวนรถไฟ เช่น CU001, CU002, CU003
Car_model_id	VARCHAR (45)	FK	ไอดีของโมเดลตู้ขบวนรถไฟ เช่น car001a, car001b, car001c
Car_total_distance	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมทั้งหมดตลอดการใช้ งานตู้ขบวนรถไฟ
Car_status	VARCHAR (45)		สถานะการใช้งานปัจจุบันของตู้ ขบวนรถไฟ เช่น ว่าง, ใช้งาน
Train_set_id	VARCHAR (45)	FK	ไอดีของชุดขบวนรถไฟที่ประจำการ อยู่ เช่น A100, B101, C102

ตารางที่ 3.10 Car model

Field	Data Type	Index	Comment
Car_model_id	VARCHAR (45)	PK	ไอดีของโมเดลตู้ขบวนรถไฟ เช่น car001a, car001b, car001c
Car_type	VARCHAR (45)	NOT NULL	ประเภทของตู้ขบวนรถไฟ เช่น ประเภทหัวรถจักร, ประเภทตู้ โดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 Part

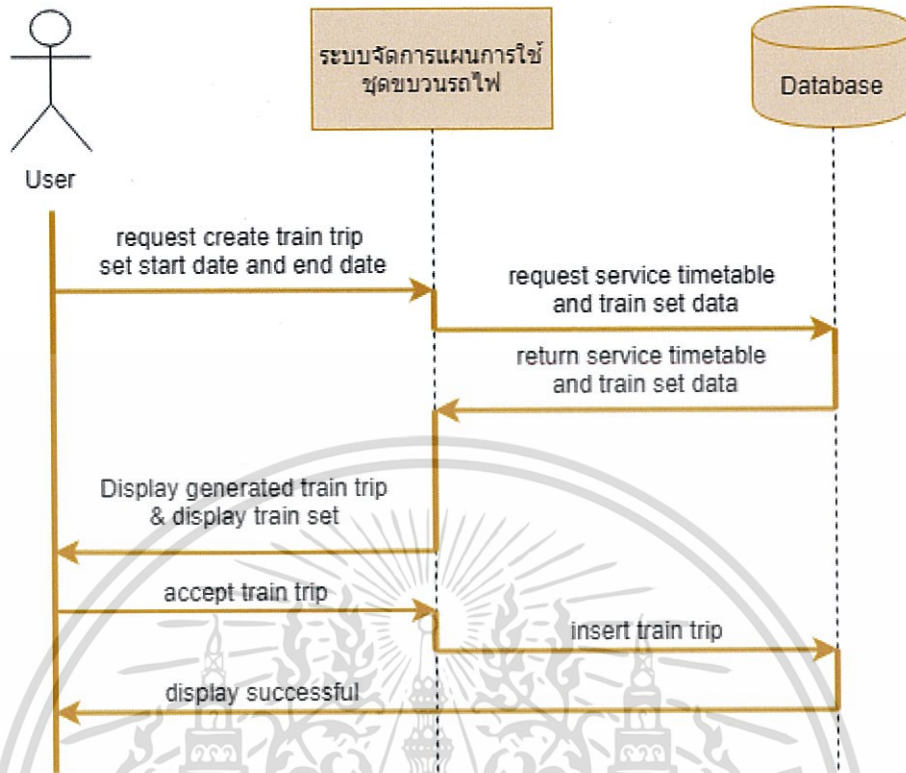
Field	Data Type	Index	Comment
Part_id	VARCHAR (45)	PK	ไอดีของอะไหล่รถไฟ เช่น PU001, PU002, PU003
Car_id	VARCHAR (45)	FK	ไอดีของตู้ขบวนรถไฟที่ประจำอยู่ เช่น CU001, CU002, CU003
Part_type	VARCHAR (45)	NOT NULL	ประเภทของอะไหล่รถไฟ เช่น wheel, blower, controller
Part_brand	VARCHAR (45)	NOT NULL	ยี่ห้อของผู้ผลิตอะไหล่รถไฟ
Part_generation	VARCHAR (45)	NOT NULL	รุ่นของอะไหล่รถไฟ เช่น GT1000, GX200, MA1020
Manufactured_date	DATE	NOT NULL	วันผลิต
Expiration_date	DATE	NOT NULL	วันสิ้นสุดอายุการใช้งาน
Part_total_distance	INT	NOT NULL	ระยะทางสะสมของอะไหล่รถไฟ
Part_status	VARCHAR (45)	NOT NULL	สถานะการใช้งานของอะไหล่รถไฟ เช่น วาง ใช้งาน

3.4 การออกแบบระบบของเว็บแอปพลิเคชัน

3.4.1 ระบบจัดการแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ

ผู้ใช้งานสามารถดูรายละเอียดของแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟที่มีอยู่และสามารถดำเนินการสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถขึ้นมาใหม่ให้เป็นที่ไปตามความต้องการของผู้งานได้ เมื่อเข้าสู่หน้าเมนู “ระบบจัดการแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ” โดยถ้าหากผู้ใช้งานต้องการที่จะสร้างแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟนั้นจำเป็นจะต้องกำหนดขอบเขตของการดำเนินการของแผนการใช้ชุดขบวนรถนั้น ๆ หลังจากนั้นระบบจะทำการประมวลผลโดยอ้างอิงจาก ระยะทางสะสมของชุดขบวนรถไฟ แผนการซ่อมบำรุงของชุดขบวนรถไฟ ตำแหน่งปัจจุบันของชุดขบวนรถไฟ ระยะทางของเส้นทางการเดินทาง เพื่อนำไปสู่การประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมในการตัดสินใจเพื่อหาชุดขบวนรถไฟและเส้นทางที่มีความสอดคล้องกันตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้กลับมาแสดงต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.5

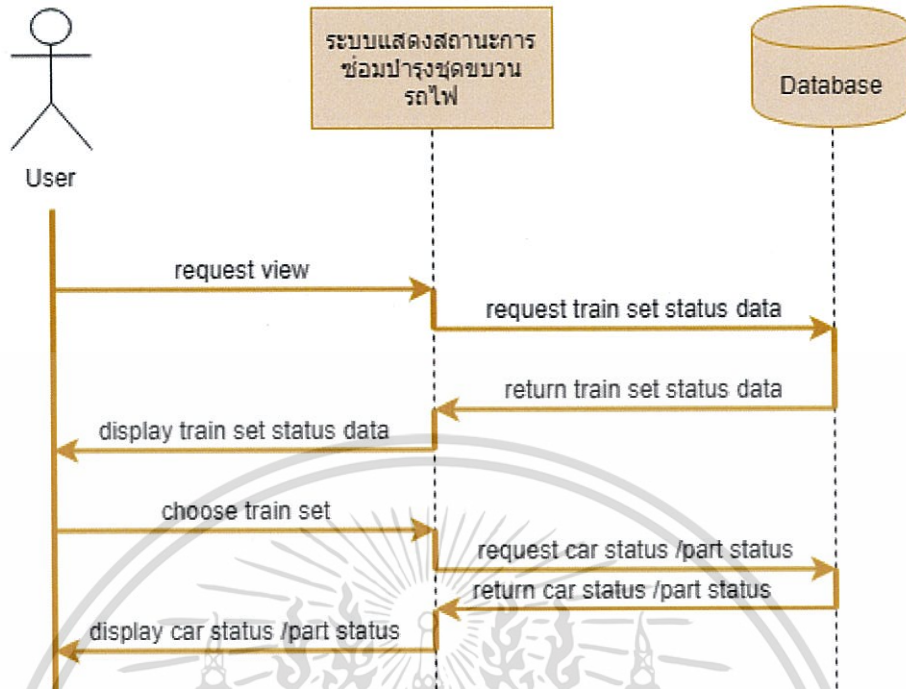
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ

3.4.2 ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ

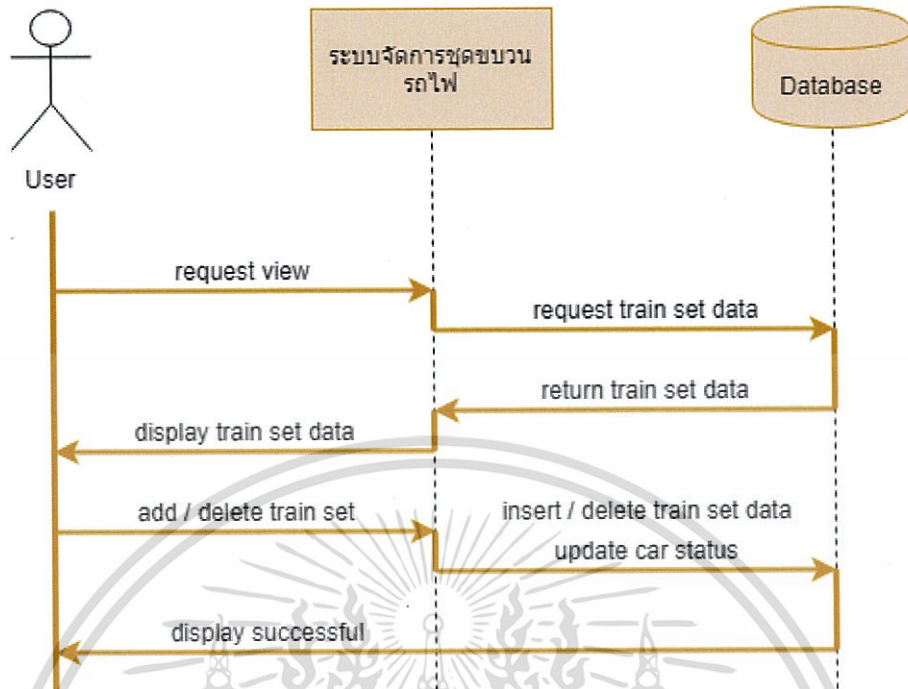
ผู้ใช้งานสามารถดูรายละเอียดทั้งหมดที่เกี่ยวกับค่าสถานะการซ่อมบำรุงของชุดขบวนรถไฟแต่ละขบวนเช่น ระดับของการซ่อมบำรุง ระยะทางสะสมของชุดขบวนรถไฟ เป็นต้น ทำให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผน จัดการใช้งานชุดขบวนรถไฟได้ดียิ่งขึ้น โดยระบบจะมีการแสดงผลให้เห็นถึงระดับการซ่อมบำรุงของชุดรถไฟออกมาทางสี อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถเข้าไปดูรายละเอียดภาพโมเดลของชุดขบวนรถไฟแต่ละคันว่ามีตู้ขบวนที่ประจำอยู่ที่ชุดขบวนรถไฟนี้แต่ละตู้ขบวนมีสถานะการซ่อมบำรุงในระดับใดและรวมไปถึงอะไหล่ที่ประจำอยู่ในตู้ขบวนนั้น ๆ ด้วยดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Sequence Diagram ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ

3.4.3 ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

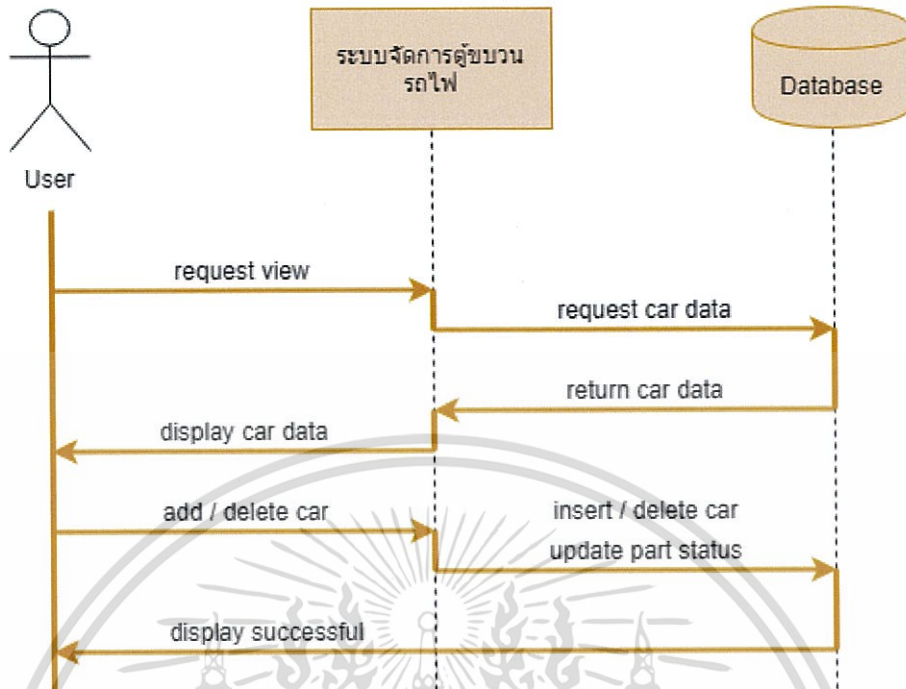
ผู้ใช้งานสามารถดูรายละเอียดของชุดขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบได้ หากผู้ใช้งานมีความต้องการที่จะเพิ่มชุดขบวนรถไฟลงไปในระบบ ผู้ใช้งานจะสามารถเพิ่มได้โดยกดไปที่ “เพิ่มชุดขบวนรถไฟ” ระบบก็จะแสดงฟอร์มข้อมูลสำหรับการเพิ่มชุดรถขบวนไฟขึ้นมา ซึ่งจะให้ผู้ใช้งานทำการกรอกรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดขบวนรถไฟ เช่น โมเดลของชุดขบวนรถไฟ จำนวนตู้ขบวนของชุดขบวนรถไฟ และ ตำแหน่งประจำการของชุดขบวนรถไฟ เป็นต้น โดยถ้าหากมีการกรอกข้อมูลไม่ครบตามฟอร์ม ระบบก็จะขึ้นฟอร์มแจ้งเตือนให้กรอกข้อมูลให้ครบก่อนจึงจะสามารถบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงไปในระบบฐานข้อมูลได้ซึ่งเมื่อมีการกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยแล้วข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะถูกนำไปอัปเดตที่ตารางฐานข้อมูลของระบบและจะนำชุดรถขบวนไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน หรือถ้าหากผู้ใช้งานต้องการลบข้อมูลของชุดขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบ ก็ให้เลือกชุดขบวนรถไฟที่ต้องการลบและกดปุ่ม “ลบชุดขบวนรถไฟ” ระบบก็จะถามคำถามเพื่อยืนยันการลบข้อมูลอีกครั้ง เมื่อระบบทำการลบข้อมูลของลบชุดขบวนรถไฟแล้วจะแสดงฟอร์มยืนยันว่าการลบชุดขบวนรถไฟเสร็จสิ้นแล้วดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 Sequence Diagram ของการเพิ่มและลบชุดขบวนรถไฟ

3.4.4 ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ

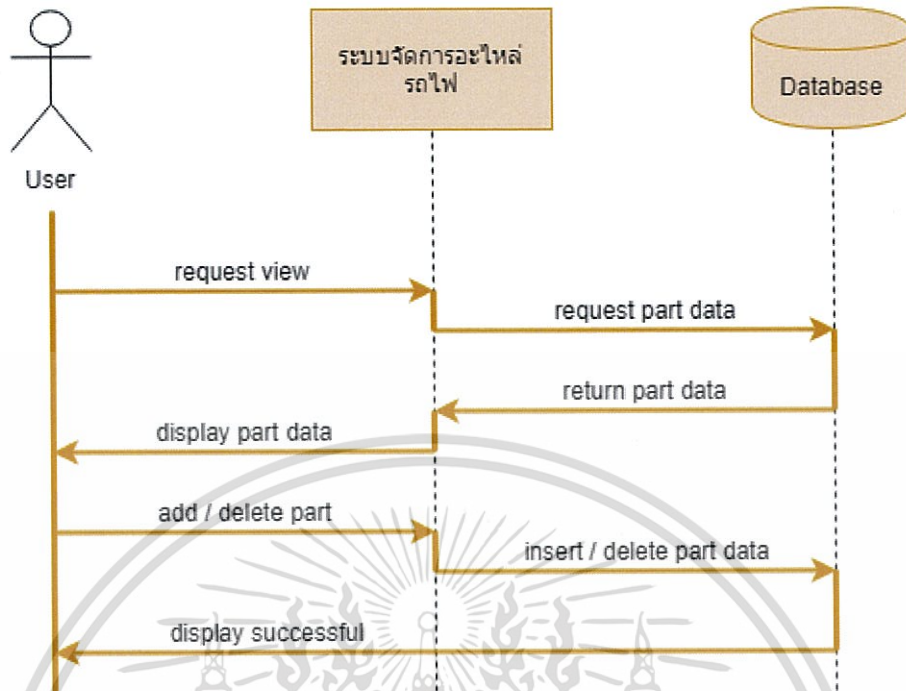
ผู้ใช้งานสามารถดูรายละเอียดของตู้ขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบได้ หากผู้ใช้งานมีความต้องการที่จะเพิ่มตู้ขบวนรถไฟลงไปในระบบ ผู้ใช้งานจะสามารถเพิ่มได้โดยกดปุ่ม “เพิ่มตู้ขบวนรถไฟ” ระบบก็จะแสดงฟอร์มข้อมูลสำหรับการเพิ่มตู้ขบวนรถไฟขึ้นมา ซึ่งจะให้ผู้ใช้งานทำการกรอกรายละเอียดต่าง ๆ ของตู้ขบวนรถไฟ เช่น โมเดลของตู้ขบวนรถไฟ ประเภทของตู้ขบวนรถไฟ ว่าเป็นประเภทหัวรถจักร หรือ ประเภทตู้โดยสาร และ อะไหล่ต่าง ๆ ที่ประจำอยู่ในตู้ขบวน เป็นต้น โดยถ้าหากมีการกรอกข้อมูลไม่ครบตามฟอร์ม ระบบก็จะขึ้นฟอร์มแจ้งเตือนให้กรอกข้อมูลให้ครบก่อนจึงจะสามารถบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงไปในระบบฐานข้อมูลได้ ซึ่งเมื่อมีการกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะถูกนำไปอัปเดตที่ลงที่ตารางฐานข้อมูลของระบบและจะนำตู้ขบวนรถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน หรือถ้าหากผู้ใช้งานต้องการลบข้อมูลของตู้ขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบ ก็ให้เลือกตู้ขบวนรถไฟที่ต้องการลบและกดปุ่ม “ลบตู้ขบวนรถไฟ” ระบบก็จะถามคำถามเพื่อยืนยันการลบข้อมูลอีกครั้ง เมื่อระบบทำการลบข้อมูลของตู้ขบวนรถไฟแล้วจะแสดงฟอร์มยืนยันว่าการลบตู้ขบวนรถไฟเสร็จสิ้นแล้วดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Sequence Diagram ของการเพิ่มและลบตู้ขบวนรถไฟ

3.4.5 ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ

ผู้ใช้งานสามารถทราปรายละเอียดของอะไหล่รถไฟที่มีอยู่ในระบบได้ หากผู้ใช้งานมีความต้องการที่จะเพิ่มอะไหล่รถไฟลงไปในระบบ ผู้ใช้งานจะสามารถเพิ่มได้โดยกดปุ่ม “เพิ่มอะไหล่” ระบบก็จะแสดงฟอร์มข้อมูลสำหรับการเพิ่มอะไหล่รถไฟขึ้นมา ซึ่งจะให้ผู้ใช้งานทำการกรอกรายละเอียดต่าง ๆ ของอะไหล่รถไฟลงไป โดยถ้าหากมีการกรอกข้อมูลไม่ครบตามฟอร์ม ระบบก็จะขึ้นฟอร์มแจ้งเตือนให้กรอกข้อมูลให้ครบก่อนจึงจะสามารถบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงไปในระบบฐานข้อมูลได้ซึ่งเมื่อมีการกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยแล้วข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะถูกนำไปอัปเดตที่ลงที่ตารางฐานข้อมูลของระบบและจะนำตู้รถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน หรือถ้าหากผู้ใช้งานต้องการลบข้อมูลของอะไหล่รถไฟที่มีอยู่ในระบบ ก็ให้เลือกอะไหล่ที่ต้องการลบและกดปุ่ม “ลบอะไหล่” ระบบก็จะถามคำถามเพื่อยืนยันการลบข้อมูลอีกครั้ง เมื่อระบบทำการลบข้อมูลของอะไหล่แล้วจะแสดงฟอร์มยืนยันว่าการลบอะไหล่เสร็จสิ้นแล้วดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 Sequence Diagram ของการเพิ่มและลบอะไหล่รถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

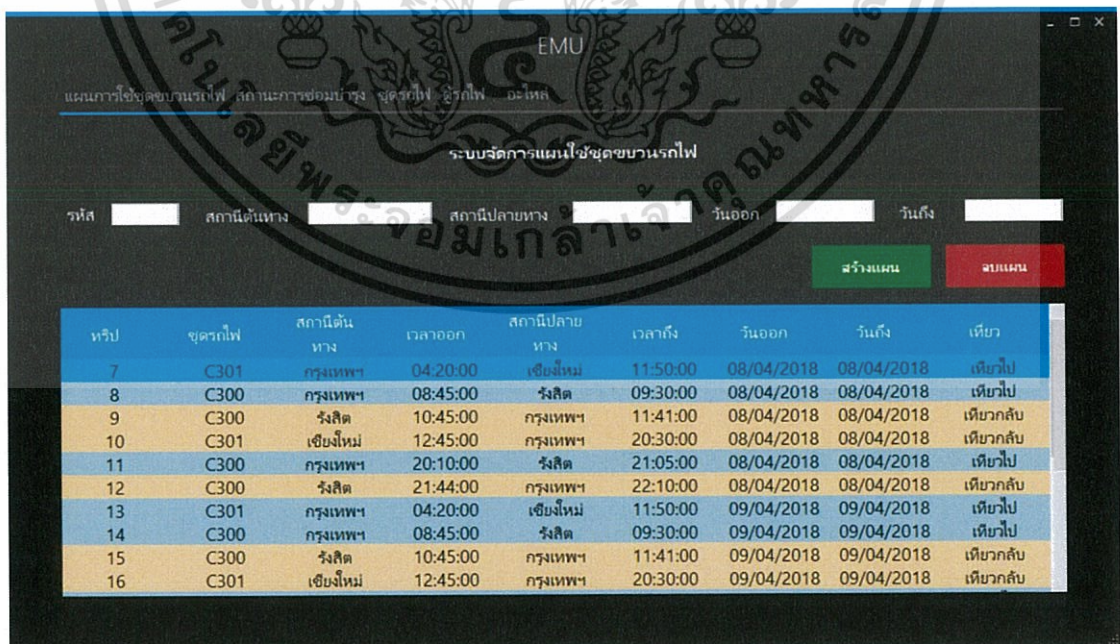
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการพัฒนาแอปพลิเคชันและผลของการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยจะแบ่งผลของการดำเนินงานเป็น 5 ส่วนการทำงานหลัก คือ

- 1.) ระบบจัดการแผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟ (หน้าหลักของแอปพลิเคชัน)
- 2.) ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ
- 3.) ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ
- 4.) ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ
- 5.) ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ

4.1 ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ

ระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ ทำหน้าที่ในการออกแบบจัดการสร้างแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟที่ถูกจัดสรรอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับตารางเวลาการเดินรถไฟ สามารถทำการคัดเลือกชุดรถไฟว่าควรนำไปวิ่งบนเส้นทางไหน โดยจะพิจารณาจากข้อมูลต่าง ๆ เช่น ระยะทางสะสมทั้งหมดของชุดรถไฟ ตำแหน่งจอดชุดรถไฟ ระยะทางของสถานีต้นทางไปจนถึงสถานีปลายทาง จนได้แผนการใช้งานชุดขบวนรถไฟออกมาทางหน้าอินเตอร์เฟซของแอปพลิเคชันดังรูปที่ 4.1



The screenshot shows a web application interface for EMU (Electric Multiple Unit) train management. The title is "ระบบจัดการแผนใช้ชุดขบวนรถไฟ" (Train Set Management System). Below the title are input fields for "รหัส" (Code), "สถานีต้นทาง" (Origin Station), "สถานีปลายทาง" (Destination Station), "วันออก" (Departure Day), and "วันถึง" (Arrival Day). There are two buttons: "สร้างแผน" (Create Plan) in green and "ลบแผน" (Delete Plan) in red. Below these is a table with the following columns: "ทวีป" (Continent), "ชุดรถไฟ" (Train Set), "สถานีต้นทาง" (Origin Station), "เวลาออก" (Departure Time), "สถานีปลายทาง" (Destination Station), "เวลาถึง" (Arrival Time), "วันออก" (Departure Day), "วันถึง" (Arrival Day), and "เที่ยว" (Trip). The table contains 16 rows of data for various train sets and routes.

ทวีป	ชุดรถไฟ	สถานีต้นทาง	เวลาออก	สถานีปลายทาง	เวลาถึง	วันออก	วันถึง	เที่ยว
7	C301	กรุงเทพฯ	04:20:00	เชียงใหม่	11:50:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
8	C300	กรุงเทพฯ	08:45:00	รังสิต	09:30:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
9	C300	รังสิต	10:45:00	กรุงเทพฯ	11:41:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
10	C301	เชียงใหม่	12:45:00	กรุงเทพฯ	20:30:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
11	C300	กรุงเทพฯ	20:10:00	รังสิต	21:05:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
12	C300	รังสิต	21:44:00	กรุงเทพฯ	22:10:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
13	C301	กรุงเทพฯ	04:20:00	เชียงใหม่	11:50:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวไป
14	C300	กรุงเทพฯ	08:45:00	รังสิต	09:30:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวไป
15	C300	รังสิต	10:45:00	กรุงเทพฯ	11:41:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวกลับ
16	C301	เชียงใหม่	12:45:00	กรุงเทพฯ	20:30:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวกลับ

รูปที่ 4.1 หน้าหลักของระบบจัดการแผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ

ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ เป็นหน้าแอปพลิเคชันที่แสดงสถานะของชุดรถไฟที่มีในระบบว่าอยู่ในเกณฑ์การเข้าซ่อมบำรุงหรือไม่อยู่ในระดับการซ่อมบำรุงใดโดยระบุออกมาเป็นสีของชุดรถไฟขบวนนั้น ๆ จะมีการกำหนดเอาไว้ว่าสีไหนควรทำการเร่งส่งเข้าศูนย์ซ่อมบำรุง และสามารถแสดง รหัสชุดรถไฟ โมเดลของชุดรถไฟ ตำแหน่งประจำการของชุดรถไฟ และ ระดับการซ่อมบำรุง สถานการณ์ใช้งานของชุดรถไฟได้ โดย

สีแดง หมายถึง อยู่ในระดับการซ่อมบำรุงระดับที่ 5 ต้องเข้าสู่การซ่อมบำรุงใหญ่

สีเหลือง หมายถึง อยู่ในระดับการซ่อมบำรุงระดับที่ 4 เตรียมพร้อมเข้าสู่การซ่อมบำรุงใหญ่

สีเทา หมายถึง อยู่ในระดับการซ่อมบำรุงระดับที่ 1 ถึง 3 ต้องเข้าสู่การซ่อมบำรุงเล็ก ๆ

รหัสรถไฟ	โมเดล	ระหว่างกะสม	ระดับการซ่อม	ตำแหน่ง	สถานะ	วันที่บันทึก
A105	TS001	430000	5	อุบลราชธานี	ว่าง	15-03-2018
B201	TS002	157150	5	นครสวรรค์	ว่าง	10-03-2018
A100	TS001	310000	4	เชียงใหม่	ว่าง	10-03-2018
A101	TS001	330900	4	กรุงเทพฯ	ว่าง	10-03-2018
C300	TS003	557248	4	พิษณุโลก	ว่าง	10-03-2018
A104	TS001	104422	2	เชียงใหม่	ว่าง	15-03-2018
B201	TS002	157150	2	นครสวรรค์	ว่าง	10-03-2018
A102	TS001	32500	1	เชียงใหม่	ว่าง	10-03-2018
A103	TS001	24400	1	กรุงเทพฯ	ว่าง	12-03-2018
B202	TS002	76000	1	นครสวรรค์	ว่าง	10-03-2018
C301	TS003	191900	1	พิษณุโลก	ว่าง	10-03-2018
C302	TS003	11815	1	อุบลราชธานี	ว่าง	10-03-2018

รูปที่ 4.2 หน้าเมนู ระบบแสดงสถานะการซ่อมบำรุงชุดขบวนรถไฟ

4.3 ระบบจัดการชุดรถไฟ

ระบบจัดการชุดรถไฟ เป็นหน้าแอปพลิเคชันที่แสดงจำนวนของชุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบ โดยระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดรถไฟขบวนนั้น ๆ เอาไว้ดังต่อไปนี้ รหัสชุดรถไฟ โมเดลชุดรถไฟ ตำแหน่งประจำการของชุดรถไฟ และ สถานะการใช้งานของชุดรถไฟ สามารถที่จะค้นหาชุดรถไฟได้จากแถบค้นหาโดยค้นหาได้จาก รหัสชุดรถไฟ โมเดลชุดรถไฟ และจากสถานะการใช้งานของชุดรถไฟ ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU

แผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

รหัสชุดขบวนรถไฟ โมเดล ตำแหน่ง สถานะ เพิ่มชุดรถไฟ ลบชุดรถไฟ

รหัสชุดรถไฟ	โมเดล	ตำแหน่ง	สถานะ
A100	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A101	TS001	เด่นชัย	ว่าง
A102	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A103	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A104	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A105	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
B200	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B201	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B202	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B203	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B204	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
C300	TS003	กรุงเทพฯ	ว่าง
C301	TS003	กรุงเทพฯ	ว่าง
C302	TS003	อยุธยา	ว่าง

รูปที่ 4.3 หน้าเมนู ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

หากต้องการเพิ่มชุดขบวนรถไฟในระบบได้ผ่านหน้ารายละเอียดการเพิ่มชุดขบวนรถไฟ โดยจะสามารถเลือกโมเดลชุดรถไฟที่ต้องการ ตำแหน่งประจำการของชุดรถไฟ เลือกหัวรถจักรที่ต้องการ รวมไปถึงการเลือกตู้โดยสาร สามารถกำหนดจำนวนของตู้ขบวนในชุดขบวนรถไฟ อีกทั้งยังสามารถลบข้อมูลของชุดรถไฟในระบบได้ผ่านปุ่มคำสั่งลบชุดรถไฟดังรูปที่ 4.4

เพิ่มชุดรถไฟ

รหัสชุดรถไฟ

เลือก โมเดล

ตำแหน่ง

เลือก หัวรถจักร
locomotive

เลือก ตู้โดยสาร
car 1
car 2

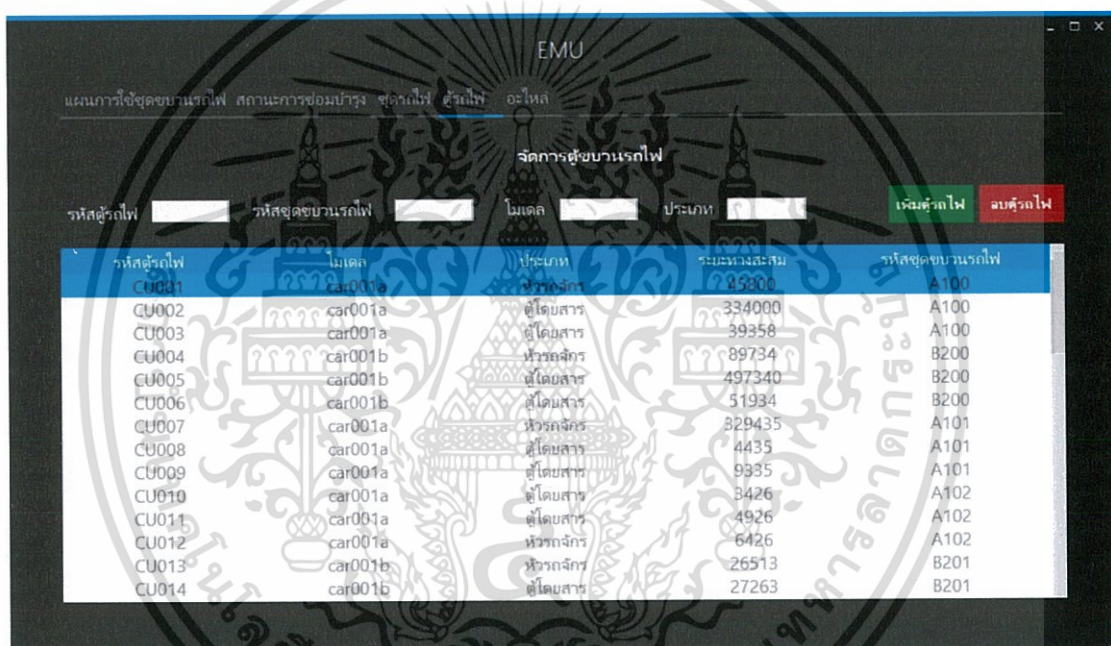
ตกลง

รูปที่ 4.4 หน้า รายละเอียดการเพิ่มชุดขบวนรถไฟเข้าในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นใบเซอร์ไพรซ์นี้เป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ

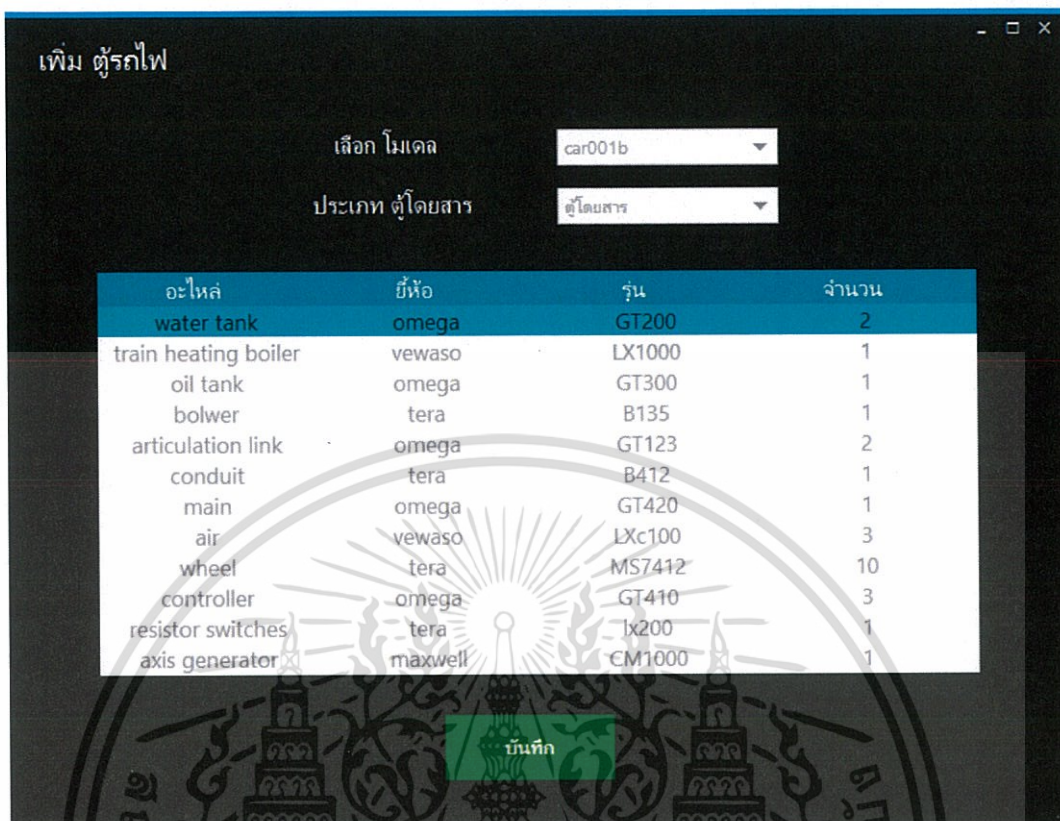
ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ เป็นหน้าแอปพลิเคชันที่แสดงจำนวนของตู้ขบวนรถไฟที่มีอยู่ในระบบ โดยระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของตู้ขบวนรถไฟนั้น ๆ เอาไว้ดังต่อไปนี้ รหัสตู้ขบวนรถไฟ โมเดลตู้ขบวนรถไฟ ประเภทของตู้ขบวนรถไฟ ระยะทางสะสมของตู้ขบวนรถไฟ และ รหัสชุดขบวนรถไฟที่ตู้ขบวนรถไฟถูกติดตั้งอยู่ สามารถที่จะค้นหาตู้ขบวนรถไฟได้จากแถบค้นหาโดยค้นหาได้จาก รหัสตู้ขบวนรถไฟของตู้ขบวนที่ต้องการทราบ โมเดลตู้ขบวนรถไฟของตู้ที่ต้องการทราบ ประเภทของตู้ขบวนรถไฟที่และ ยังค้นหาตู้ขบวนรถไฟได้จากรหัสชุดขบวนรถไฟที่ตู้ขบวนรถไฟที่ต้องการทราบ ประจําการอยู่ดังรูปที่ 4.5



รหัสตู้รถไฟ	โมเดล	ประเภท	ระยะทางสะสม	รหัสชุดขบวนรถไฟ
CU001	car001a	หัวรถจักร	25200	A100
CU002	car001a	ตู้โดยสาร	334000	A100
CU003	car001a	ตู้โดยสาร	39358	A100
CU004	car001b	หัวรถจักร	89734	B200
CU005	car001b	ตู้โดยสาร	497340	B200
CU006	car001b	ตู้โดยสาร	51934	B200
CU007	car001a	หัวรถจักร	329435	A101
CU008	car001a	ตู้โดยสาร	4435	A101
CU009	car001a	ตู้โดยสาร	9335	A101
CU010	car001a	ตู้โดยสาร	3426	A102
CU011	car001a	ตู้โดยสาร	4926	A102
CU012	car001a	หัวรถจักร	6426	A102
CU013	car001b	หัวรถจักร	26513	B201
CU014	car001b	ตู้โดยสาร	27263	B201

รูปที่ 4.5 หน้าเมนู ระบบจัดการตู้ขบวนรถไฟ

หากต้องการเพิ่มตู้ขบวนรถไฟเข้าไปในระบบ สามารถทำได้ผ่านหน้ารายละเอียดการเพิ่มตู้ขบวนรถไฟ โดยจะสามารถเลือกโมเดลตู้ขบวนรถไฟที่ต้องการ กำหนดประเภทของตู้ขบวนรถไฟ เลือกยี่ห้อ รุ่น และจำนวนของอะไหล่ภายในตู้ขบวนรถไฟ อีกทั้งสามารถลบข้อมูลของตู้ขบวนรถไฟในระบบได้ผ่านปุ่มคำสั่งลบชุดรถไฟดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หน้าเมนู รายละเอียดการเพิ่มตู้ขบวนรถไฟเข้าในระบบ

4.5 ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ

ระบบจัดการอะไหล่รถไฟ เป็นหน้าแอปพลิเคชันที่แสดงจำนวนของอะไหล่ต่าง ๆ ของรถไฟที่มีอยู่ในระบบ โดยระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของอะไหล่ชิ้นนั้น ๆ เอาไว้ดังต่อไปนี้ รหัสอะไหล่ ประเภทของอะไหล่ ยี่ห้อและรุ่นของอะไหล่ ระยะทางสะสมของอะไหล่ และรหัสตู้ขบวนรถไฟที่อะไหล่ชิ้นนั้นถูกติดตั้งอยู่ สามารถที่จะค้นหาอะไหล่รถไฟที่ต้องการทราบข้อมูลได้จากแถบค้นหาโดยค้นหาได้จาก รหัสประจำอะไหล่ชิ้นนั้น ๆ ประเภทของอะไหล่รถไฟที่ต้องการทราบ ยี่ห้อและรุ่นของอะไหล่ที่ต้องการทราบ และยังสามารถค้นหาตู้ได้จากรหัสตู้ขบวนรถไฟที่อะไหล่ชิ้นนั้นติดตั้งอยู่ดังรูปที่ 4.7

EMU

แผนการใช้ขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

จัดการอะไหล่รถไฟ

รหัสขบวนรถไฟ ประเภท ยี่ห้อ รุ่น เพิ่มอะไหล่ ลบอะไหล่

รหัสอะไหล่	ประเภท	ระหว่างสะสม	ยี่ห้อ	รุ่น	รหัสตู้รถไฟ
PU001	water tank	32520	omega	MX100	CU001
PU002	train heating boiler	32000	omega	MX200	CU001
PU003	oil tank	32000	omega	MX300	CU001
PU004	bolwer	31552	omega	MX400	CU001
PU005	articulation link	31582	omega	MX500	CU001
PU006	conduit	18200	omega	MX600	CU001
PU007	main	25000	omega	MX700	CU001
PU008	air	30200	omega	MX800	CU001
PU009	wheel	30410	omega	MX900	CU001
PU010	controller	45200	omega	MX1000	CU001
PU011	resistor switches	45000	omega	MX1100	CU001
PU012	axis generator	45000	omega	MX1200	CU001
PU013	water tank	330200	omega	MX100	CU002
PU014	train heating boiler	330210	omega	MX200	CU002

รูปที่ 4.7 หน้าหลักของระบบจัดการอะไหล่รถไฟ

หากต้องการเพิ่มอะไหล่รถไฟเข้าไปในระบบ สามารถทำได้ผ่านหน้ารายละเอียดการเพิ่มตู้อะไหล่รถไฟ โดยจะสามารถเลือกประเภทของอะไหล่รถไฟที่ต้องการ เลือกยี่ห้อ รุ่น และจำนวนของอะไหล่รถไฟ ใส่วันผลิต และวันหมดอายุการใช้งานของอะไหล่รถไฟ อีกทั้งยังสามารถลบข้อมูลของตู้ขบวนรถไฟในระบบได้ผ่านปุ่มคำสั่งลบชุดรถไฟดังรูปที่ 4.8

เพิ่ม อะไหล่

เลือก ประเภท

ยี่ห้อ

รุ่น

วันผลิต

วันหมดอายุ

จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.8 หน้าหลักของระบบจัดการอะไหล่รถไฟไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการเรื่อง ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) นำเสนอเรื่องของการจัดทำโปรแกรมให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนจัดการกับการหมุนเวียนขบวนรถได้ มีความถูกต้องแม่นยำในการจัดสรรขบวนรถมาวิ่งบนเส้นทางที่เหมาะสม สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาในการสร้างแผนการใช้ชุดขบวนรถได้ด้วยตนเอง โดยระบบจะทำการดึงข้อมูลของ ตารางเวลาการเดินทางและข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดขบวนรถไฟ เช่น ระยะทางสะสมของชุด ขบวนรถไฟ ตำแหน่งจอดของชุดขบวนรถไฟ โมเดลชุดขบวนรถไฟ และ แผนการซ่อมบำรุงของชุด ขบวนรถไฟนั้น ๆ มาจากระบบฐานข้อมูล เพื่อทำการจัดสรรชุดขบวนรถไฟที่เหมาะสมและสอดคล้อง กับ ระยะทางของเส้นทางเดินรถ โมเดลชุดขบวนที่ตารางเวลาเดินทางต้องการ สถานีต้นทางของ เส้นทางเดินรถ เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนการใช้ขบวนรถอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้จัดทำยังได้ ทำการศึกษาและจัดทำระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ได้แก่ ระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ ระบบจัดการชุด รถไฟ ระบบจัดการตู้รถไฟ ระบบจัดการอะไหล่ เพื่อที่จะวางแผนการใช้งานขบวนรถจากทรัพยากร รถไฟที่มีอยู่ ให้สามารถวิ่งตามแผนตารางการเดินทางที่มีและจัดสรรขบวนรถให้เพียงพอต่อการใช้งาน ในครั้งถัด ๆ ไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินงาน

5.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

- เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชันอย่าง Visual Studio นั้น เนื่องจากยังใช้งาน ได้ไม่ค่อยคุ้นชิน ทำให้ต้องมีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องมือต่าง ๆ ทำให้การ พัฒนาตัวแอปพลิเคชันล่าช้าไปพอสมควร

- ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน เป็นเรื่องปกติที่อาจจะติดปัญหาในการรัน ผลซอร์สโค้ดไม่แสดงผลเป็นไปอย่างที่ต้องการ ทำให้เกิดข้อผิดพลาดส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการศึกษา ค้นคว้าจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อให้แสดงผลเป็นไปตามที่ต้องการ

5.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้า

- ข้อมูลที่ศึกษาไม่เพียงพอ อาจจะทำให้รายละเอียดของข้อมูลไม่ครบถ้วน เพื่อให้ โปรแกรมทำงานได้สมบูรณ์ขึ้น จึงได้มีการจำลองรายละเอียดของข้อมูลบางส่วนขึ้นมาเพื่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต่อไป

- พัฒนาให้หน้าเว็บแอปพลิเคชันให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น
- พัฒนาการเขียนซอร์สโค้ดให้มองออกได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- เพิ่มข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของรถไฟให้มากขึ้น
- พัฒนาระบบจัดการด้านต่าง ๆ ให้ดียิ่งขึ้น
- พัฒนาด้านการแสดงผลข้อมูลให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น
- พัฒนาให้ระบบสามารถใช้ร่วมกับระบบอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Zhong-kia Wang, Tian-yun Shi, Wei-jia Zhang “Optimizing the Utilization plan”
2016 International Conference on Control and Automation (ICCA 2016)
- [2] SQL .2016 [Online]. Available : <http://www.mindphp.com.html>
- [3] visual studio .2016 [Online]. Available :
<https://sites.google.com/site/kachapot1150/1-1-microsoft-visual-studio-khux-xari>
- [4] C# .2016 [Online]. Available : <http://marcuscode.com/lang/csharp/introduction>
- [5] Arianna Alfieri, Rutger Groot, Leo Kroon. 2006. **Efficient Circulation of Railway Rolling Stock**. [Online]. Available: <http://homepages.cwi.nl/~lex/files/1526-5447-2006-40-03-0378.pdf>.
- [6] Circulation of Railway Rolling Stock .2009 [Online]. Available :
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1519226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster และรูปผลงาน

Department of Computer Engineering
(Information Engineering)
CE 6054



EMU UTILIZATION SYSTEM

Mr.Ratchapong Prajumwong, Mr.ittikorn tongkumjerm
Advisor Asst.Prof.Mayuree Lertwatechakul

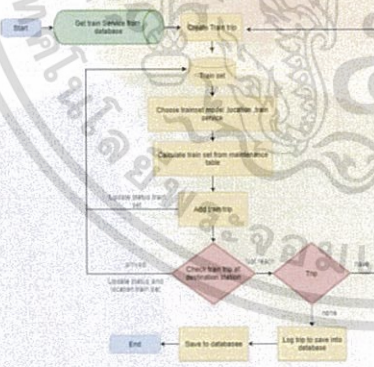
Abstract

This project is EMU utilization system development. The purpose is to make the efficient rolling stock circulation and maintenance plan. The system is able to generate a utilization plan automatically for a timetable by considering the available EMUs located in the nearby depots. The maintenance plan can be generated by determining EMUs' operating distance and period as to guarantee the safety of train services.


Introduction

Equipment deterioration is a major factor in the provision of train services, so care must be taken in this regard as the deterioration of trains affects safety and service. If it is open while the train and parts are not complete, a fatal accident can occur. The deterioration of each piece of equipment has different deterioration factors. Some parts have a decay distance. Some items have deterioration values varying according to the usage period. In order to create a train operation plan in accordance with the maintenance of the equipment always in ready-to-use condition, Effective software is needed to help plan the process and planning maintenance to save time, easy to allocate the train and maximize the benefits. It can handle any emergency that may occur at any time.

Methodology



Results



EMU UTILIZATION SYSTEM


Show detail of trip then click

Conclusion


Emu Utilization System can manage rolling stock effectively and create maintenance plan for each train. Maintenance plan consists of 2 parts is maintenance scheduled and maintenance when the crash. Which create maintenance plan cycle days, months, weeks and years. System show maintenance scheduled and deterioration of equipment as a color bar.

References

- [1] Asst.Prof.Mayuree Lertwatechakul "Development of teaching platform of Operation and Control for Railway System", Faculty of Engineering King Monkut's Institute of Technology Ladkrabang,2017
- [2] Zhong-kia Wang, Tian-yun Shi, Wei-jia Zhang "Optimizing the Utilization plan" 2016 International Conference on Control and Automation (ICCA 2016)



**ENGINEERS
LADKRABANG**



E-mail:kmayuree@kmit.ac.th

รูปที่ ก.1 Poster EMU Utilization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU

แผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

ระบบจัดการแผนใช้ชุดขบวนรถไฟ

รหัส สถานีต้นทาง สถานีปลายทาง วันออก วันถึง

หรีบ	ชุดรถไฟ	สถานีต้นทาง	เวลาออก	สถานีปลายทาง	เวลาถึง	วันออก	วันถึง	เที่ยว
7	C301	กรุงเทพฯ	04:20:00	เชียงใหม่	11:50:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
8	C300	กรุงเทพฯ	08:45:00	รังสิต	09:30:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
9	C300	รังสิต	10:45:00	กรุงเทพฯ	11:41:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
10	C301	เชียงใหม่	12:45:00	กรุงเทพฯ	20:30:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
11	C300	กรุงเทพฯ	20:10:00	รังสิต	21:05:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
12	C300	รังสิต	21:44:00	กรุงเทพฯ	22:10:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
13	C301	กรุงเทพฯ	04:20:00	เชียงใหม่	11:50:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวไป
14	C300	กรุงเทพฯ	08:45:00	รังสิต	09:30:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวไป
15	C300	รังสิต	10:45:00	กรุงเทพฯ	11:41:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวกลับ
16	C301	เชียงใหม่	12:45:00	กรุงเทพฯ	20:30:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวกลับ

รูปที่ ก.2 หน้าหลักระบบจัดการการใช้ชุดขบวนรถไฟ

EMU

แผนการใช้รถไฟ แผนการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ

จัดการแผนการซ่อมบำรุงรถไฟ

รหัสรถไฟ	เบรค	รหัสทางลัด	ระดับการซ่อม	ตำแหน่ง	สถานะ	วันเริ่มเก็บ
A103	TS001	330900	5	กรุงเทพฯ	ว่าง	15-03-2018
B201	TS002	157150	2	นครสวรรค์	ว่าง	10-03-2018
A100	TS001	310000	4	เชียงใหม่	ว่าง	10-03-2018
A101	TS001	330900	4	กรุงเทพฯ	ว่าง	10-03-2018
C300	TS003	557248	4	พิษณุโลก	ว่าง	10-03-2018
A104	TS001	304422	5	ลำปาง	ว่าง	15-03-2018
B201	TS002	157150	2	นครสวรรค์	ว่าง	10-03-2018
A102	TS001	32500	1	เชียงใหม่	ว่าง	10-03-2018
A103	TS001	24400	1	กรุงเทพฯ	ว่าง	12-03-2018
B202	TS002	76000	1	นครสวรรค์	ว่าง	10-03-2018
C301	TS003	191900	1	พิษณุโลก	ว่าง	10-03-2018
C302	TS003	11815	1	อยุธยา	ว่าง	10-03-2018

รูปที่ ก.3 หน้าหลักระบบแสดงสถานะการใช้งานชุดขบวนรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU

แผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

ระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

รหัสชุดขบวนรถไฟ โมเดล ตำแหน่ง สถานะ

เพิ่มชุดรถไฟ ลบชุดรถไฟ

รหัสชุดรถไฟ	โมเดล	ตำแหน่ง	สถานะ
A100	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A101	TS001	เด่นชัย	ว่าง
A102	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A103	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A104	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
A105	TS001	กรุงเทพฯ	ว่าง
B200	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B201	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B202	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B203	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
B204	TS002	เชียงใหม่	ว่าง
C300	TS003	กรุงเทพฯ	ว่าง
C301	TS003	กรุงเทพฯ	ว่าง
C302	TS003	อยุธยา	ว่าง

รูปที่ ก.4 หน้าหลักระบบจัดการชุดขบวนรถไฟ

EMU

แผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

จัดการตู้ขบวนรถไฟ

รหัสตู้รถไฟ รหัสชุดขบวนรถไฟ โมเดล ประเภท

เพิ่มตู้รถไฟ ลบตู้รถไฟ

รหัสตู้รถไฟ	โมเดล	ประเภท	ระบบขนส่ง	รหัสชุดขบวนรถไฟ
CU001	car001a	ห้วงจักร	49800	A100
CU002	car001a	ตู้โดยสาร	334000	A100
CU003	car001a	ตู้โดยสาร	39358	A100
CU004	car001b	ห้วงจักร	89734	B200
CU005	car001b	ตู้โดยสาร	497340	B200
CU006	car001b	ตู้โดยสาร	51984	B200
CU007	car001a	ห้วงจักร	329435	A101
CU008	car001a	ตู้โดยสาร	4435	A101
CU009	car001a	ตู้โดยสาร	9385	A101
CU010	car001a	ตู้โดยสาร	3426	A102
CU011	car001a	ตู้โดยสาร	4926	A102
CU012	car001a	ห้วงจักร	6426	A102
CU013	car001b	ห้วงจักร	26513	B201
CU014	car001b	ตู้โดยสาร	27263	B201

รูปที่ ก.5 หน้าหลักระบบจัดการการตู้ขบวนรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU

แผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

จัดการอะไหล่รถไฟ

รหัสชุดขบวนรถไฟ ประเภท ยี่ห้อ รุ่น เพิ่มอะไหล่ ลบอะไหล่

รหัสอะไหล่	ประเภท	ระยะทางสะสม	ยี่ห้อ	รุ่น	รหัสชุดรถไฟ
PU001	water tank	32520	omega	MX100	CU001
PU002	train heating boiler	32000	omega	MX200	CU001
PU003	oil tank	32000	omega	MX300	CU001
PU004	bolwer	31552	omega	MX400	CU001
PU005	articulation link	31582	omega	MX500	CU001
PU006	conduit	18200	omega	MX600	CU001
PU007	main	25000	omega	MX700	CU001
PU008	air	30200	omega	MX800	CU001
PU009	wheel	30410	omega	MX900	CU001
PU010	contoller	45200	omega	MX1000	CU001
PU011	resistor switches	45000	omega	MX1100	CU001
PU012	axis generator	46000	omega	MX1200	CU001
PU013	water tank	330200	omega	MX100	CU002
PU014	train heating boiler	330210	omega	MX200	CU002

รูปที่ ก.6 หน้าหลักของระบบจัดการอะไหล่5wa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

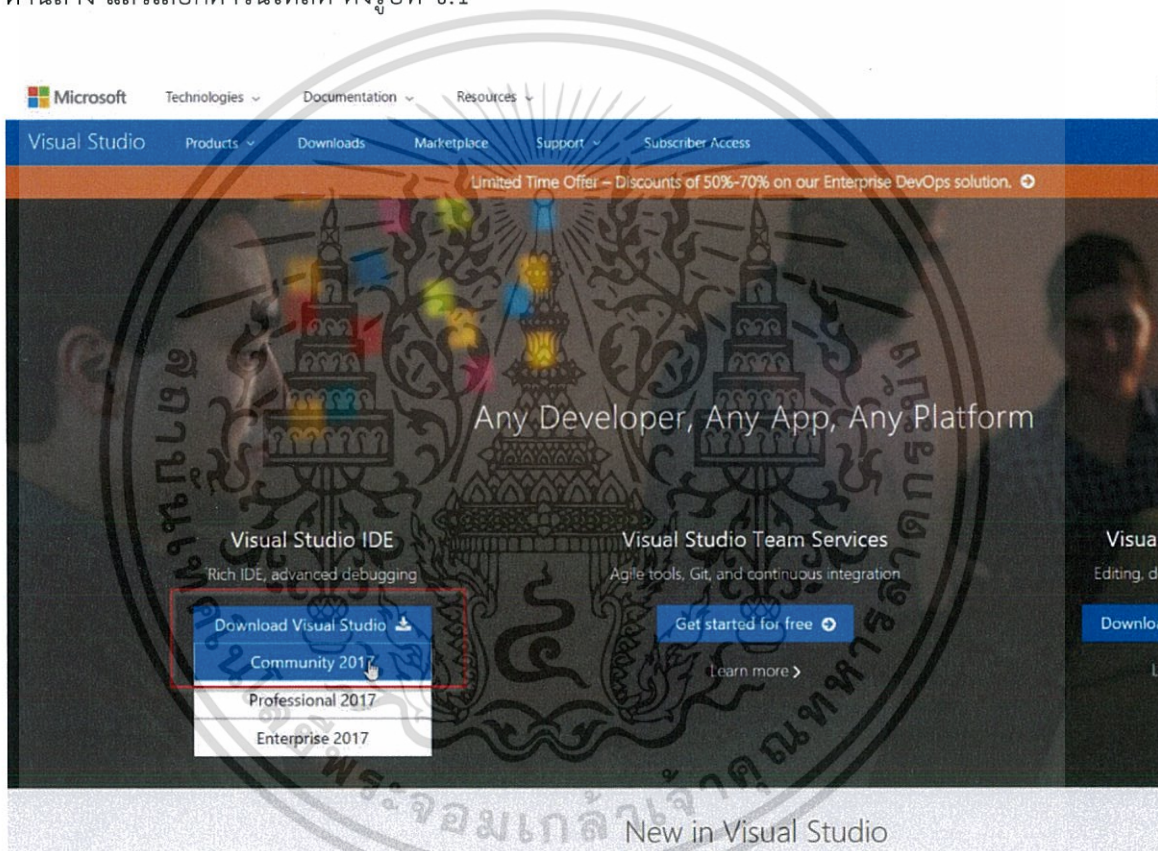
ภาคผนวก ข

ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม Visual Studio

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Visual studio

โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

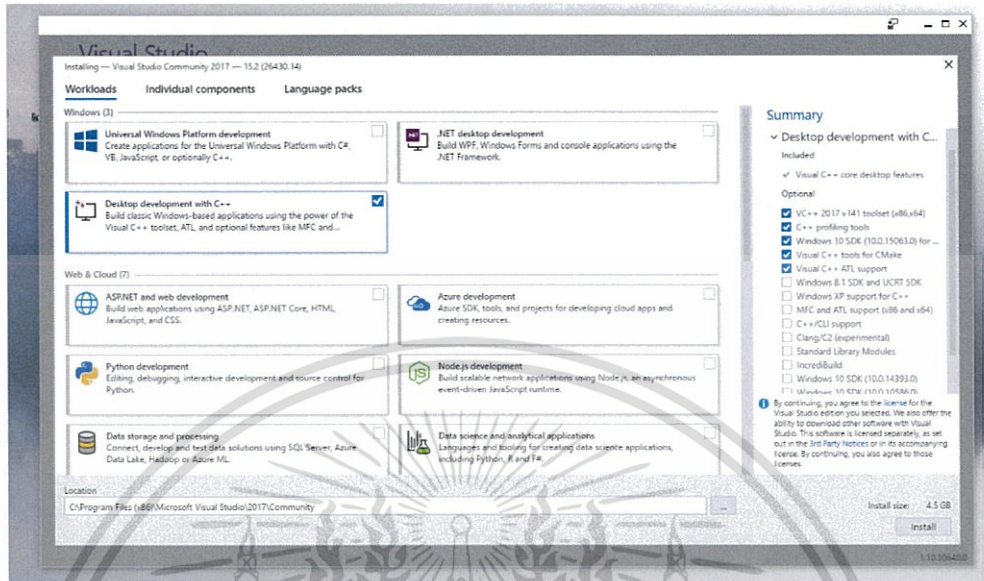
1. สามารถเข้าไปดาวน์โหลดตัวโปรแกรมได้จาก <https://www.visualstudio.com> เลื่อนหน้าเว็บลงมาด้านล่าง แล้วเลือกดาวน์โหลด ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม visual studio

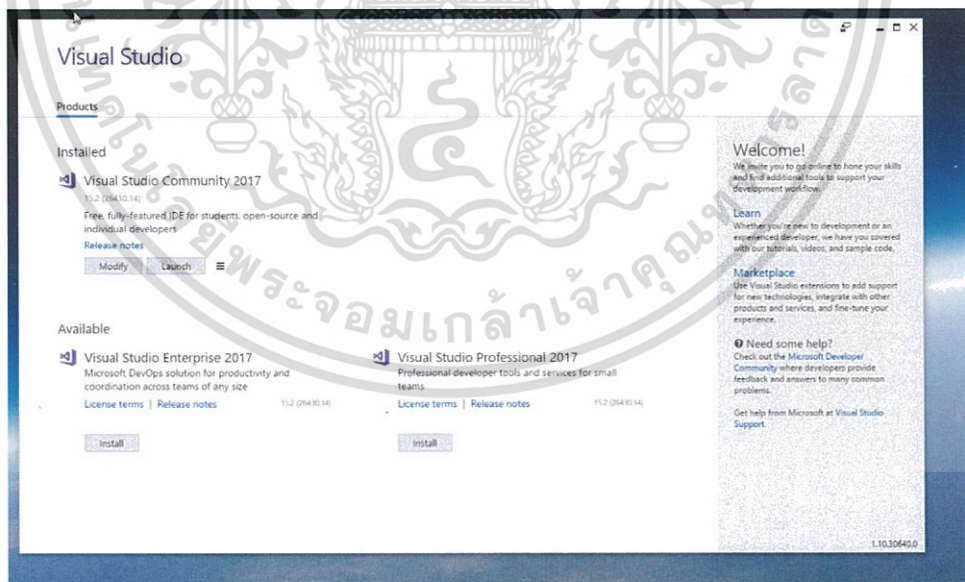
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อทำการดาวน์โหลดตัวติดตั้งเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกดติดตั้งจนพบหน้าต่างรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 หน้าต่างการติดตั้งของ Visual Studio

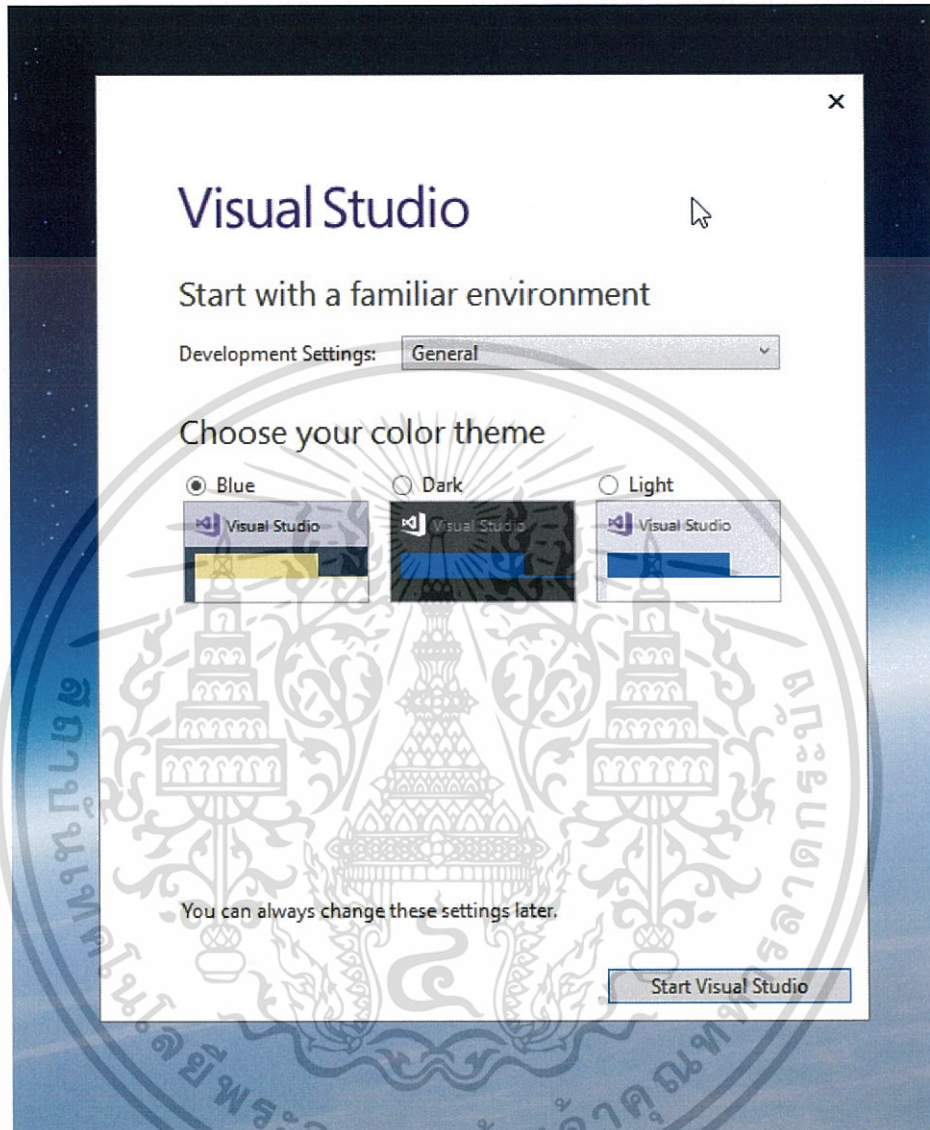
3. หลังจากทำการติดตั้งเสร็จแล้วให้กดคำว่า Launch ดังรูป ข.3



รูปที่ ข.3 หน้าต่าง Launch ของ Visual Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการเลือกธีมแล้วกด start visual studio ก็เป็นอันเสร็จสิ้นการติดตั้งดังรูป ข.3



รูปที่ ข.4 หน้าต่างเลือกธีม ของ Visual Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม Xampp

การติดตั้งโปรแกรม Xampp

โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. สามารถเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรมได้จาก apachefriends.org เลื่อนหน้าเว็บลงมาด้านล่าง แล้วเลือกดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการ Windows ดังรูปที่ ค.1

Version	Checksum	Size
5.5.30 / PHP 5.5.30 What's Included?	md5 sha1	102 Mb
5.6.14 / PHP 5.6.14 What's Included?	md5 sha1	104 Mb
7 / PHP 7	Coming soon	In the mean time, try Bitnami WAMP for PHP 7.0

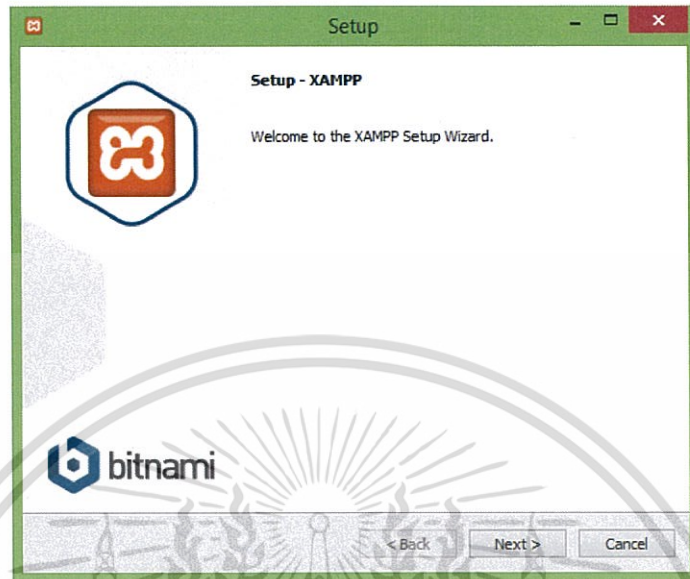
Requirements Add-ons More Downloads »

Windows XP or 2003 are not supported. You can download a compatible version of XAMPP for these platforms here.

THAICREATE.COM

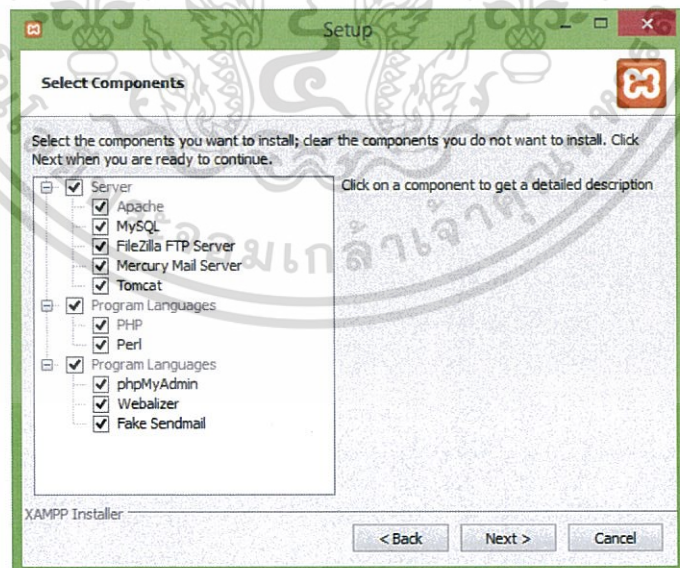
รูปที่ ค.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม Xampp

2. เมื่อทำการดาวน์โหลด Xampp เรียบร้อย ให้ทำการติดตั้งดังรูปที่ ค.2



รูปที่ ค.2 หน้าแรกของการติดตั้ง Xampp

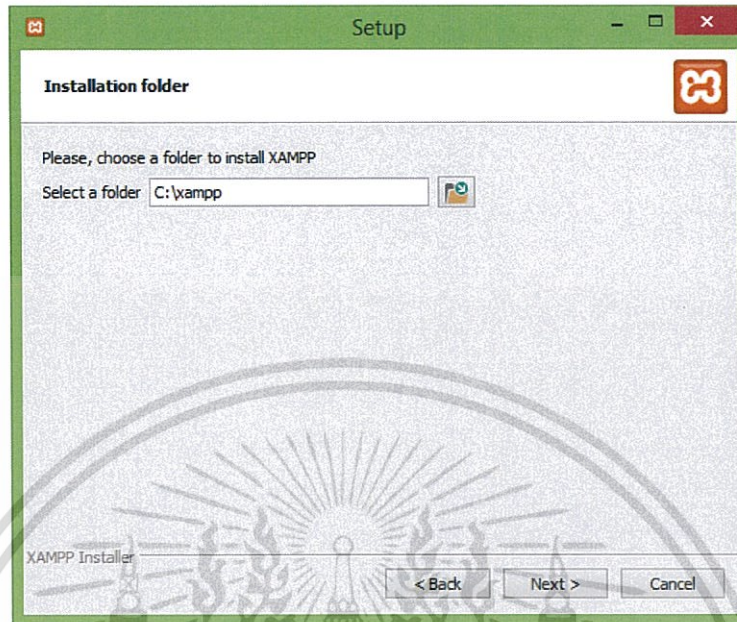
3. ให้เลือกเฉพาะรายการที่จำเป็นต้องใช้เช่น Apache, MySQL, PHP, phpMyAdmin และอื่น ๆ หรือไม่ก็ทั้งหมดเลยก็ได้ดังรูป ค.4



รูปที่ ค.3 หน้าต่างเลือก Components ของ Xampp

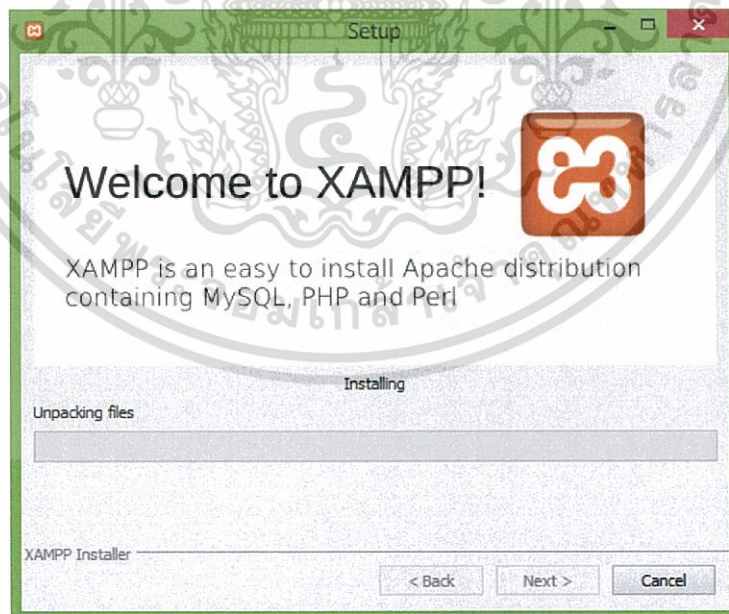
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือกที่ติดตั้งโปรแกรมดังรูป ค.4



รูปที่ ค.5 หน้าต่างเลือกตำแหน่งการติดตั้ง Xampp

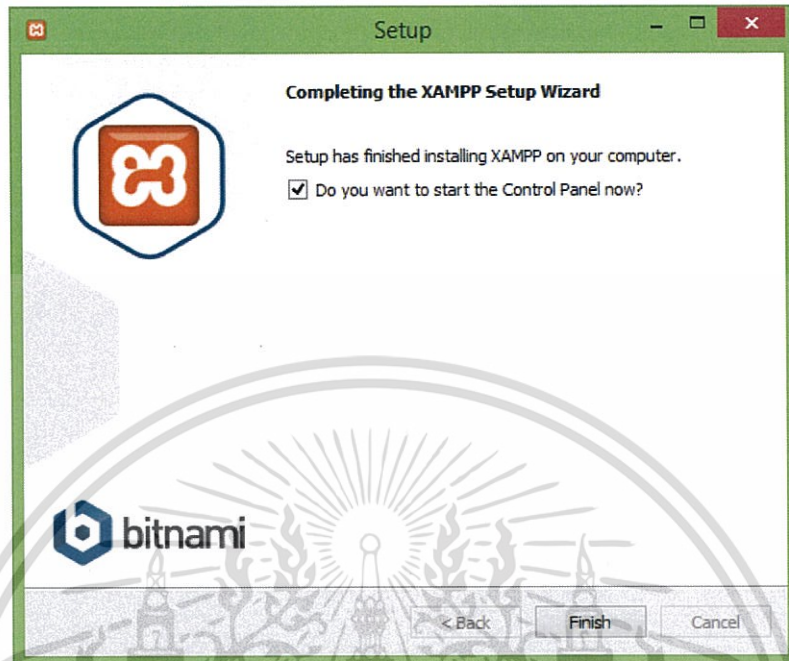
5. ติดตั้งโปรแกรม ดังรูป ค.5



รูปที่ ค.5 หน้าต่างแสดงการติดตั้ง Xampp

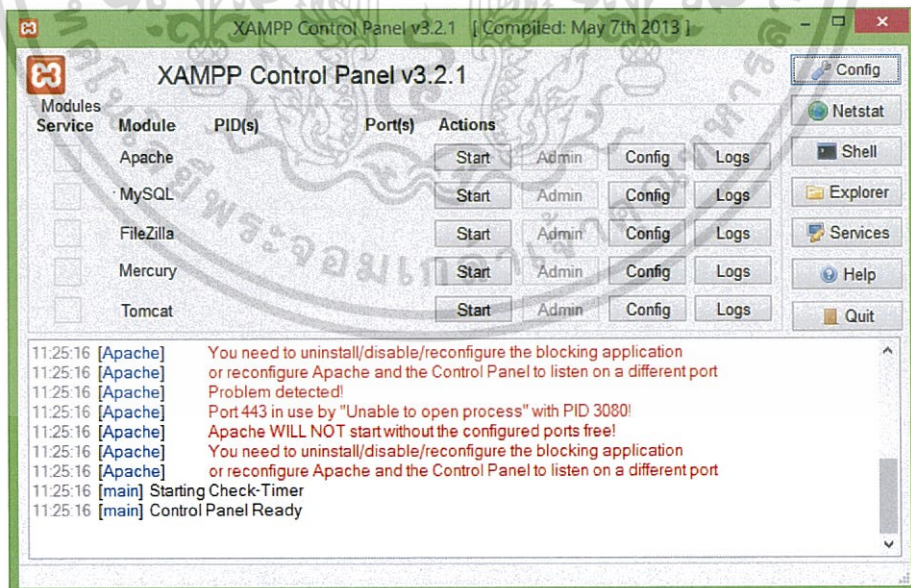
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เสร็จสิ้น ดังรูป ค.6



รูปที่ ค.6 หน้าต่างแสดงการติดตั้ง Xampp เสร็จสิ้น

7. เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จจะได้ ดังรูป ค.7



รูปที่ ค.6 โปรแกรม xampp

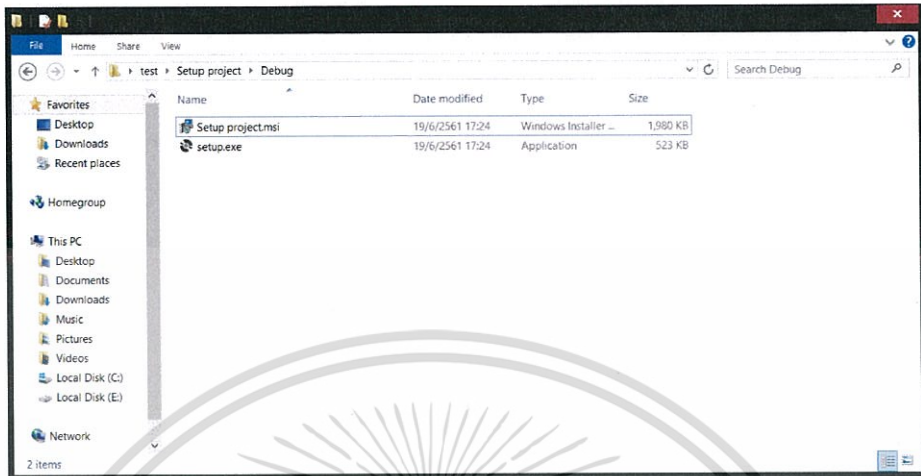
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม EMU Utilization

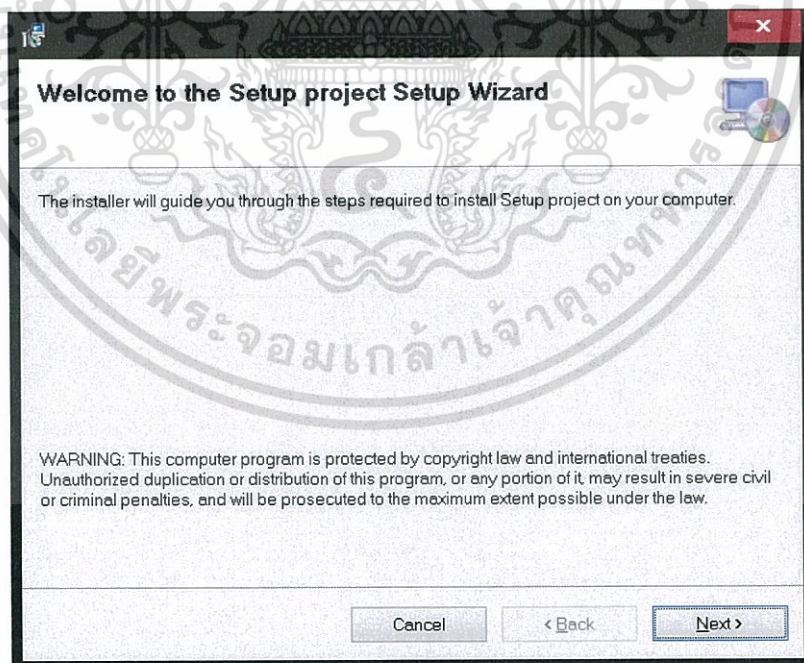
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เลือกที่ไฟล์ setup project เพื่อทำการติดตั้งดังรูป ง.1



รูปที่ ง.1 ไฟล์ติดตั้ง project

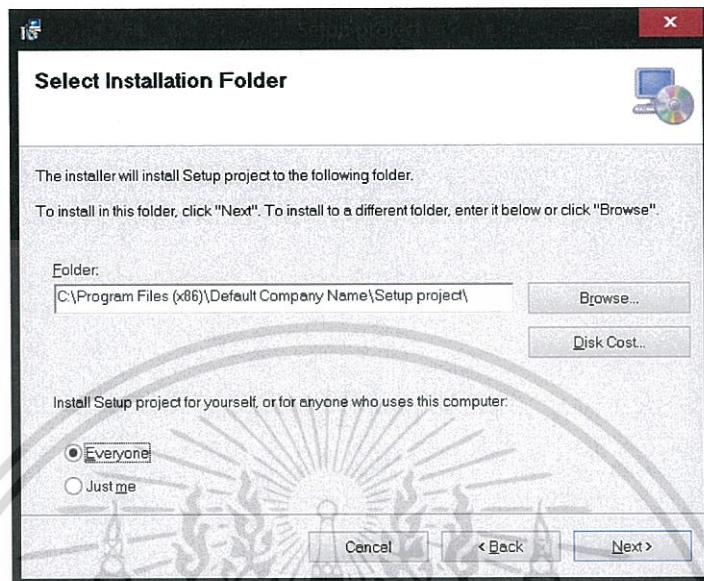
2. เมื่อเข้า setup ให้กด next ดังรูป ง.2



รูปที่ ง.2 หน้าแรกการติดตั้ง project

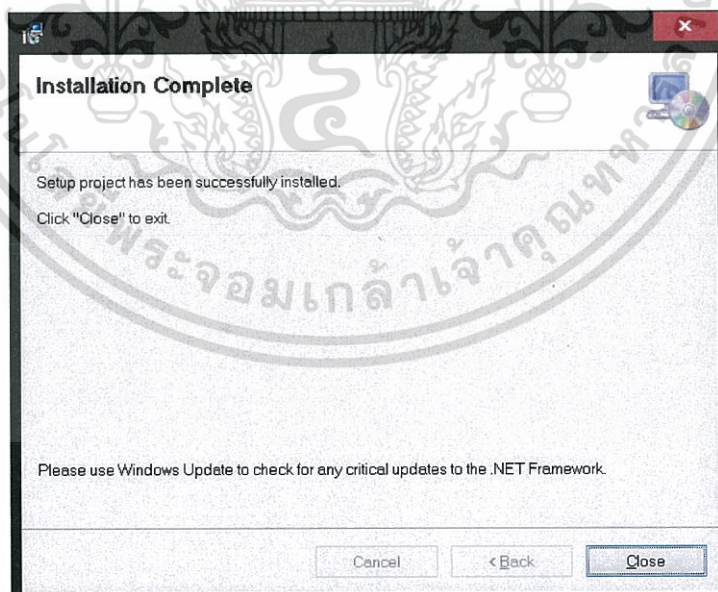
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกตำแหน่งไฟล์ที่จะลง และกดติ๊กที่ Everyone จากนั้นทำการกด next ดังรูป ง.3



รูปที่ ง.3 หน้าต่างเลือกตำแหน่งการติดตั้ง project

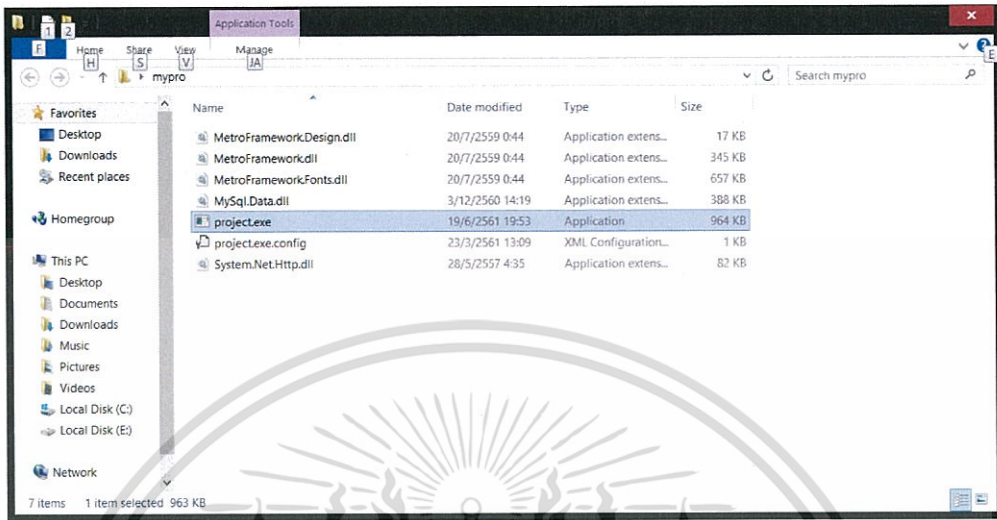
4. รอโปรแกรมติดตั้งจนเสร็จเมื่อติดตั้งเสร็จจะได้ดังรูป ง.4



รูปที่ ง.4 หน้าต่างแสดงการติดตั้ง project เสร็จสิ้น

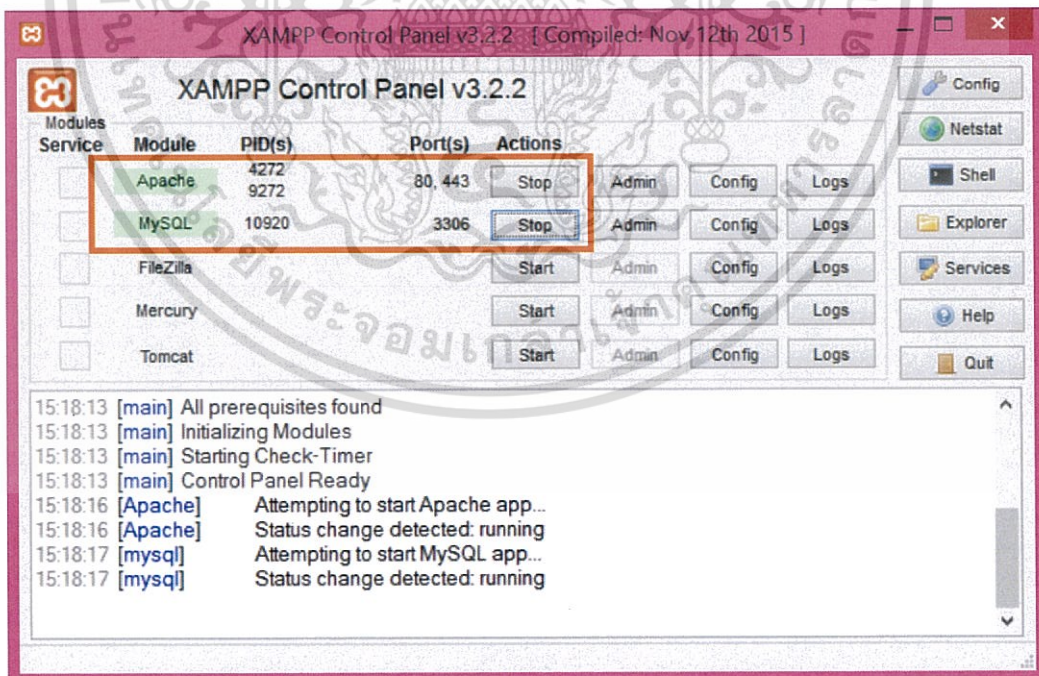
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรมเสร็จจะได้ไฟล์ project.exe ดังรูป ง.5



รูปที่ ง.5 shortcut ไฟล์ exe

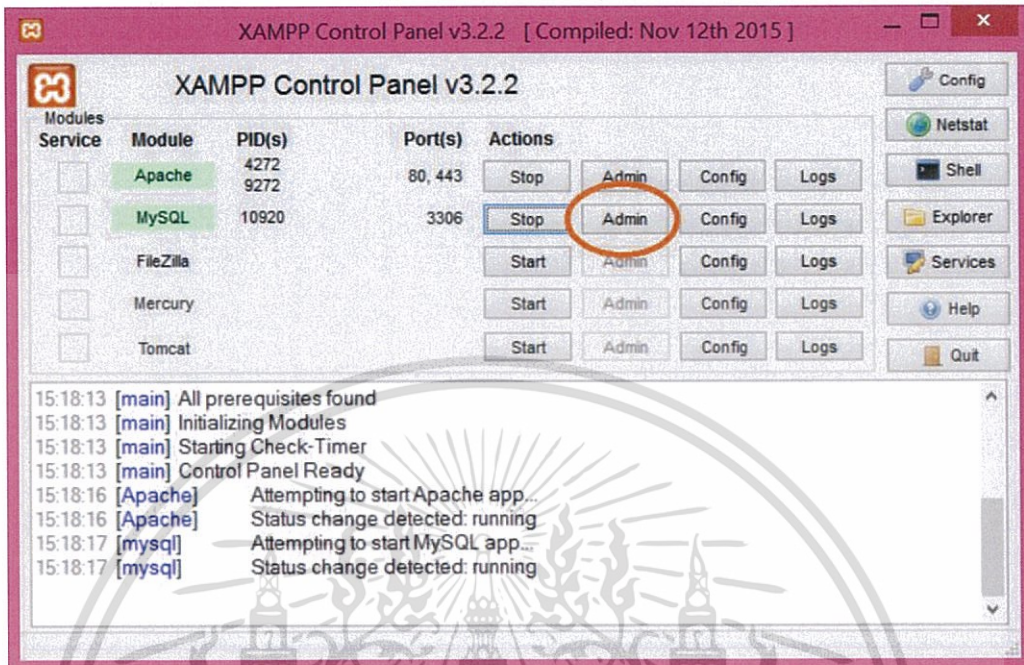
6. ทำการเปิดโปรแกรม xampp ขึ้น กดปุ่มรัน Apache และ MySQL ดังรูป ง.6



รูปที่ ง.6 หน้าต่าง โปรแกรม xampp

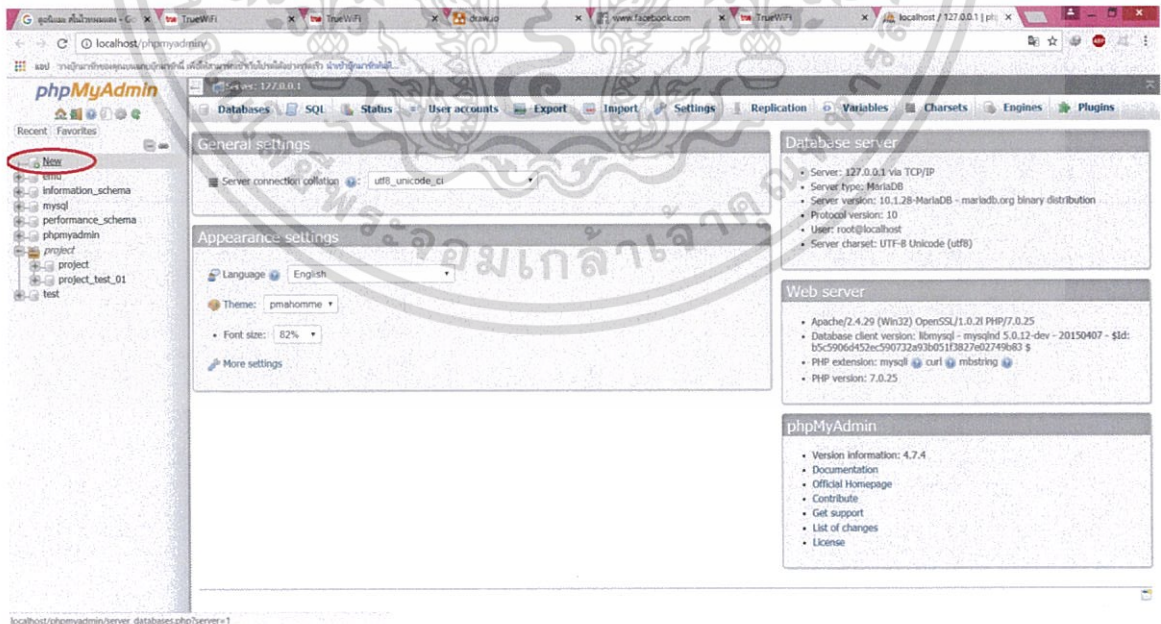
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กดไปที่ ปุ่ม admin เพื่อเข้าสู่หน้า phpMyadmin ดังรูป ง.7



รูปที่ ง.7 ปุ่ม admin ในโปรแกรม xampp

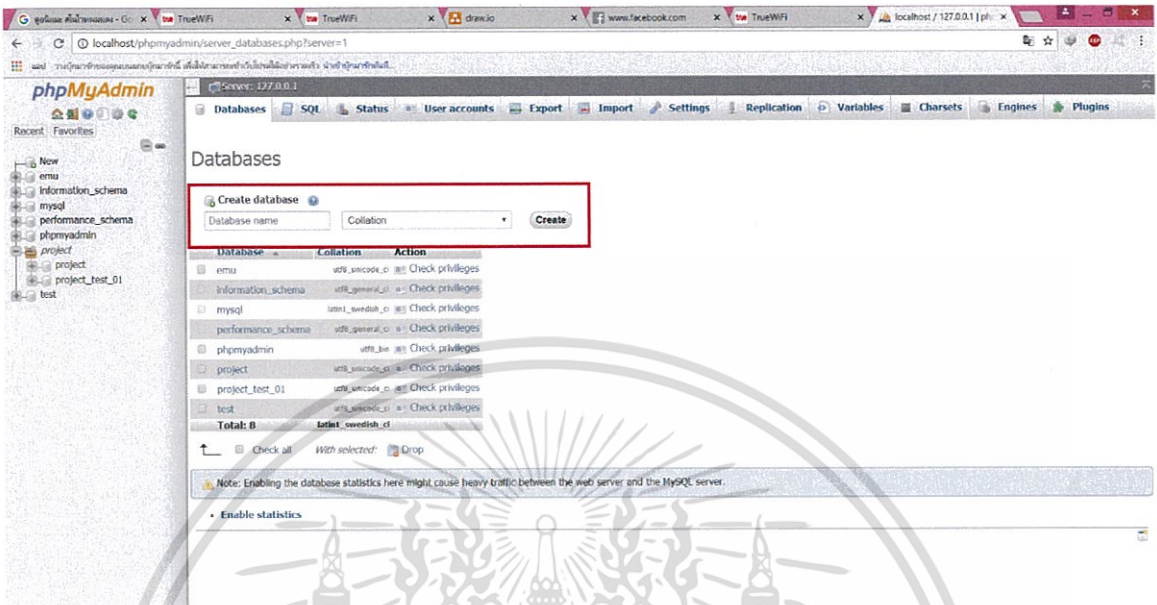
8. กดปุ่ม new เพื่อทำการสร้างฐานข้อมูลในหน้า phpMyAdmin ดังรูป ง.8



รูปที่ ง.8 หน้าหลัก phpMyAdmin

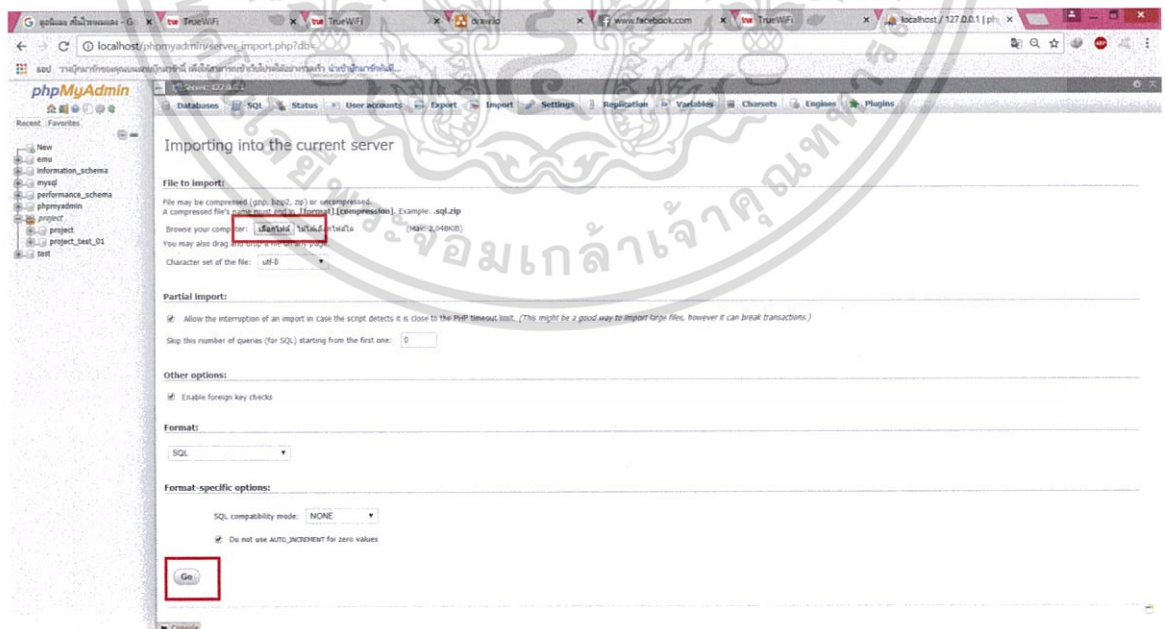
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.ทำการใส่ชื่อฐานข้อมูลว่า “project” และกดปุ่ม create ดังรูป ง.9



รูปที่ ง.9 หน้า create database ใน phpMyAdmin

10.ทำการ import ไฟล์ข้อมูลตารางทั้งหมดลงฐานข้อมูลดังรูป ง.10



รูปที่ ง.9 หน้า import ไฟล์ ใน phpMyAdmin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. กดเข้าไฟล์ project.exe จะได้หน้าต่าง ดังรูป ง.11

EMU

แผนการใช้ชุดขบวนรถไฟ สถานะการซ่อมบำรุง ชุดรถไฟ ตู้รถไฟ อะไหล่

ระบบจัดการแผนใช้ชุดขบวนรถไฟ

รหัส สถานีต้นทาง สถานีปลายทาง วันออก วันถึง

ทวีป	ชุดรถไฟ	สถานีต้นทาง	เวลาออก	สถานีปลายทาง	เวลาถึง	วันออก	วันถึง	เที่ยว
7	C300	กรุงเทพฯ	04:20:00	เชียงใหม่	11:50:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
8	C300	กรุงเทพฯ	08:45:00	รังสิต	09:30:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
9	C300	รังสิต	10:45:00	กรุงเทพฯ	11:41:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
10	C301	เชียงใหม่	12:45:00	กรุงเทพฯ	20:30:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
11	C300	กรุงเทพฯ	20:10:00	รังสิต	21:05:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวไป
12	C300	รังสิต	21:44:00	กรุงเทพฯ	22:10:00	08/04/2018	08/04/2018	เที่ยวกลับ
13	C301	กรุงเทพฯ	04:20:00	เชียงใหม่	11:50:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวไป
14	C300	กรุงเทพฯ	08:45:00	รังสิต	09:30:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวไป
15	C300	รังสิต	10:45:00	กรุงเทพฯ	11:41:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวกลับ
16	C301	เชียงใหม่	12:45:00	กรุงเทพฯ	20:30:00	09/04/2018	09/04/2018	เที่ยวกลับ

รูปที่ ง.11 โปรแกรม EMU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้