

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ

EMU UTILIZATION SYSTEM



วิภาดา	จิริศิริเลิศ
WIPHADA	JIRASIRILERD
วีริศ	ปัทมพันธุ์สกุล
WERIS	PATTAMAPANSAKUL
สุภาภรณ์	ไชยสิทธิ์
SUPAPORN	CHAIYASITH

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ

EMU UTILIZATION SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU UTILIZATION SYSTEM




WIPHADA JIRASIRILERD
WERIS PATTAMAPANSAKUL
SUPAPORN CHAIYASITH

THESIS 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 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ
Thesis Title	EMU UTILIZATION SYSTEM
ชื่อนักศึกษา	นางสาววิภาดา จิรศิริเลิศ นายวีริศ ปัทมพันธุ์สกุล นางสาวสุภาภรณ์ ไชยสิทธิ์
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา	2559



(.....)

ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ		
Thesis Title	EMU UTILIZATION SYSTEM		
ชื่อนักศึกษา	นางสาววิภาดา จิรศิริเลิศ	รหัสนักศึกษา	56011133
	นายวีริศ ปัทมพันธุ์สกุล	รหัสนักศึกษา	56011165
	นางสาวสุภาภรณ์ ไชยสิทธิ์	รหัสนักศึกษา	56011359
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2559		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนจัดการการหมุนเวียนขบวนรถและวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ 2 ลักษณะ คือ ระบบสามารถรับข้อมูลแผนการจัดการและซ่อมบำรุงจากผู้ใช้โดยตรง (Manual Mode) และระบบสามารถสร้างแผนการใช้งานขบวนรถให้เป็นไปตามตารางการเดินรถได้โดยอัตโนมัติ (Automatic Mode) เพื่อจัดสรรขบวนรถที่เหมาะสมในการให้บริการ โดยแผนการซ่อมบำรุงที่สร้างขึ้นจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและไม่ส่งผลกระทบต่อตารางการเดินรถไฟ

Thesis Title	EMU UTILIZATION SYSTEM		
Student	Miss Wiphada Jirasirilerd	Student ID.	56011133
	Mr. Weris Pattamapansakul	Student ID.	56011165
	Miss Supaporn Chaiyasith	Student ID.	56011359
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Department	Computer Engineering		
Academic Year	2016		
Thesis Advisor	Asst.Prof. Mayuree Lertwatechakul		

ABSTRACT

This thesis is EMU Utilization System which was created for making plan the maintenance schedule and manipulating the rolling stock circulation effectively.

The application could be worked in 2 difference modes: Manual mode and Automatic mode. In the manual mode, a user creates a utilization plan and a maintenance plan by himself. In automatic mode, the system generates a utilization plan and a maintenance plan by considering train timetable and the location of depots automatically. The generated maintenance plan will be compiled to the train service security requirement whereas it should not affect to train timetable.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาและข้อผิดพลาดตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณเพื่อลงกรรม วิจิตรธนสาร (พี่บอย) ที่ได้ให้ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างส่วนประกอบของชุดรถไฟ การจัดการและการซ่อมบำรุงของขบวนรถไฟ รวมไปถึงให้ข้อชี้แนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้อย่างยิ่ง คือ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจ เปิดโอกาสและให้การสนับสนุนผู้จัดทำในทุกๆ เรื่อง ตั้งแต่เริ่มการศึกษามาจนสำเร็จ การศึกษาและขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้จัดทำในทุกๆ ด้าน ระหว่างการจัดทำปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้นั้นปริญญาานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิภาดา จิรศิริเลิศ

วีริศ ปัทมพันธ์สกุล

สุภาภรณ์ ไชยสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ.....	1
1.3 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานตลอดปีการศึกษา.....	3
1.4.1 แผนผังหรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงการ.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1.1 Efficient Circulation of Railway Rolling Stock	5
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.....	21
2.2.1 เว็บแอปพลิเคชัน.....	21
2.2.2 HTML.....	23
2.2.3 CSS.....	25
2.2.4 JavaScript.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 PHP.....	28
2.2.6 Laravel Framework.....	30
2.2.7 SQL.....	31
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน.....	32
3.1 ความต้องการของระบบ.....	32
3.2 การออกแบบโครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน.....	32
3.2.1 ลักษณะของเว็บแอปพลิเคชัน.....	32
3.2.2 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน.....	45
3.3 การออกแบบฐานข้อมูล.....	45
3.4 การออกแบบระบบของเว็บแอปพลิเคชัน.....	47
3.4.1 ระบบการใช้ชุดรถไฟ.....	47
3.4.2 ระบบการเข้าซ่อม.....	49
3.4.3 ระบบจัดการชุดรถไฟ.....	52
3.4.4 ระบบจัดการตู้รถไฟ.....	55
3.4.5 ระบบจัดการอะไหล่.....	56
3.4.6 ระบบจัดการศูนย์ซ่อมบำรุง.....	59
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	62
4.1 ระบบการใช้ชุดรถไฟ.....	62
4.1.1 ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ.....	62
4.1.2 ระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ.....	63
4.2 ระบบการเข้าซ่อม.....	64
4.2.1 ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม.....	64
4.2.2 ระบบจัดการการเข้าซ่อม.....	64
4.3 ระบบจัดการชุดรถไฟ.....	65
4.4 ระบบจัดการตู้รถไฟ.....	66
4.5 ระบบจัดการอะไหล่.....	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6 ระบบจัดการศูนย์ซ่อม.....	67
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน.....	68
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	68
5.2 ปัญหาและอุปสรรคการดำเนินงาน.....	68
5.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน.....	68
5.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้า.....	68
5.3 แนวทางในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต่อไป.....	69
บรรณานุกรม.....	70
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก Poster (และรูปผลงานถ้ามี).....	72
ภาคผนวก ข การติดตั้งโปรแกรม Docker.....	78
ภาคผนวก ค การติดตั้งโปรแกรม SourceTree.....	81
ภาคผนวก ง การติดตั้งโปรแกรม Git.....	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
ตารางที่ 1.2 ตารางเวลาขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการการใช้รถไฟ.....	34
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการแผนซ่อมบำรุง.....	35
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการชุดรถไฟ.....	36
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการศูนย์ซ่อม.....	37
ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียด Use Case Timetable.....	38
ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบสร้างแผนการใช้รถไฟ.....	39
ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบสร้างแผนการซ่อมบำรุง.....	40
ตารางที่ 3.8 แสดงรายละเอียด Use Case ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการใช้ชุดรถไฟ.....	41
ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียด Use Case ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการซ่อมบำรุง.....	42
ตารางที่ 3.10 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการตู้รถไฟ.....	43
ตารางที่ 3.11 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการอะไหล่.....	44

สารบัญรูป

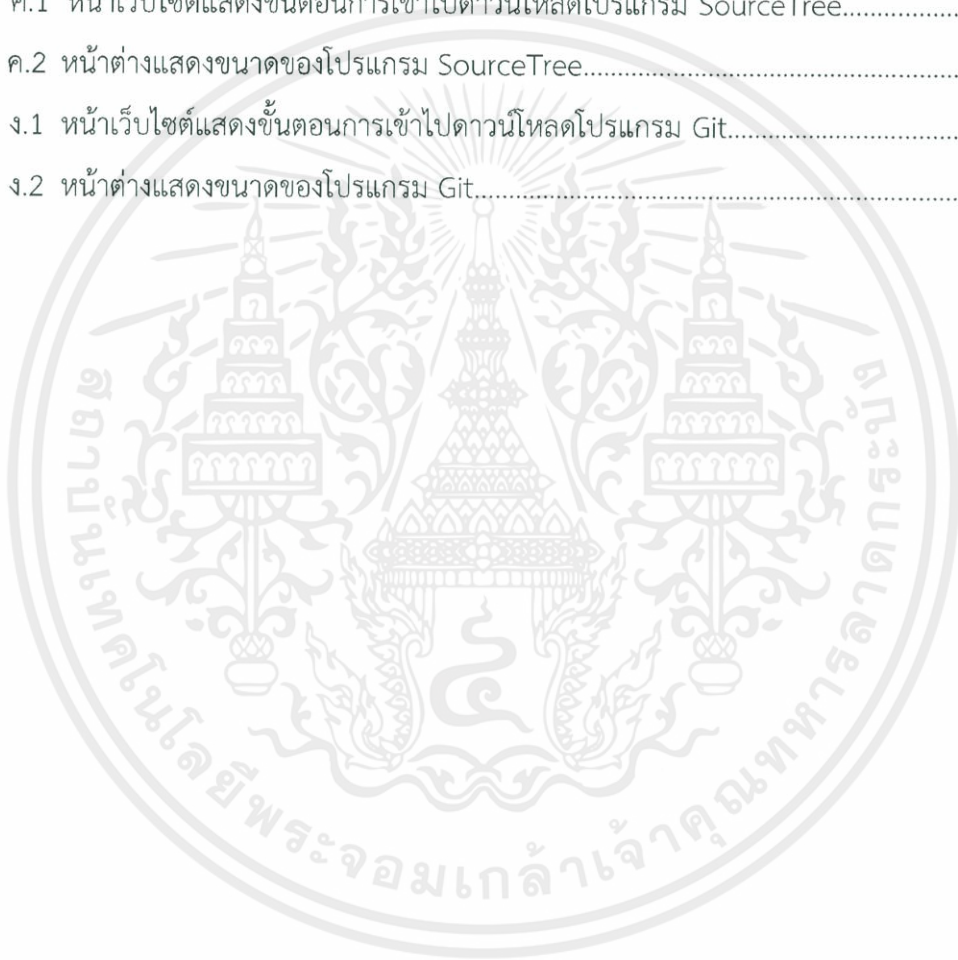
	หน้า
รูปที่ 2.1 Train unit ชั้นเดียวที่มี 3 ตู้โดยสาร และตู้โดยสารเดี่ยว.....	6
รูปที่ 2.2 Flow graph สำหรับเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000.....	9
รูปที่ 2.3 Transition graph ของรถไฟ 1 ขบวนที่วิ่งบนเส้นทางเดินรถไฟสาย 3000.....	12
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของ Web Application.....	22
รูปที่ 2.5 หน้าจอแสดงตัวอย่าง CODE ภาษา HTML.....	23
รูปที่ 2.6 หน้าจอแสดงผลพัชที่หน้าจอแสดงผล.....	25
รูปที่ 2.7 แสดงหน้าจอหลักการทำงานของ PHP.....	28
รูปที่ 2.8 โลโก้ของ Laravel Framework.....	30
รูปที่ 3.1 Use Case Diagram EMU Utilization System (Manual Mode).....	33
รูปที่ 3.2 Use Case Diagram EMU Utilization System (Automatic Mode).....	33
รูปที่ 3.3 ORM Diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในระบบ.....	46
รูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนใช้ขุดรถไฟ MANUAL MODE.....	47
รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนใช้ขุดรถไฟ AUTOMATIC MODE.....	48
รูปที่ 3.6 Sequence Diagram ของระบบจัดการการใช้ขุดรถไฟ.....	49
รูปที่ 3.7 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนเข้าซ่อม AUTOMATIC MODE.....	50
รูปที่ 3.8 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนเข้าซ่อม MANUAL MODE.....	50
รูปที่ 3.9 Sequence Diagram ของการเพิ่มใบเข้าซ่อม.....	51
รูปที่ 3.10 Sequence Diagram ของการแก้ไขใบเข้าซ่อม.....	52
รูปที่ 3.11 Sequence Diagram ของการเพิ่มขุดรถไฟ.....	53
รูปที่ 3.12 Sequence Diagram ของการแก้ไขขุดรถไฟ.....	54
รูปที่ 3.13 Sequence Diagram ของการลบขุดรถไฟ.....	54
รูปที่ 3.14 Sequence Diagram ของการเพิ่มตู้รถไฟ.....	55
รูปที่ 3.15 Sequence Diagram ของการแก้ไขตู้รถไฟ.....	56
รูปที่ 3.16 Sequence Diagram ของการเพิ่มอะไหล่.....	57

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.17 Sequence Diagram ของการแก้ไขอะไหล่.....	58
รูปที่ 3.18 Sequence Diagram ของการลบอะไหล่.....	58
รูปที่ 3.19 Sequence Diagram ของการเพิ่มศูนย์ซ่อม.....	59
รูปที่ 3.20 Sequence Diagram ของการแก้ไขศูนย์ซ่อม.....	60
รูปที่ 3.21 Sequence Diagram ของการลบศูนย์ซ่อม.....	61
รูปที่ 4.1 หน้าเมนู ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ.....	63
รูปที่ 4.2 หน้าเมนู ระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ.....	63
รูปที่ 4.3 หน้าเมนู ระบบจัดการแผนการเข้าซ่อม.....	64
รูปที่ 4.4 หน้าเมนู ระบบจัดการการเข้าซ่อม.....	65
รูปที่ 4.5 หน้าเมนู ระบบจัดการชุดรถไฟ.....	65
รูปที่ 4.6 หน้าเมนู ระบบจัดการตู้รถไฟ.....	66
รูปที่ 4.7 หน้าเมนู ระบบจัดการอะไหล่.....	67
รูปที่ 4.8 หน้าเมนู ระบบจัดการศูนย์ซ่อม.....	67
รูปที่ ก.1 Poster EMU Utilization.....	73
รูปที่ ก.2 หน้าเว็บระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ.....	74
รูปที่ ก.3 หน้าเว็บระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ.....	74
รูปที่ ก.4 หน้าเว็บระบบจัดการแผนเข้าซ่อม.....	75
รูปที่ ก.5 หน้าเว็บระบบจัดการการเข้าซ่อม.....	75
รูปที่ ก.6 หน้าเว็บการตรวจสอบสภาพอะไหล่.....	76
รูปที่ ก.7 หน้าเว็บระบบจัดการชุดรถไฟ.....	76
รูปที่ ก.8 หน้าเว็บระบบจัดการอะไหล่.....	77
รูปที่ ก.9 หน้าเว็บระบบจัดการศูนย์ซ่อม.....	77

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.1 หน้าเว็บแสดงขั้นตอนการเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม Docker.....	79
รูปที่ ข.2 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม Docker.....	80
รูปที่ ค.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม SourceTree.....	82
รูปที่ ค.2 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม SourceTree.....	83
รูปที่ ง.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม Git.....	85
รูปที่ ง.2 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม Git.....	86



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในการนำขบวนรถออกให้บริการในแต่ละวันย่อมทำให้เกิดความเสื่อมสภาพต่อตัวขบวนรถ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งผู้ให้บริการการเดินทางจำเป็นต้องให้ความสำคัญและดูแลในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก เนื่องจากการเสื่อมสภาพของขบวนรถเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการให้บริการ โดยการเสื่อมสภาพของแต่ละชิ้นส่วนมีลักษณะแตกต่างกันไป ชิ้นส่วนบางอย่างมีค่าความเสื่อมสภาพที่แปรผันกับระยะทางที่รถวิ่ง ในขณะที่อีกชิ้นส่วนมีค่าความเสื่อมสภาพที่แปรผันตามระยะเวลาการใช้งานหรือบางชิ้นส่วนอาจจะต้องพิจารณาการวางแผนซ่อมบำรุง โดยต้องมีการคำนึงถึงระยะเวลาการใช้งานและระยะทางการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการพิจารณาวางแผนการซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับแผนการใช้งานขบวนรถ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการวางแผนการใช้งานขบวนรถและวางแผนการซ่อมบำรุงขบวนรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดเวลาและสะดวกในการจัดสรรขบวนรถ โดยสามารถรองรับการบริหารจัดการขบวนรถในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินได้และสอดคล้องกับการจัดตารางการเดินทางไฟได้อย่างเหมาะสม

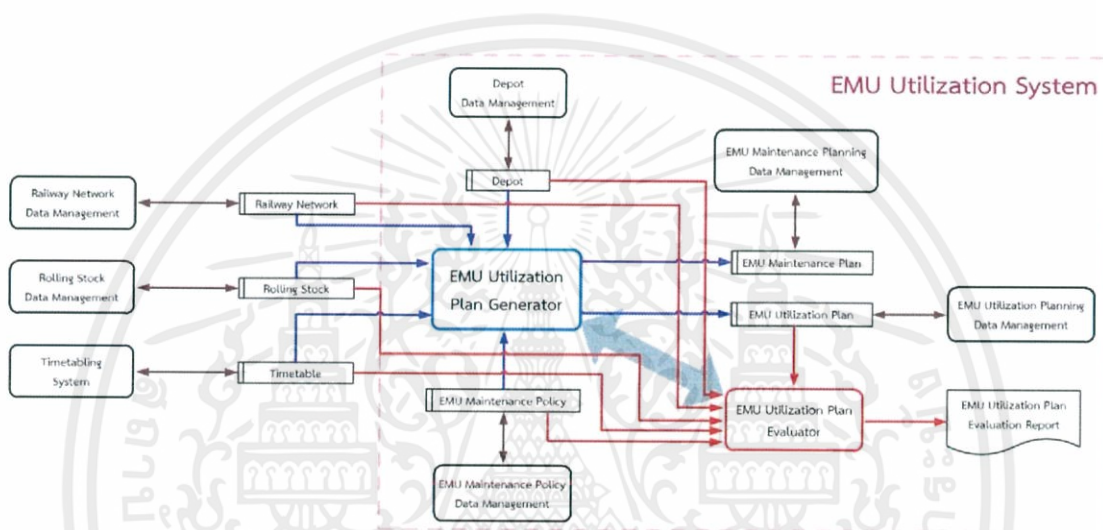
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) สามารถจัดการกับการหมุนเวียนขบวนรถได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยมากที่สุด อีกทั้งระบบยังสามารถประมวลผลวางแผนซ่อมบำรุงสำหรับแต่ละขบวนรถ จัดสร้างตารางการซ่อมบำรุงของขบวนรถได้อย่างเหมาะสม โดยเมื่อถึงเวลาขบวนรถจะต้องทำการซ่อมบำรุง ซึ่งการวางแผนการซ่อมบำรุงสำหรับรถแต่ละขบวนจะต้องสามารถผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันได้ เพื่อที่จะได้จัดการขบวนรถที่มีอยู่ให้เพียงพอต่อการจัดสรรตารางการเดินทางในวันถัดไปและเพื่อให้มีการวางแผนสำหรับการเก็บขบวนรถสำรองไว้ให้สามารถนำมาใช้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินกับขบวนรถที่วิ่งอยู่และไม่สามารถแก้ไขให้สามารถกลับมาทำงานได้ทันเวลา

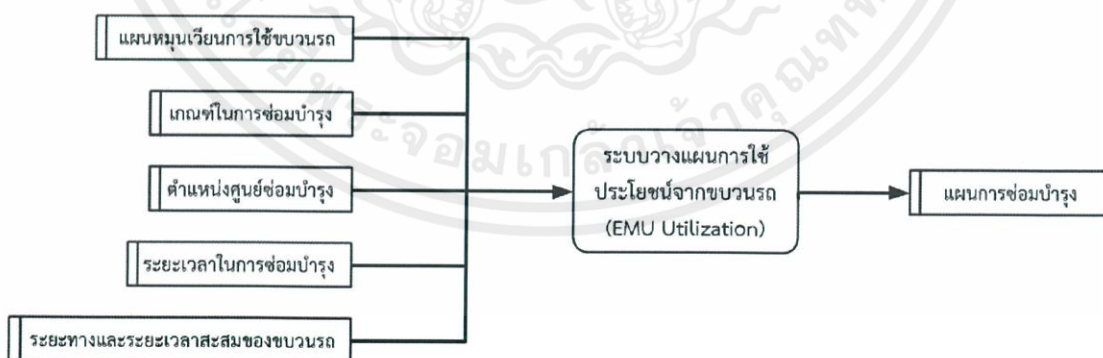
1.3 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงการ

โครงสร้างการทำงานโดยรวมของระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) จะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

- 1.) การวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถ (Rolling Stock Circulation)
- 2.) การวางแผนการซ่อมบำรุง (EMU Maintenance Plan System)
- 3.) การจัดการในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน



รูปที่ 1.1 ภาพรวมของระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System)



รูปที่ 1.2 INPUT และ OUTPUT ของโมดูลแผนการซ่อมบำรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานตลอดปีการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการจะแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน โดยมีระยะเวลาครอบคลุมทั้ง Project I และ Project II (นับตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2559 ไปจนถึง 6 พฤษภาคม 2560) จะแบ่งระยะการดำเนินงานได้เป็นตามตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	Project I	Project II
สำรวจข้อมูล	X	
วิเคราะห์และแก้ไขปัญหา	X	
ออกแบบ	X	
พัฒนา		X
ปรับปรุงและแก้ไข		X
จัดทำเอกสาร		X

1.4.1 แผนผังหรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงการ

ตารางที่ 1.2 ตารางเวลาขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ส.ค. 2559		ก.ย. 2559		ต.ค. 2559		พ.ย. 2559		ธ.ค. 2559		ม.ค. 2560		ก.พ. 2560		มี.ค. 2560		เม.ย. 2560		พ.ค. 2560	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	สำรวจข้อมูล	■	■																	
วิเคราะห์และ แก้ไขปัญหา			■	■	■	■														
ออกแบบ					■	■	■	■												
พัฒนา									■	■	■	■								
ปรับปรุง และแก้ไข													■	■	■	■				
จัดทำเอกสาร																	■	■	■	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

- ระบบสามารถจัดการและวางแผนการใช้งานขบวนรถได้อย่างมีคุณภาพ
- ระบบสามารถจัดการวางแผนการหมุนเวียนรถและจัดการกับขบวนรถในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากที่สุด
- ระบบสามารถประมวลผลวางแผนตารางการซ่อมบำรุงขบวนรถได้อย่างเหมาะสม
- ระบบสามารถจัดสรรขบวนรถให้กับตารางเวลาการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ โดยทางผู้พัฒนา จำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจ แนวคิดและข้อจำกัดต่างๆ รวมถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละเทคโนโลยีที่นำมาใช้ เพื่อที่จะสามารถนำมาออกแบบและวิเคราะห์ระบบได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีดังต่อไปนี้

2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Efficient Circulation of Railway Rolling Stock [1]

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

2.1.1.1 ปัญหาที่เกิดจากการวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถ

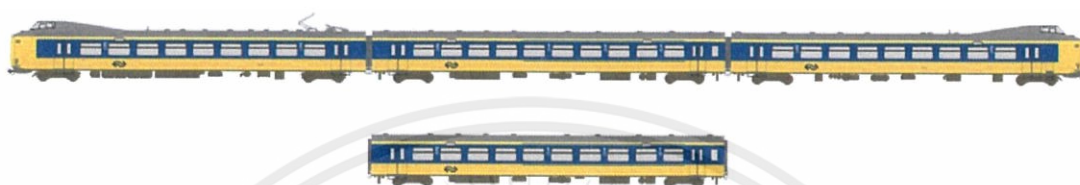
ผู้เขียนได้พูดถึงปัญหาที่เกิดจากการวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 หัวข้อหลักๆ ได้ดังนี้

1.) ปัญหาการจัดสรร Train Unit ของขบวนรถไฟ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



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 ดังนั้นไม่เพียงแค่อุปกรณ์ในเรื่องของ train units หลากๆ ชุดในรถไฟแต่ละขบวนเท่านั้น แต่ยังคงพิจารณาในเรื่องของลำดับของ train units ในรถไฟอีกด้วย

การเรียงลำดับ train units ในรถไฟหนึ่งขบวนจะเรียกว่า “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 เนื่องจากถอดออกจากท้ายของ

ขบวนจะเหลือ composition เป็น “44” แต่ถ้าหากจะถอด train unit ประเภท “3” ออกจาก composition “434” อาจต้องใช้เวลาและมีความยุ่งยากกว่า เพราะต้องถอด train unit ประเภท “4” ออกก่อนแล้วถึงจะถอด train unit ประเภท “3” ออกได้ แต่อาจส่งผลให้เกิดปัญหาในการรองรับจำนวนผู้โดยสาร เนื่องจากมีที่นั่งไม่เพียงพอกับขบวนรถไฟ จึงต้องทำการสับเปลี่ยน train units ให้ดี ดังนั้นการมี train units หลากๆ ชุดและประเภทของ train units แตกต่างกันจึงทำให้มีความยุ่งยากในกระบวนการวางแผนและการดำเนินการหลายๆ อย่างในแต่ละวัน อย่างไรก็ตาม จำนวนผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้นต่อรถไฟหนึ่งขบวน จะต้องทำการคำนวณความต้องการจำนวนผู้โดยสารที่จะขึ้นรถไฟและจัดเตรียมจำนวนที่นั่งให้รองรับผู้โดยสารได้เพียงพอ

2.) ปัญหาอื่นๆ

ปัญหาหลักๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการหมุนเวียนขบวนรถไฟส่วนใหญ่เป็นเรื่องของต้นทุนคงที่ (fixed cost) ซึ่งมีตัวแปรดังนี้

- แหล่งพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟ (Power Supply)
- การดูแลรักษาขบวนรถไฟ (Maintenance): ตรวจสอบระยะทางของรถไฟแต่ละขบวนว่ามีระยะทางเกินมาตรฐานหรือไม่ หากเกินขบวนรถไฟนั้นจะต้องเข้าศูนย์บำรุงรถไฟต่อไป (ในประเทศเนเธอร์แลนด์ การเดินทางไปศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อตรวจสอบสภาพ จะต้องผ่านขั้นตอนมากมาย จึงไม่นำมาคิดในการวางแผนการหมุนเวียนขบวนรถไฟ)
- เจ้าหน้าที่การรถไฟ (Operator): จะต้องมีคนขับรถและนายสถานีอย่างน้อย 1 คน แต่ถ้าความยาวของรถไฟเกินกว่ารถไฟปกติก็จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนนายสถานี เพื่อเพิ่มการรักษาความปลอดภัย
- ค่าใช้จ่ายของต้นทุน (Acquisition) และความสัมพันธ์

2.1.1.2 Model Formulation

ในหัวข้อนี้ผู้เขียนได้อธิบายถึงโมเดลที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาการหมุนเวียนของขบวนรถไฟที่วิ่ง เพื่อให้บริการรับ – ส่งผู้โดยสารตามสถานีต่างๆ

- คำอธิบายและสัญลักษณ์

สมมติให้มีเส้นทางเดินรถไฟหนึ่งสายที่เชื่อมต่อระหว่าง 2 สถานี (สถานีต้นทางกับสถานีปลายทาง) ซึ่งเป็นเส้นทางเดินรถไฟที่วิ่งอยู่เป็นประจำโดยใช้ตารางการเดินรถไฟที่แสดงเวลาทั้งขาไป-ขากลับมาร่วมสร้างโมเดลด้วย ส่วนจำนวนรถไฟที่วิ่งบนเส้นทางนี้ก็ขึ้นอยู่กับเวลาและความถี่ในการหมุนเวียนรอบขบวนรถไฟที่วิ่ง สมมติให้รถไฟทั้งหมดที่วิ่งอยู่นั้นอาจจะมีชุดของ train units ที่แตกต่างกันในแต่ละขบวน ส่วนปัญหาในการสร้างโมเดลคือ การแปรผันของค่า multi-commodity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

flow โดยเฉพาะเรื่อง ordered multi-commodity flow ดังนั้นการเรียงลำดับของ train units ใน ขบวนรถไฟจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างมาก โดยตัวแปรที่นำมาใช้ในการแทนสมการของโมเดล มีดังนี้

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

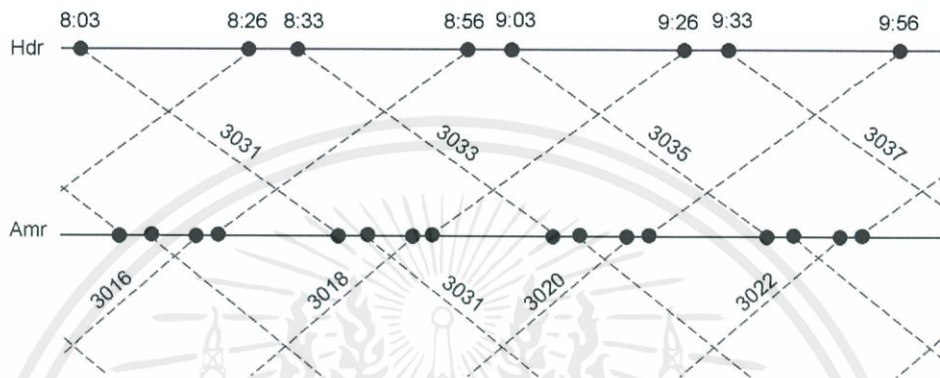
2.1.1.3 Model 1: Neglecting the compositions

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้

- โหนด แสดงสถานีที่รถไฟมาถึงหรือสถานีที่รถไฟออกจากสถานี
- เส้นประ แสดงการวิ่งของขบวนรถไฟที่ ซึ่งเป็นคนละสถานี
- เส้นทึบ แสดงการวิ่งของขบวนรถไฟ ซึ่งเป็นสถานีเดียวกัน
- แกนตั้ง แสดงชื่อของสถานีต่างๆ



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 ก็ให้นำ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

จากสมการที่ 2.1 จำนวน train units ที่ต้องการทั้งหมดของแต่ละประเภทเท่ากับ จำนวนtrain 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 ของรถไฟแต่ละเที่ยวนั้น เป็นไปตามความพึงพอใจของผู้โดยสารนั่นเอง

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

- การใช้เหตุผลโดยใช้อสมการ (Valid Inequalities)

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายถึงกฎเกณฑ์ในสมการที่ 2.3 ซึ่งพูดถึงความยาวของตัวขบวนรถไฟที่ยาวที่สุดและสมการที่ 2.4 ก็พูดถึงความต้องการของที่นั่งตามความพึงพอใจของผู้โดยสาร จึงนำการใช้เหตุผลโดยใช้อสมการมาแสดงให้ดู 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 224 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 Model 2: Taking into account the compositions

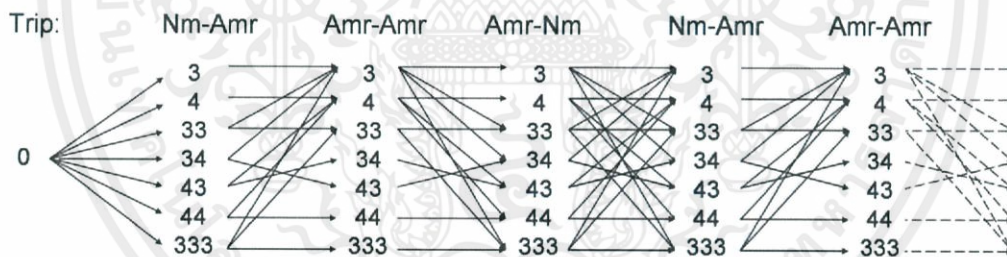
โมเดลนี้จะคำนึงถึง compositions ของรถไฟ โดยนิยามตัวแปรที่จำเป็นต้องใช้ในการแทนสมการของ Model 2 มีดังนี้

- 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 $U_{t \in T_\tau} \cup_{k \in K_t} A_{t,k}$ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ 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
จะถูกเลือก

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

จากสมการที่ 2.20 Composition ที่ถูกเลือกไว้จากสมการ 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”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 หลักการในการแก้ปัญหา

วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ได้ข้อสรุปตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 1.) แก้ไขปัญหาด้วย Model 1 (เนื่องจากมีขอบเขตที่ต่ำกว่าการใช้ Model 2)
- 2.) ลด Transition Graph ไปเรื่อยๆ โดยใช้วิธี
 - การตัดโหนดออก
 - การตัดเส้นทางที่ไม่มีการเชื่อมต่อออก

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

ในขั้นตอนแรกการแก้ไขปัญหาคือด้วย Model 1 โดยให้มีขอบเขตต่ำซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ยังไม่ดีพอ จึงได้นำมาตรวจสอบในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 หลังจากที่มีการแก้ปัญหาด้วย Model 1 ถ้าผลที่ได้ยังอยู่ในการแก้ปัญหาด้วย Model 2 และค่าที่ได้ยังเหมือนกับค่า Objective Function L (ก็จะต้องทำต่อไปเรื่อยๆ 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 ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ในการพิสูจน์ทั่วไป อย่างไรก็ตามถ้ากำหนดจำนวนรถไฟ จำนวนสถานีรถไฟ จำนวน train unit แต่ละประเภท และความยาวสูงสุดของรถไฟไว้ตายตัวแล้ว การหมุนเวียนของขบวนรถไฟก็จะสามารถหาเวลาที่ต้องใช้อย่างเหมาะสมกับจำนวนเที่ยวของรถไฟที่ต้องวิ่ง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

จากงานวิจัยเราสนใจปัญหาที่เกิดขึ้นจากแผนการจัดรถไฟสำหรับทุกๆ 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 Reizigers 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 ส่วนเวลาดันทางและเวลาปลายทางของการให้บริการขบวนรถ จะต้องมีการกำหนดไว้ก่อนตารางการเดินรถที่เกี่ยวข้องกับเส้นทาง (ระยะว่ามากหรือน้อยเท่าใดเป็นช่วงเวลา 1 ชั่วโมง) ประเด็นสำคัญคือ ส่วนมากขบวนรถทุกๆ สาย จะมีการกำหนดขบวนรถสำรองที่ไว้ใช้แทนกันไว้ก่อนแล้วที่ปลายทาง ขบวนรถและขบวนรถสำรองจะทำหน้าที่เหมือนกัน โดยใช้เวลา 10 – 30 นาทีสำหรับการเพิ่มหรือถอด train unit ออกในด้านที่เหมาะสม ที่ต้องมีการใช้งานขบวนรถสำรองเพราะ NS Reizigers มีตารางการเดินรถไฟที่แน่นมาก มีการจัดเส้นทางเดินรถทุกๆ 30 หรือ 60 นาที นั้นทำให้ขบวนรถไม่สามารถจอดอยู่ในสถานีได้เป็นเวลานาน ยิ่งไปกว่านั้นแต่ละสถานียังมีพื้นที่สำหรับสับเปลี่ยนขบวนรถจำกัด เนื่องมาจากการจราจรที่หนาแน่น เพราะฉะนั้นการทดลองในบทความนี้ขบวนรถที่จะเข้ามาได้นั้นต้องรอให้ขบวนรถที่อยู่ในสถานีก่อนหน้าออกจากสถานีนั้นก่อน

ข้อกำหนดของขบวนรถไฟสำรอง คือ การสร้างระบบปิดให้กับเส้นทางเดินรถไฟนี้ เช่นตัวอย่างในบทความ Noord-Oost train line จะต้องติดต่อกับเส้นทางอื่นๆ ให้น้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อให้การวางแผนง่ายขึ้น ป้องกันการล่าช้าและปัญหาต่างๆ ไม่ให้ไปสู่เส้นทางระบบอื่น โดยส่วนใหญ่รถไฟทุกเส้นใน Noord-Oost จะสามารถแยกและรวมกันได้ในบางสถานี เช่น ขบวนรถสาย 1600 วิ่งจาก Enschede ไป Amersfoort แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยที่ส่วนหน้าจะไปต่อที่ Amsterdam ขณะที่ส่วนหลังจะไป Schiphol ในทางกลับกันรถไฟที่มาจาก Schiphol ก็จะเป็นส่วนหน้าแล้วจะมารวมกับรถไฟที่มาจาก Amsterdam เพื่อวิ่งกลับไป Enschede

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตอนต้นของ Planning phase น้อยมากที่เราจะรู้เกี่ยวกับโอกาสในการสับเปลี่ยนขบวนรถ เว้นแต่ในกรณีขบวนรถที่เข้ามานั้นออกไปก่อนที่จะมีขบวนใหม่เข้ามา ทำให้รถไฟไม่พบกัน ดังนั้นเราจะสมมุติให้บริเวณสับเปลี่ยนรถไฟ สามารถรองรับได้ทุกๆ สถานการณ์และสามารถปรับเปลี่ยนได้หากเกิดปัญหาต่างๆ สิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาที่ซับซ้อนในการจัดการขบวนรถคือการซ่อมบำรุง โดยที่การบำรุงรักษาจะเกิดขึ้นเพราะจะอยู่ในช่วง Operation phase

การสร้างตารางเวลาของขบวนรถที่เหมาะสมนั้น คือการหาความสมดุลระหว่างวัตถุประสงค์หลายๆ วัตถุประสงค์ เช่น

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

ตัวแปรของปัญหาประกอบด้วย จำนวนโดยประมาณของผู้โดยสารชั้นหนึ่งและชั้นสอง สำหรับทุกตารางการเดินรถ คุณภาพที่ดีในการบริการที่ผู้โดยสารทุกคนควรที่จะได้รับ โดยเฉพาะผู้โดยสารชั้นหนึ่งที่จะต้องมือนั่งตลอดการเดินทาง หากเป็นชั่วโมงเร่งด่วนอาจจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าจำนวนที่นั่ง แต่ถ้าในเวลาปกติก็ควรจะมีที่นั่งให้พอกับผู้โดยสารทุกคน

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
$S_d(t)$	แทนสถานีเริ่มต้น
$S_a(t)$	แทนสถานีปลายทาง
$\tau_d(t)$	แทนเวลาเริ่มต้น
$\tau_a(t)$	แทนเวลาปลายทาง
T	แทนเซตของ trip t
P_t	แทนเซตของ composition ที่อยู่ใน trip t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยประเด็นที่จะต้องนำมาพิจารณามี

- 1.) ความจุของรถไฟควรจะเป็นเพียงพอสําหรับการบริการ
- 2.) ความยาวของรถไฟไม่ควรเกินความยาวของขบวนขบวนตลอดทั้ง 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

$g(s)$ 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

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

จากสมการที่ 2.26 การันตีความถูกต้องของเส้นทางระหว่าง composition ที่วิ่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ 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

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

จากสมการที่ 2.30 จำนวนของ train unit ในแต่ละ station ตอนเริ่มวันใช้งาน

2.1.2.3 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาของการคำนวณการจัดการจัดสรรขบวนรถไฟ โดยมีเวลาออกจากสถานีต้นทาง เวลาถึงสถานีปลายทางและจำนวนผู้โดยสารที่คาดว่าจะทำการเพิ่มขบวนรถไฟไปตามตารางการเดินรถ ซึ่งพิจารณาจากหลายๆเกณฑ์ สอดคล้องกับการจัดการต้นทุน คุณภาพในการบริการ ความน่าเชื่อถือของระบบ โดยโมเดลนี้เป็นส่วนต่อเติมของโมเดลขบวนรถไฟ ใช้สำหรับหาจำนวน train unit ที่เชื่อมต่อกันในแต่ละเส้นทางรวมถึงจัดการ combining และ splitting

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

จากงานวิจัยนี้เราสนใจในเรื่องของการจัดขบวนรถไฟและกำหนดตารางการเดินรถให้กับรถแต่ละขบวนโดยที่จะต้องสามารถซ่อมบำรุงได้ตามแผนการซ่อมบำรุงและมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ 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 การซ่อมบำรุงก่อนที่จะตรวจพบ

ความผิดปกติ จะแบ่งออกเป็น

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

ซึ่งแต่ก่อนจะใช้เกณฑ์การวัดและการตรวจสอบเพื่อตรวจสอบสภาพของขบวนรถ แต่ภายหลังใช้เป็นการซ่อมบำรุงที่กำหนดตามช่วงเวลา

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

2.1.3.3 กระบวนการวางแผนการให้บริการรถไฟ

การวางแผนจะมีปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลสถิติการใช้บริการ ข้อมูลของทรัพยากร เช่น ข้อมูลของโครงข่ายทางขบวนรถและบุคลากร โดยกระบวนการวางแผนการให้บริการรถไฟจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

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

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 ตำแหน่งศูนย์ซ่อมบำรุง ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีขบวนรถอยู่ 10 ขบวน โดยกำหนดให้เป็นประเภทเดียวกันทั้งหมด จึงจำเป็นที่จะต้องสำรองขบวนรถ 2 ขบวน และจะเหลือใช้งาน 8 ขบวน ที่สามารถปล่อยให้นำออกมาวิ่งตามตารางเวลาเดินรถได้ และถ้าเกิดมีขบวนรถเสียขึ้น 1 - 2 ขบวน ก็จะมีขบวนรถสำรองที่สามารถเลือกไปใช้วิ่งแทนขบวนรถที่เสียขึ้นได้ แต่ถ้าขบวนรถที่เสียเกิดมีมากกว่าจำนวนขบวนรถที่สำรองไว้ จำเป็นต้องมีการปรับตารางเวลาการเดินทางเพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนขบวนรถที่เหลืออยู่ โดยระบบควบคุมและดูแลการเดินทางจะส่งข้อมูลเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดขึ้นกับขบวนรถ อาทิเช่น Train ID สาเหตุของการขัดข้อง และ ณ เวลานั้นขบวนรถนั้นจอดอยู่ที่ตำแหน่งใด เพื่อสามารถจัดให้ช่างซ่อมไปตรวจสอบและถ้าตรวจพบว่าไม่สามารถซ่อมได้หรือต้องใช้เวลาซ่อมมากจะต้องมีการนำขบวนรถนั้นออกจากเส้นทาง เพื่อจะได้สามารถนำขบวนรถสำรองเข้าไปวิ่งแทนที่เส้นทางนั้นๆ ได้

2.1.3.8 สรุปงานวิจัย [3]

โดยปกติการให้บริการรถไฟจำเป็นต้องมีการหมุนเวียนขบวนรถเพื่อที่จะรักษาสภาพของขบวนรถให้มีความพร้อมที่จะใช้งานได้อย่างมีคุณภาพและมีความปลอดภัยและมีการวางแผนการซ่อมบำรุงให้เหมาะสมกับขบวนรถโดยไม่ส่งผลกระทบต่อตารางการเดินทางและยังต้องมีการเก็บสำรองขบวนรถไว้ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินอีกด้วย

2.2 เครื่องมือพัฒนาแอปพลิเคชัน

2.2.1 เว็บแอปพลิเคชัน (Web application) [4]

เว็บแอปพลิเคชัน คือโปรแกรมประยุกต์ที่เข้าถึงด้วยโปรแกรมค้นดูเว็บ ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างอินเทอร์เน็ต เว็บแอปพลิเคชันเป็นที่นิยมเนื่องจากความสามารถในการอัปเดตและดูแล โดยไม่ต้องแจกจ่ายหรือติดตั้งซอฟต์แวร์บนเครื่องผู้ใช้ ตัวอย่างเว็บแอปพลิเคชันได้แก่ เว็บเมล, การประมูลออนไลน์, กระดานสนทนา, บล็อก, วิกี เป็นต้น

2.2.1.1 องค์ประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน

องค์ประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบไปด้วย

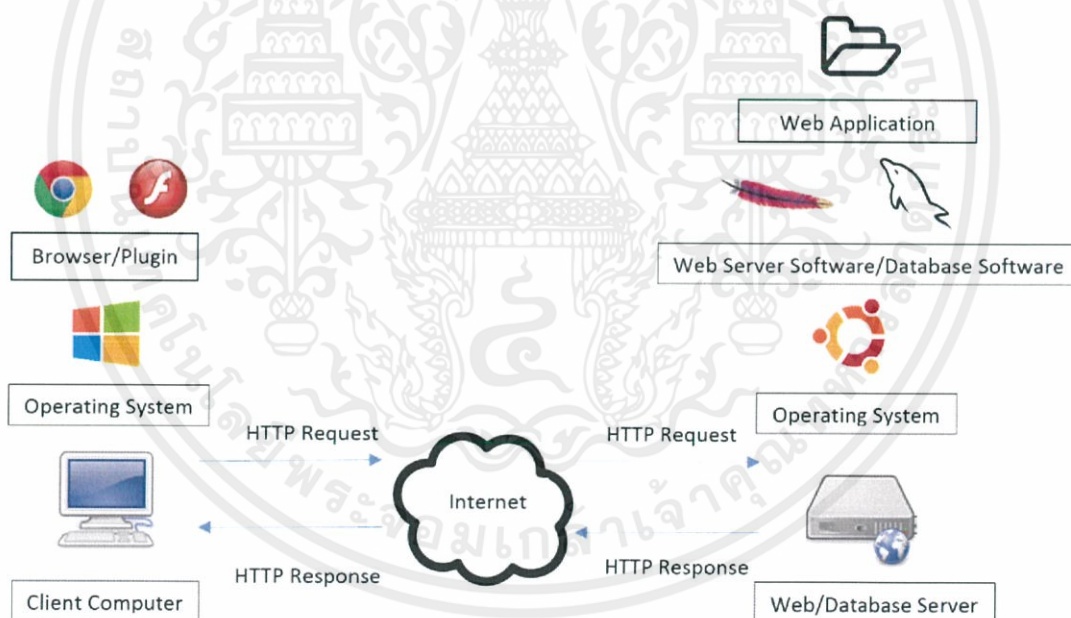
- 1.) เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้งานใช้เข้าถึงเว็บแอปพลิเคชัน
- 2.) เว็บแอปพลิเคชัน ถือว่าเป็นหัวใจหลักของเว็บไซต์ เนื่องจากทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน รับและแสดงข้อมูล ประมวลผลข้อมูล จัดการข้อมูลในฐานข้อมูล
- 3.) เว็บเซิร์ฟเวอร์ซอฟต์แวร์ (Web Server Software) โปรแกรมที่ทำงานบนเว็บเซิร์ฟเวอร์
- 4.) ฐานข้อมูล (Database server) เครื่องบริการข้อมูลที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 หลักการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานของเว็บแอปพลิเคชันนั้น โปรแกรมส่วนหนึ่งจะวางตัวอยู่บน Rendering Engine ซึ่ง Rendering Engine จะทำหน้าที่หลักๆ คือนำเอาชุดคำสั่งหรือรูปแบบโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล นำมาแสดงผลบนพื้นที่ส่วนหนึ่งในจอภาพ โปรแกรมส่วนที่วางตัวอยู่บน Rendering Engine จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงแก้ไขสิ่งที่แสดงผล จัดการตรวจสอบข้อมูลที่รับเข้ามา เบื้องต้นและการประมวลผลบางส่วน แต่ส่วนการทำงานหลักๆ จะวางตัวอยู่บนเซิร์ฟเวอร์

ในลักษณะแอปพลิเคชันแบบเบื่องต้น ฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะประกอบไปด้วยเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับไคลเอนต์ตามโปรโตคอล HTTP/HTTPS โดยนอกจากจะทำหน้าที่ส่งไฟล์ที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการแสดงผลตามมาตรฐาน HTTP ตามปกติทั่วไปแล้ว เว็บเซิร์ฟเวอร์จะมีส่วนประมวลผลซึ่งอาจจะเป็นตัวแปลภาษา เช่น Script Engine ของภาษา PHP หรืออาจจะมีการติดตั้ง .NET Framework ซึ่งมีส่วนแปลภาษา CLR (Common Language Runtime) ที่ใช้แปลภาษา intermediate จากโค้ดที่เขียนด้วย VB.NET หรือ C#.NET หรืออาจจะเป็น J2EE ที่มีส่วนแปลไบต์โค้ดของคลาสที่ได้จากโปรแกรมภาษาจาวา เป็นต้น



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

(อ้างอิงโดย <https://i0.wp.com/blog.wisered.com>)

2.2.2 HTML [5]

2.2.2.1 HTML คืออะไร

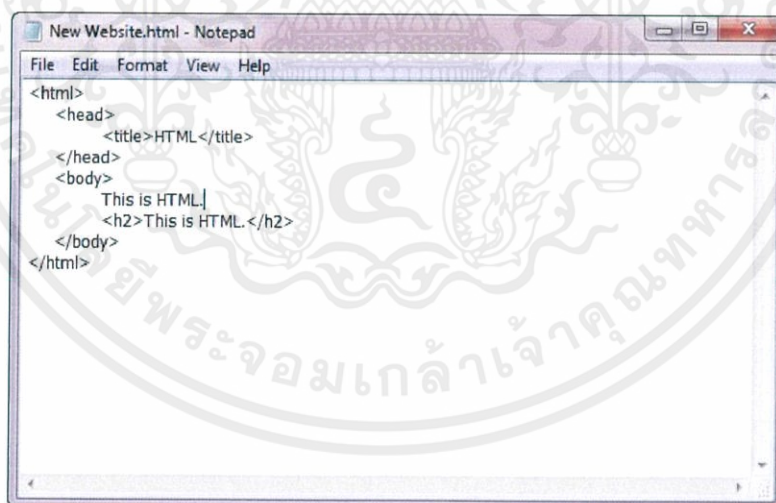
HTML คือ ภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้แท็ก (Tag) ในการกำหนดการแสดงผล HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language โดย

- Hypertext หมายถึง ข้อความที่เชื่อมต่อกันผ่านลิงก์
- (Hyperlink) Markup Language หมายถึงภาษาที่ใช้แท็กในการกำหนดการแสดงผลสิ่งต่างๆที่แสดงอยู่บนเว็บเพจ

ดังนั้น HTML จึงหมายถึงภาษาที่ใช้แท็กในการกำหนดการแสดงผลเว็บเพจที่ต่างกัน และเชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink

2.2.2.2 HTML ทำงานอย่างไร

HTML มีรูปแบบการทำงานง่ายๆ อ่านจากซ้ายไปขวา จากบนลงล่าง เมื่อเราพิมพ์ข้อความตัวอักษรธรรมดาลงไปแล้วทำการบันทึก พอเราเปิดไฟล์นั้นๆ มาดูผลลัพธ์ที่จะแสดงผลที่หน้าจอก็จะเป็นเหมือนตอนที่พิมพ์ข้อความตัวอักษรธรรมดาลงไป หากต้องการผลลัพธ์ที่แตกต่างต้องใช้แท็กในการควบคุมการแสดงผล



```

New Website.html - Notepad
File Edit Format View Help
<html>
  <head>
    <title>HTML</title>
  </head>
  <body>
    This is HTML!
    <h2>This is HTML.</h2>
  </body>
</html>
  
```

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่าง CODE ภาษา HTML

(อ้างอิงโดย <http://www.fusionidea.biz>)

2.2.2.3 ส่วนประกอบของภาษา HTML

ภาษา HTML มีโครงสร้างการเขียนที่อาศัยตัวกำกับ เรียกว่า แท็ก (Tag) ควบคุมการแสดงผลของข้อความ รูปภาพหรือวัตถุอื่นๆ ผ่านโปรแกรมเบราว์เซอร์

1.) แท็ก คือ ลักษณะเฉพาะของภาษา HTML ใช้ในการระบุรูปแบบคำสั่งหรือการลงรหัสคำสั่ง HTML ภายในเครื่องหมาย less-than bracket (<) และ greater-than bracket (>)

โดยที่แท็ก HTML แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

- แท็กเดี่ยว คือ แท็กที่ไม่ต้องมีการปิดรหัส เช่น <P>, <HR> เป็นต้น
- แท็กเปิด/ปิด คือ แท็กที่ประกอบด้วยแท็กเปิดและแท็กปิด โดยแท็กปิดจะมีเครื่องหมาย slash (/) นำหน้าคำสั่งใน Tag นั้นๆ เช่น ?, <P>?</P> เป็นต้น

ตัวอย่าง Tag

<html>...</html> เป็นส่วนประกาศที่กำหนดหัวและท้ายของเอกสาร เพื่อให้เบราว์เซอร์ทราบและแสดงผลได้ถูกต้อง

<head>...</head> เป็นส่วนหัวเรื่องของเอกสาร ภายในจะมีแท็ก

<title>...</title> ใช้สำหรับการกำหนดชื่อของเอกสาร

<body>...</body> เป็นส่วนที่มีรายละเอียดมากที่สุด จะบรรจุข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการให้แสดงบนหน้าเว็บไซต์ของเราทั้งข้อความหรือรูปภาพ

2.) Attributes คือส่วนขยายในแท็กใช้สำหรับจัดรูปแบบเพิ่มเติม เช่น ขนาด สี ระยะห่าง เป็นต้น โดยค่าของ attribute จะอยู่ในเครื่องหมาย "?" เช่น

<align="center"> ข้อความในพารากราฟนี้จัดวางอยู่กึ่งกลางหน้าจอ

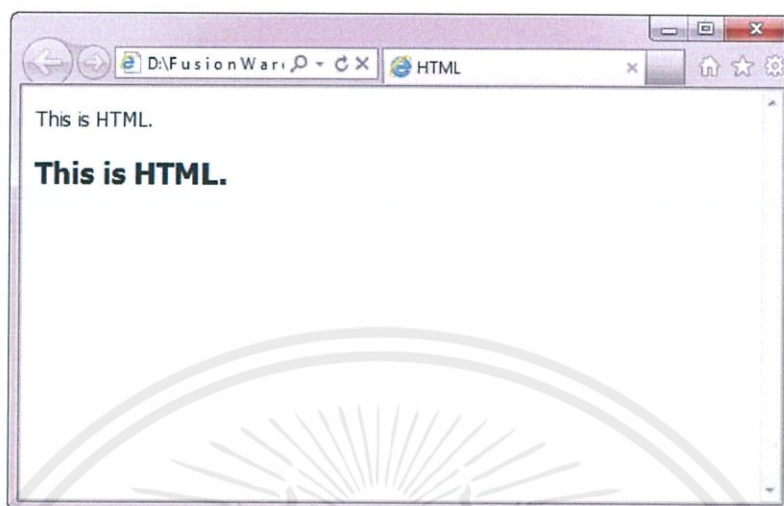
<width="200" color="red" noshade> ใช้สร้างเส้นคั่นยาว 200 pixel สีแดงทึบ

โดยคำสั่ง HTML แต่ละคำสั่ง จะมี Attribute แตกต่างกันไปและมีจำนวนไม่เท่ากัน การระบุ Attribute มากกว่า 1 Attribute ให้ใช้ช่องว่างเป็นตัวคั่น เช่น แท็กควบคุมเกี่ยวกับรูปภาพ มี Attributes ดังนี้

โดย SRC	เป็น Attribute ควบคุมชื่อไฟล์ภาพที่จะนำมาแสดงผล
WIDTH	เป็น Attribute ควบคุมความกว้างของภาพ
HEIGHT	เป็น Attribute ควบคุมความสูงของภาพ
ALT	เป็น Attribute ควบคุมคำอธิบายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BORDER เป็น Attribute ควบคุมขนาดของเส้นขอบของภาพ



รูปที่ 2.6 แสดงผลลัพธ์ที่หน้าจอแสดงผล

(อ้างอิงโดย <http://www.fusionidea.biz>)

ในการสร้างเว็บเพจโดยใช้ภาษา HTML เขียนนั้น สามารถใช้โปรแกรม Text Editor ต่างๆ เขียนได้ เช่น Note Pad, Word Pad หรือจะใช้โปรแกรมประเภท WYSIWYG (What You See Is What You Get) ที่เป็นเครื่องมือช่วยสร้างเว็บเพจซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างหน้า HTML เช่น Dream Weaver, Microsoft FrontPage เป็นต้น

2.2.3 CSS [6]

CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheets เป็นภาษาที่มีรูปแบบการเขียน Syntax ที่เฉพาะ และถูกกำหนดมาตรฐานโดย W3C (World Wide Web Consortium) เช่นเดียวกับ HTML และ XHTML ใช้สำหรับตกแต่งเอกสาร HTML/ XHTML ให้มีหน้าตา สี สัน ตัวอักษร เส้นขอบ พื้นหลัง ระยะห่าง ฯลฯ อย่างที่เราต้องการ ด้วยการกำหนดคุณสมบัติให้กับ Element ต่างๆ ของ HTML เช่น `<body>`, `<p>`, `<h1>` เป็นต้น

2.2.3.1 หลักการทำงานของ CSS

ในการทำงานของ CSS นั้นจะแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการเขียนแบบ Inline Style , Internal Style Sheet และ External Style Sheet ซึ่งการเขียนแต่ละรูปแบบนั้นจะแตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) CSS แบบ Inline Style

การเขียนแบบ Inline Style นั้น ถ้าจำเป็นเราควรหลีกเลี่ยงการเขียนในรูปแบบนี้ เพราะว่าการเขียนในรูปแบบนี้จะทำให้เราอ่าน Code และทำการแก้ไขเพิ่มเติมยากเพราะว่า Code CSS จะไปผสมอยู่ในส่วนของ HTML

2.) CSS แบบ Internal Style

การเขียนแบบ Internal Style วิธีนี้นั้นจะเหมาะกับกรณีที่เรามีเว็บเพจเพียงหน้าเดียวเท่านั้น เพราะว่าการเขียนในรูปแบบนี้จะฝั้การทำงานในการแสดงผลอยู่เพียงหน้าเดียวจึงไม่เหมาะกับการใช้งานกรณีที่เราต้องใช้ในการแสดงผลทุกหน้า

3.) CSS แบบ External Style

การเขียนแบบ External Style นั้นเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายเพราะว่าการใช้งานในรูปแบบนี้เราจะทำการปรับแต่งแก้ไขได้โดยง่าย เพราะการทำงานนั้นจะอยู่ในไฟล์เดียว ซึ่งการที่เราจะเอาไปใช้งานในหลายๆ หน้าเว็บเพจนั้นก็ง่ายด้วยเช่นกันเพียงเพิ่ม Code บรรทัดเดียว ซึ่งการทำงานในรูปแบบนี้เราจะต้องมี ไฟล์ 2 ประเภทนั่นก็คือไฟล์ CSS กับไฟล์ HTML

2.2.3.2 ประเภทของ Style CSS

1.) Class Style สามารถนำไปใช้ร่วมกับแท็กใดๆ ก็ได้ เพื่อให้แท็กนั้นมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้โดยจะไม่มีผลต่อแท็กเดียวกันที่อยู่ในส่วนอื่นๆ

2.) ID Style คุณสามารถใช้ร่วมกับ object ใดๆ ก็ได้ โดยจะต้องระบุชื่อ style ด้วย Attribute ID และจะต้องไม่มี object อื่นที่มีชื่อซ้ำกันอีกบนเว็บเพจนั้น ชื่อของสไตล์จะมีเครื่องหมาย # นำหน้า

3.) Tag Style เป็นการใช้คำสั่ง CSS เพื่อดัดแปลงคุณสมบัติของแท็ก HTML โดยตรง ซึ่งจะทำให้มีผลต่อทุกๆ องค์ประกอบบนเว็บเพจที่ใช้แท็กนี้ เช่น ถ้าต้องการให้ข้อความหัวข้อ 1 (Heading 1) เป็นสีแดงก็ดัดแปลงแท็ก <h1> ข้อความหัวข้อ 1 ทุกๆจุดบนเว็บเพจจะมีคุณสมบัติตามนี้ทันที

4.) Compound Style กรณีที่ต้องการดัดแปลงคุณสมบัติของแท็กบางชุดที่ใช้ร่วมกัน คุณก็ตั้งชื่อ style ให้ตรงกับชุดแท็กนั้น เช่น ถ้าจะให้ข้อความหัวข้อ 1 (แท็ก<h1>) ที่อยู่ในเซลล์ของตาราง (แท็ก<td>) มีคุณสมบัติเฉพาะ ก็สร้าง style ชื่อ td h1 แล้วกำหนดคุณสมบัติตามต้องการ ผลก็คือหัวข้อ 1 ที่อยู่ในตารางจะมีรูปแบบตามที่กำหนดและจะแตกต่างจากหัวข้อ 1 ที่อยู่นอกตาราง

2.2.3.2 ประโยชน์ของ CSS

- 1.) การใช้ CSS ในการจัดรูปแบบการแสดงผลและการตกแต่งเอกสารเว็บเพจ ช่วยลดการใช้ภาษา HTML เหลือเพียงส่วนเนื้อหาทำให้เข้าใจง่ายขึ้นและการแก้ไขเอกสารทำได้ง่ายและรวดเร็ว
- 2.) สามารถโหลดไฟล์ได้เร็ว เนื่องจากมีขนาดไฟล์ที่เล็กลง เพราะ code ภายในเอกสาร HTML ลดลง
- 3.) สามารถปรับปรุงหรือแก้ไขได้ง่าย เนื่องจากมีการกำหนดรูปแบบการแสดงผลจากคำสั่ง style sheet ชุดเดียวกัน ให้มีผลกับเอกสาร HTML ทั้งหน้าหรือทุกหน้าได้ไม่ต้องไล่ตามแก้ไข HTML แยกต่าง ๆ ทั่วทั้งเอกสาร
- 4.) สามารถควบคุมการแสดงผลที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันได้ในเว็บไซต์เบราว์เซอร์
- 5.) สามารถกำหนดการแสดงผลที่เป็นเนื้อหาเดียวกัน ในรูปแบบที่เหมาะสมกับสื่อชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการแสดงผลบนหน้าจอบนกระดาษเมื่อสั่งพิมพ์บนมือถือหรือบน PDA
- 6.) ทำให้เป็นเว็บไซต์ที่มีมาตรฐาน หากเราใช้ CSS กับเอกสาร HTML ของเราจะทำให้เข้ากับเว็บเบราว์เซอร์ในอนาคตได้ดี

2.2.4 JavaScript [7]

2.2.4.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ JavaScript

JavaScript เป็นภาษาที่เป็น Script ที่อยู่ในเว็บไซต์ (ใช้ร่วมกับ HTML) เพื่อให้เว็บไซต์ของเราดูมีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น ข้อดีของ JavaScript คือสามารถทำให้ผู้ใช้งานใช้เว็บไซต์ของเราได้ง่ายขึ้น รวมถึงดึงดูดความสนใจของผู้ใช้งานได้อีกด้วย ปัจจุบันนี้จัดเป็นมาตรฐานที่อยู่ใน W3C จึงมั่นใจได้ว่าทุกๆ เว็บเบราว์เซอร์รองรับการทำงานของ JavaScript แน่แน่นอน

2.2.4.2 ความสามารถของ JavaScript

- 1.) ทำให้สามารถใช้เขียนโปรแกรมแบบง่ายๆ ได้ โดยไม่ต้องพึ่งภาษาอื่น ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของการแสดงผล
- 2.) มีคำสั่งตอบสนองกับผู้ใช้งาน ทำให้เว็บไซต์มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานมากขึ้น
- 3.) สามารถเขียนหรือเปลี่ยนแปลง HTML Element ได้ คือสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแสดงผลของเว็บไซต์
- 4.) สามารถใช้ตรวจสอบข้อมูลได้ สังเกตว่าเมื่อเรารอกข้อมูลบางเว็บไซต์ เมื่อเรารอกข้อมูลผิดจะมีหน้าต่างฟ้องขึ้นมาว่าเรารอกผิด หรือลืมหอกอะไรบางอย่าง
- 5.) สามารถตรวจสอบผู้ใช้ได้ เช่น ตรวจสอบเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

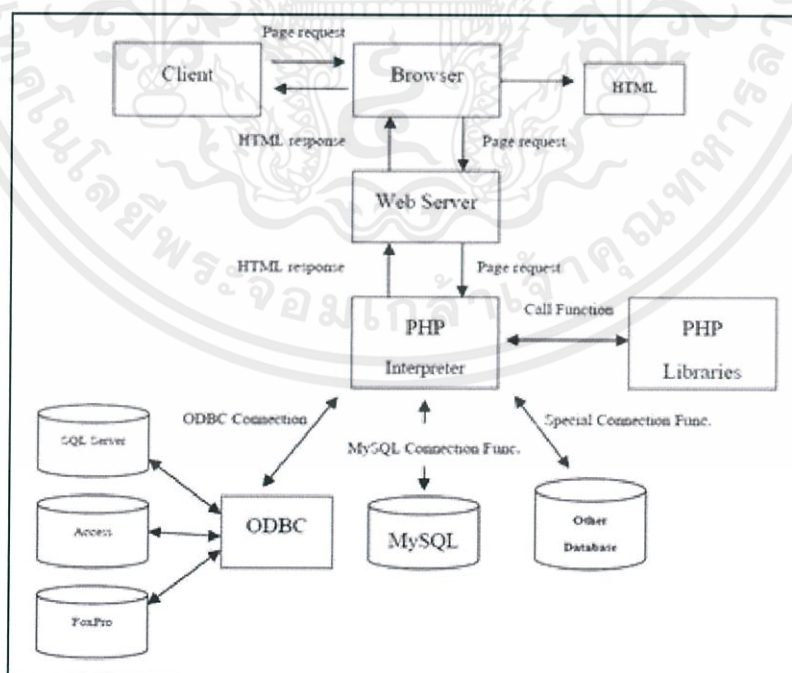
6.) สร้างคุกกี้เพื่อเก็บข้อมูลของผู้ใช้ในคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เองได้

2.2.5 PHP [8]

2.2.5.1 PHP คืออะไร

PHP ย่อมาจาก PHP Hypertext Preprocessor คือภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก scripting language ภาษาจำพวกนี้คำสั่งต่างๆจะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปลชุดคำสั่ง ตัวอย่างของภาษา script ก็เช่น JavaScript, Perl เป็นต้น ลักษณะของ PHP ที่แตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่นๆ คือ PHP ได้รับการพัฒนาและออกแบบมาเพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML โดยสามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นจึงกล่าวว่า PHP เป็นภาษาที่เรียกว่า server-side หรือ HTML-embedded scripting language นั่นคือในทุกๆ ครั้งก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งให้บริการเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งหน้าเว็บเพจที่เขียนด้วย PHP ให้เรามันจะทำการประมวลผลตามคำสั่งที่มีอยู่ให้เสร็จเสียก่อน แล้วจึงค่อยส่งผลลัพธ์ที่ได้ให้เรา ผลลัพธ์ที่ได้นั้นก็คือเว็บเพจที่เราเห็นนั่นเอง ถือได้ว่า PHP เป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ช่วยให้เราสามารถสร้าง Dynamic Web pages (เว็บเพจที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีลูกเล่นมากขึ้น

2.2.5.2 หลักการทำงานของ PHP



รูปที่ 2.7 แสดงหลักการทำงานของ PHP

(อ้างอิงโดย <http://1.bp.blogspot.com>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.) จาก Client จะเรียกไฟล์ php script ผ่านทางโปรแกรมเบราว์เซอร์
- 2.) เบราวเซอร์จะส่งคำร้อง (Request) ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 3.) เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์รับคำร้องขอจากเบราว์เซอร์แล้วก็จะนำ script php ที่เก็บอยู่ในเซิร์ฟเวอร์มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแปลภาษา PHP ที่เป็น Interpreter
- 4.) กรณีที่ php script มีการเรียกใช้ข้อมูลก็จะติดต่อกับฐานข้อมูลต่างๆผ่านทาง ODBC Connection ถ้าเป็นฐานข้อมูลกลุ่ม Microsoft SQL Server, Microsoft Access, FoxPro หรือใช้ Function Connection ที่มีอยู่ใน PHP Library ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูลเพื่อดึงข้อมูลออกมาหลังจากแปลสคริปต์ PHP เสร็จแล้วจะได้รับไฟล์ HTML ใหม่ที่มีแต่แท็ก HTML ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์
- 5.) Web Server ส่งไฟล์ HTML ที่ได้ผ่านการแปลแล้วกลับไปยังเบราว์เซอร์ที่ร้องขอผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 6.) เบราวเซอร์รับไฟล์ HTML ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้แปล HTML แสดงผลออกมาทางจอภาพเป็นเว็บเพจโดยใช้ตัวแปลภาษา HTML ที่อยู่ในเบราว์เซอร์ซึ่งเป็น Interpreter เช่นเดียวกัน

2.2.5.3 ข้อดีของ PHP

- 1.) ใช้งานได้ฟรี
- 2.) PHP เป็นโปรแกรมฝั่ง Sever ดังนั้นขีดความสามารถไม่จำกัด
- 3.) Conlatfun นั่นคือ PHP วิ่งบนเครื่อง UNIX, Linux, Windows ได้หมด
- 4.) เรียนรู้ง่าย เนื่องจาก PHP ฝังเข้าไปใน HTML ใช้โครงสร้างและไวยากรณ์ภาษาง่ายๆ
- 5.) เร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อใช้กับ Apach Xerve เพราะไม่ต้องใช้โปรแกรมจากภายนอก
- 6.) ใช้ร่วมกับ XML ได้ทันที
- 7.) ใช้กับระบบแฟ้มข้อมูลได้
- 8.) ใช้กับข้อมูลตัวอักษรได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 9.) ใช้กับโครงสร้างข้อมูล แบบ Scalar, Array, Associative array
- 10.) ใช้กับการประมวลผลภาพได้

2.2.6 Laravel Framework [9]

2.2.6.1 Laravel Framework คืออะไร

Laravel คือ PHP Framework ที่เต็มเปี่ยมไปด้วยพลังที่ทำให้คุณสามารถเขียน code ที่ดูสะอาดตาและสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้โดยง่าย แล้วยังสามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้ฟรี ออกแบบมาเพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบ MVC พัฒนาโดยมีผู้นำทีมคือนาย Taylor Otwell ภายใต้ลิขสิทธิ์ของ MIT และ source code ได้ถูกเก็บไว้บน host ของ Github เมื่อพฤศจิกายน 2013 เหล่านักพัฒนาได้ทำการออกแบบสอบถามว่ามี PHP Framework ตัวไหนบ้างที่มีความนิยมในตอนนั้นและ Laravel คือ Framework ที่มีความนิยมมากที่สุด ถัดมาก็จะเป็น Phalcon, Symfony2, Codeigniter และ อื่นๆ ตามลำดับ



รูปที่ 2.8 รูปโลโก้ของ Laravel Framework
(อ้างอิงโดย <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

2.2.6.1 ลักษณะเด่นของ Laravel Framework

- 1.) Bundle: Laravel ได้มาพร้อมกับแพคเกจที่ทำให้เราสามารถนำมาใช้กับเว็บแอปพลิเคชันของเราได้เลย จึงทำให้เราประหยัดเวลาและลดจำนวนการเขียน code ลงอย่างมาก
- 2.) Class Auto-loading: ระบบจะทำการโหลด Class ของ PHP มาใช้งานอัตโนมัติ โดยไม่ต้องกำหนดค่าการโหลดใช้งานเอง ในการโหลดระบบจะป้องกันการโหลดในส่วนประกอบ (component) ที่ไม่ใช้งานและจะเลือกโหลดเฉพาะส่วนประกอบที่นำมาใช้งานเท่านั้น
- 3.) View Composer: ส่วนนี้จะเป็นส่วนของ code (HTML) ที่นำมาเรียงติดต่อกัน และจะทำงานหลังจากประกอบกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว เช่นเราแบ่งส่วน header, container, sidebar, footer เป็นต้น
- 4.) Unit testing: Laravel ยินยอมให้ผู้ใช้งานสามารถสร้าง unit test ขึ้นมาเพื่อทดสอบงานของตัวเองได้โดยผ่าน Artisan utility.
- 5.) The Eloquent ORM: เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการค้นหาข้อมูลต่างๆ ใน

ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) Reverse Routing: ในส่วนนี้จะทำให้คุณสามารถกำหนดชื่อของ URL เพื่อที่จะชี้ไปยังส่วนต่างๆตามต้องการ

7.) Restful Controller: ช่วยให้เราสามารถรองรับการส่งคำร้องขอจากฟอร์มทั้งแบบ Post และ Get

8.) The IoC container (Inversion of Control): เป็นส่วนในการจัดเก็บ Library ภายนอกที่เราจะนำเข้ามาใช้

2.2.7 SQL [10]

2.2.7.1 SQL คืออะไร

SQL ย่อมาจาก structured query language คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (open system) หมายถึงเราสามารถใส่คำสั่ง sql กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้และคำสั่งงานเดียวกันเมื่อสั่งงานผ่าน ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้เราสามารถเลือกใช้ฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดขัดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้คำสั่งเพียงไม่กี่คำสั่ง โปรแกรม SQL จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

2.2.7.2 ประเภทของคำสั่ง SQL

1.) ภาษาสำหรับนิยามข้อมูล (Data Definition Language : DDL) ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามีคอลัมน์อะไร แต่ละคอลัมน์เก็บข้อมูลประเภทใด รวมถึงการเพิ่มคอลัมน์ การกำหนดดัชนี การกำหนดวิวของผู้ใช้ เป็นต้น

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

3.) ภาษาที่ใช้ในการควบคุมข้อมูล (Data Control Language : DCL) ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการควบคุม หรือป้องกันการเกิดเหตุการณ์ที่ผู้ใช้หลายคนเรียกใช้ข้อมูลพร้อมกัน โดยที่ข้อมูลนั้น ๆ อยู่ในระหว่างการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับที่ผู้ใช้อีกคนหนึ่งก็เรียกใช้ข้อมูลนี้ ทำให้ข้อมูลที่ผู้ใช้คนที่สองได้ไปเป็นค่าเก่าที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เพราะผู้ใช้คนแรกยังปรับปรุงแก้ไขข้อมูลไม่เสร็จ นอกจากนี้ ยังประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความปลอดภัยของข้อมูลด้วยการให้สิทธิ์ผู้ใช้ที่แตกต่างกัน

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

3.1 ความต้องการของระบบ

ระบบแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) พัฒนาขึ้นเพื่อสามารถจัดการกับการหมุนเวียนขบวนรถได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้มีความปลอดภัยมากที่สุด โดยเมื่อถึงเวลาที่ขบวนรถจะต้องทำการซ่อมบำรุง ระบบจะสามารถประมวลผลวางแผนการซ่อมบำรุงและจัดสร้างตารางการซ่อมบำรุงสำหรับขบวนรถนั้นๆได้อย่างเหมาะสม โดยผู้ใช้งานระบบคือเจ้าหน้าที่การรถไฟ ผู้ใช้งานสามารถจัดการการใช้งานชุดรถไฟให้มีสอดคล้องกับตารางการเดินทาง โดยระบบจะคำนวณให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและในส่วนของจัดการแผนซ่อมบำรุงนั้น ระบบสามารถคำนวณได้ว่า ชุดรถไฟแต่ละชุดควรที่จะเข้าซ่อมบำรุงที่ศูนย์ซ่อมบำรุงไหนและควรที่จะเข้าซ่อมบำรุงเมื่อไหร่ ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

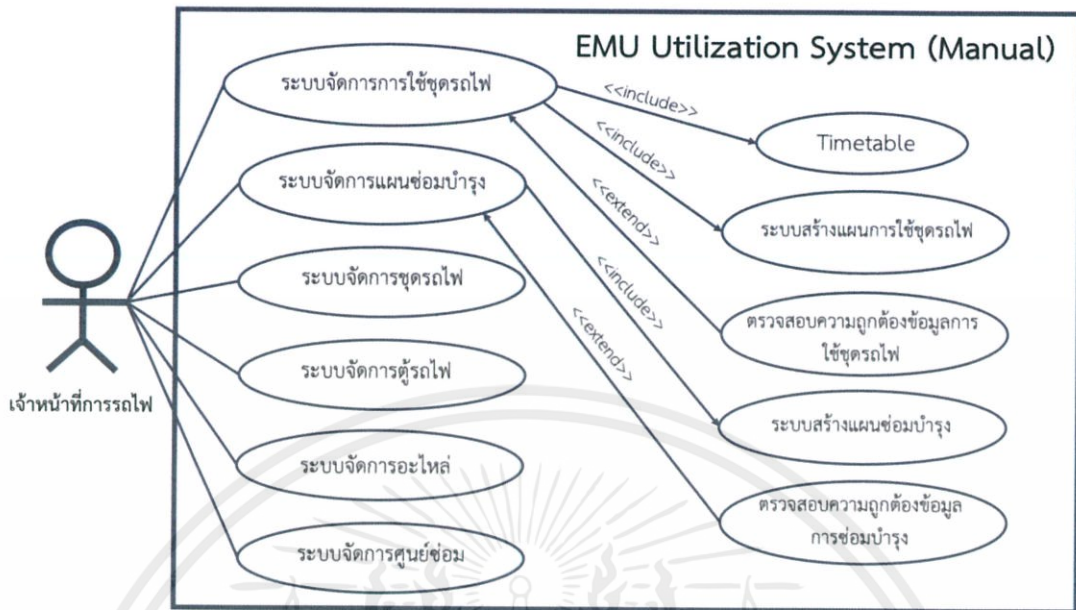
3.2 การออกแบบโครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีของหลักการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน หลักการวางแผนระบบและหลักการออกแบบซอฟต์แวร์ ทั้งนี้เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ทำให้ผู้พัฒนาได้มีการคิดค้นและพัฒนาระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) นี้ขึ้น

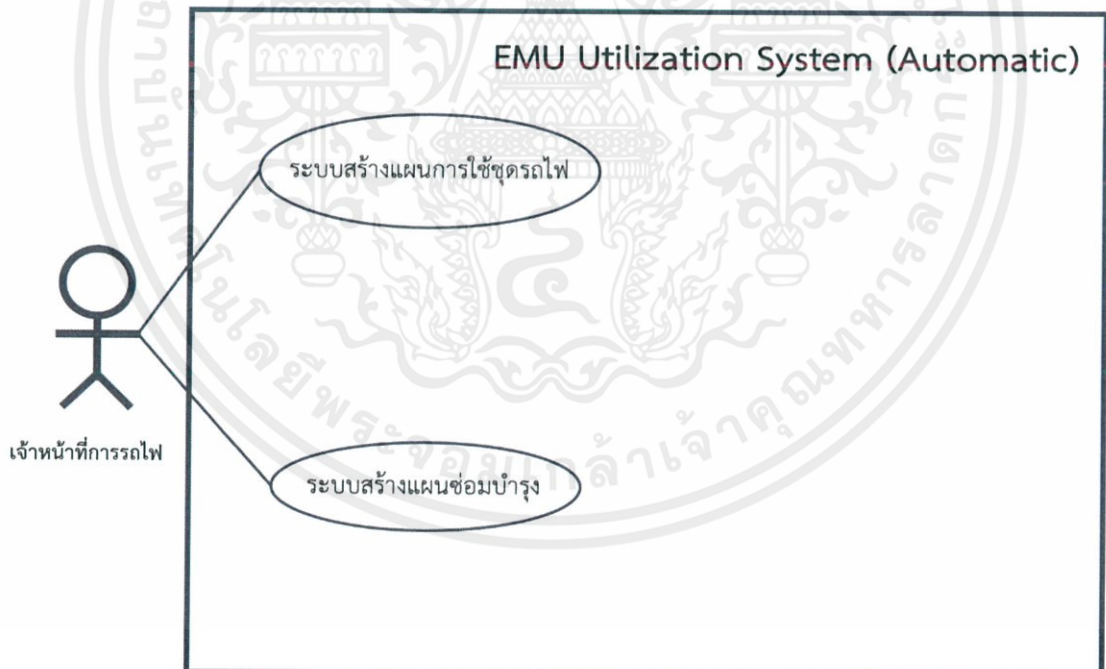
การพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันนี้ ผู้พัฒนาได้ทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทั้งทฤษฎีที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาจากงานวิจัยและเว็บไซต์ต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง ซึ่งผู้พัฒนาได้นำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชันโดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

3.2.1 ลักษณะของเว็บแอปพลิเคชัน

ระบบแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) มีรูปแบบเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถช่วยในการจัดการสรรหาขบวนรถที่มีอยู่ให้เพียงพอกับความต้องการ และมีความปลอดภัยส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด รวมไปถึงช่วยในการวางแผนการซ่อมบำรุง โดยระบบสามารถประมวลผลวางแผนซ่อมบำรุงสำหรับขบวนรถนั้นๆได้อย่างเหมาะสม โดยระบบแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ จะมีการแบ่งออกเป็น 6 Services ใหญ่ๆ ตาม Use Case Diagram ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Use Case Diagram EMU Utilization System (Manual Mode)



รูปที่ 3.2 Use Case Diagram EMU Utilization System (Automatic Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการการใช้รถไฟฟ้า

Use Case ID:	1
Use Case Name:	ระบบจัดการการใช้รถไฟฟ้า
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟฟ้า
Description:	<p>ผู้ใช้ต้องการดูว่าแต่ละเส้นทางมีการใช้งานรถไฟฟ้าโดยอยู่ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - เลขเที่ยว - รหัสรถไฟฟ้า - ชนิดรถไฟฟ้า - สถานีต้นทาง - สถานีปลายทาง - เวลาออกใช้ทาง - เวลาที่ถึงที่หมาย <p>ซึ่งระบบการจัดการการใช้รถไฟฟ้ายังสามารถเพิ่ม การใช้รถไฟฟ้าได้ และแก้ไขรายละเอียดของการใช้รถไฟฟ้าที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบจัดการการใช้รถไฟฟ้า” แล้วจะแสดงรายละเอียดของการใช้รถไฟฟ้าที่มีอยู่ในระบบ
Precondition:	ใช้กดที่เมนู “ระบบจัดการการใช้รถไฟฟ้า”
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของการใช้รถไฟฟ้าที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบจัดการการใช้รถไฟฟ้า” 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของการใช้รถไฟฟ้าที่มีอยู่ในระบบแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของการใช้รถไฟฟ้าอยู่ในระบบ ระบบจะแสดงข้อความว่า “ไม่พบการใช้รถไฟฟ้าอยู่ในระบบ”
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบจัดการแผนซ่อมบำรุง

Use Case ID:	2
Use Case Name:	ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	<p>ผู้ใช้ต้องการดูรถไฟที่เข้าซ่อมบำรุงอยู่ตามศูนย์ซ่อมในขณะนั้น ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - เลขเข้าซ่อมชุดรถไฟ - รหัสชุดรถไฟ - รหัสศูนย์ซ่อมที่ชุดรถไฟกำลังซ่อมอยู่ - ระดับการซ่อมบำรุง - วันเวลาที่เข้าซ่อมบำรุง - วันเวลาที่ซ่อมบำรุงเสร็จสิ้น <p>ซึ่งระบบจัดการแผนเข้าซ่อมบำรุงยังสามารถเพิ่ม ใบเข้าซ่อมบำรุงของชุดรถไฟได้ และแก้ไขรายละเอียดของการเข้าซ่อมบำรุงที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม” แล้วจะแสดงรายละเอียดของชุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Precondition:	ใช้กดที่เมนู “ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม”
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของรถไฟที่เข้าซ่อมบำรุงอยู่ตามศูนย์ซ่อมที่มีอยู่ในระบบในขณะนั้น
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม” 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของรถไฟที่เข้าซ่อมบำรุงอยู่ตามศูนย์ซ่อมที่มีอยู่ในระบบในขณะนั้นแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของการเข้าซ่อมบำรุงอยู่ในระบบ ระบบจะแสดงข้อความว่า “ไม่พบการเข้าซ่อมบำรุงอยู่ในระบบ”
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการชุดรถไฟ

Use Case ID:	3
Use Case Name:	ระบบการจัดการชุดรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	<p>ผู้ใช้ต้องการดูรถไฟที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสชุดรถไฟ - โมเดลของรถไฟ - ชนิดของรถไฟ - ระยะทางสะสมของรถไฟ - ระยะเวลาสะสมของรถไฟ - สถานะของรถไฟ (status) <p>ซึ่งระบบการจัดการชุดรถไฟยังสามารถเพิ่มชุดรถไฟได้ และแก้ไขรายละเอียดของชุดรถไฟที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู "จัดการชุดรถไฟ" แล้วจะแสดงรายละเอียดของชุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู "จัดการชุดรถไฟ"
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของชุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู "จัดการชุดรถไฟ" 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของชุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของชุดรถไฟอยู่ในระบบ ระบบจะแสดงข้อความว่า "ไม่พบชุดรถไฟอยู่ในระบบ"
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการศูนย์ซ่อม

Use Case ID:	4
Use Case Name:	ระบบการจัดการศูนย์ซ่อม
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	<p>ผู้ใช้งานต้องการการจักระการไฟจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากตารางการเดินรถซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้มีดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสศูนย์ซ่อม - โมเดล - จำนวนชุดรถไฟที่รับได้ - ตำแหน่งของศูนย์ซ่อม - สถานะของศูนย์ซ่อม <p>ซึ่งระบบการจัดการศูนย์ซ่อมยังสามารถเพิ่ม ศูนย์ซ่อมได้ และแก้ไขรายละเอียดของศูนย์ซ่อมที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้งานที่เมนู “จัดการศูนย์ซ่อม” แล้วจะแสดงรายละเอียดของศูนย์ซ่อมที่มีอยู่ในระบบ
Precondition:	ผู้ใช้งานที่เมนู “จัดการศูนย์ซ่อม”
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของศูนย์ซ่อมที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้งานที่เมนู “จัดการศูนย์ซ่อม” 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของศูนย์ซ่อมที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของศูนย์ซ่อมอยู่ในระบบ ระบบจะแสดงข้อความว่า “ไม่พบศูนย์ซ่อมอยู่ในระบบ”
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียด Use Case Timetable

Use Case ID:	5
Use Case Name:	Timetable
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	<p>ผู้ใช้ต้องการดูศูนย์ข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - สถานีต้นทาง - สถานีปลายทาง - เวลาออกใช้ทาง - เวลาที่ถึงที่หมาย
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการการไ้รถ” แล้วจะแสดงรายละเอียดของตารางเวลาการไ้รถ
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการการไ้รถ”
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของตารางเวลาการไ้รถ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการการไ้รถ” 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของตารางเวลาการไ้รถแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของตารางการไ้รถ ระบบจัดการการไ้รถไม่สามารถทำงานได้
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบสร้างแผนการใช้รถไฟ

Use Case ID:	6
Use Case Name:	ระบบสร้างแผนการใช้รถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	ระบบจะทำการคำนวณแผนการใช้รถออกมาว่า ชูตรถไฟไหนควรที่จะนำไปใช้งานกับ Timetable ใด
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการการใช้รถ” แล้วจะแสดงรายละเอียดของตารางเวลาการใช้รถ
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการการใช้รถ”
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของตารางเวลาการใช้รถ
Normal Flow:	1.) ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการการใช้รถ” 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของตารางเวลาการใช้รถแก่ผู้ใช้
Exception:	- ถ้าหากไม่มีข้อมูลชูตรถไฟในระบบ ระบบจัดการการใช้รถไม่สามารถทำงานได้ - ถ้าหากไม่มีตารางการเดินรถ ระบบจัดการการใช้รถไม่สามารถทำงานได้
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบสร้างแผนการซ่อมบำรุง

Use Case ID:	7
Use Case Name:	ระบบสร้างแผนการซ่อมบำรุง
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	ระบบจะทำการคำนวณแผนการใช้รถออกมาว่า ชูตรถไฟไหนควรที่จะนำไปซ่อมที่ศูนย์ซ่อมใด
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการซ่อมบำรุง” แล้วจะแสดงรายละเอียดของตารางเวลาการซ่อมบำรุง
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการซ่อมบำรุง”
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของตารางเวลาการซ่อมบำรุง
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการซ่อมบำรุง” 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของตารางเวลาการซ่อมบำรุงรถแก่ผู้ใช้
Exception:	<ul style="list-style-type: none"> - ถ้าหากไม่มีข้อมูลชูตรถไฟในระบบ ระบบจัดการการใช้รถไม่สามารถทำงานได้ - ถ้าหากไม่มีข้อมูลศูนย์ซ่อมบำรุงในระบบ ระบบจัดการการใช้รถไม่สามารถทำงานได้
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.8 แสดงรายละเอียด Use Case ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการใช้ชุดรถไฟ

Use Case ID:	8
Use Case Name:	ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการใช้ชุดรถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	ระบบจะทำการตรวจสอบว่าชุดรถไฟที่จะนำมาใช้งานใน “ระบบการจัดการการใช้รถไฟ” ว่าสามารถนำมาใช้งานได้หรือไม่
Trigger:	ผู้ใช้งานที่เมนู “ระบบการจัดการการใช้รถไฟ” และทำการเพิ่ม หรือแก้ไข
Precondition:	ผู้ใช้งานที่เมนู “ระบบการจัดการการใช้รถไฟ” และกดที่เพิ่ม หรือแก้ไข
Post-condition:	ระบบจะแสดงชุดรถไฟที่สามารถเลือกไปใช้งานได้
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้งานที่เมนู “ระบบการจัดการการใช้รถไฟ” 2.) ผู้ใช้งานเพิ่ม หรือแก้ไข 3.) ระบบจะแสดงชุดรถไฟที่สามารถเลือกไปใช้งานได้
Exception:	- ถ้าหากไม่มีข้อมูลชุดรถไฟในระบบ ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการใช้รถไฟจะไม่สามารถทำงานได้
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียด Use Case ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการซ่อมบำรุง

Use Case ID:	9
Use Case Name:	ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการซ่อมบำรุง
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	ระบบจะทำการตรวจสอบว่าชุดรถไฟที่จะนำมาใช้งานใน “ระบบการจัดการแผนซ่อมบำรุง” ว่าสามารถนำมาใช้งานได้หรือไม่
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการซ่อมบำรุง” และทำการเพิ่มหรือแก้ไข
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการซ่อมบำรุง” และกดที่เพิ่มหรือแก้ไข
Post-condition:	ระบบจะแสดงชุดรถไฟและศูนย์ซ่อมที่สามารถเลือกไปใช้งานได้
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู “ระบบการจัดการซ่อมบำรุง” 2.) ผู้ใช้กดเพิ่ม หรือแก้ไข 3.) ระบบจะแสดงชุดรถไฟและศูนย์ซ่อมที่สามารถเลือกไปใช้งานได้
Exception:	<ul style="list-style-type: none"> - ถ้าหากไม่มีข้อมูลชุดรถไฟในระบบ ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการใช้รถไฟจะไม่สามารถทำงานได้ - ถ้าหากไม่มีข้อมูลศูนย์ซ่อมในระบบ ตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลการใช้รถไฟจะไม่สามารถทำงานได้
Note and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการตู้รถไฟ

Use Case ID:	10
Use Case Name:	ระบบการจัดการตู้รถไฟ
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	<p>ผู้ใช้ต้องการดูตู้รถไฟที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสตู้รถไฟ - โมเดลของตู้รถไฟ - ชนิดของตู้รถไฟ - สถานะของตู้รถไฟ (status) <p>ซึ่งระบบการจัดการตู้รถไฟยังสามารถเพิ่ม ตู้รถไฟได้ และแก้ไขรายละเอียดของตู้รถไฟที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู "ระบบจัดการตู้รถไฟ" แล้วจะแสดงรายละเอียดของตู้รถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู "ระบบจัดการตู้รถไฟ"
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของตู้รถไฟที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู "ระบบจัดการตู้รถไฟ" 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของตู้รถไฟที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของตู้รถไฟ(car) อยู่ในระบบ ระบบจะแสดงข้อความว่า "ไม่พบตู้รถไฟอยู่ในระบบ"
Note and Issue:	-

ตารางที่ 3.11 แสดงรายละเอียด Use Case ระบบการจัดการอะไหล่

Use Case ID:	11
Use Case Name:	ระบบการจัดการอะไหล่
Actor:	เจ้าหน้าที่การรถไฟ
Description:	<p>ผู้ใช้ต้องการดูอะไหล่รถไฟที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - รหัสอะไหล่ - ประเภทของอะไหล่ - ยี่ห้อของอะไหล่ - ระยะเวลาสะสม - ระยะทางสะสม - รหัสตู้รถไฟที่อะไหล่ติดตั้งอยู่ - สถานะของตู้รถไฟ (status) <p>ซึ่งระบบการจัดการอะไหล่ยังสามารถเพิ่ม อะไหล่ได้ และแก้ไขรายละเอียดของอะไหล่ที่แสดงได้</p>
Trigger:	ผู้ใช้กดที่เมนู "ระบบจัดการอะไหล่" แล้วจะแสดงรายละเอียดของอะไหล่ที่มีอยู่ในระบบ
Precondition:	ผู้ใช้กดที่เมนู "ระบบจัดการอะไหล่"
Post-condition:	ระบบจะแสดงรายละเอียดของอะไหล่ที่มีอยู่ในระบบ
Normal Flow:	<ol style="list-style-type: none"> 1.) ผู้ใช้กดที่เมนู "ระบบจัดการอะไหล่" 2.) ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดของอะไหล่ที่มีอยู่ในระบบทั้งหมดแก่ผู้ใช้
Exception:	ถ้าหากไม่มีข้อมูลของอะไหล่(part) อยู่ในระบบ ระบบจะแสดงข้อความว่า "ไม่พบอะไหล่ในระบบ"
Note and Issue:	-

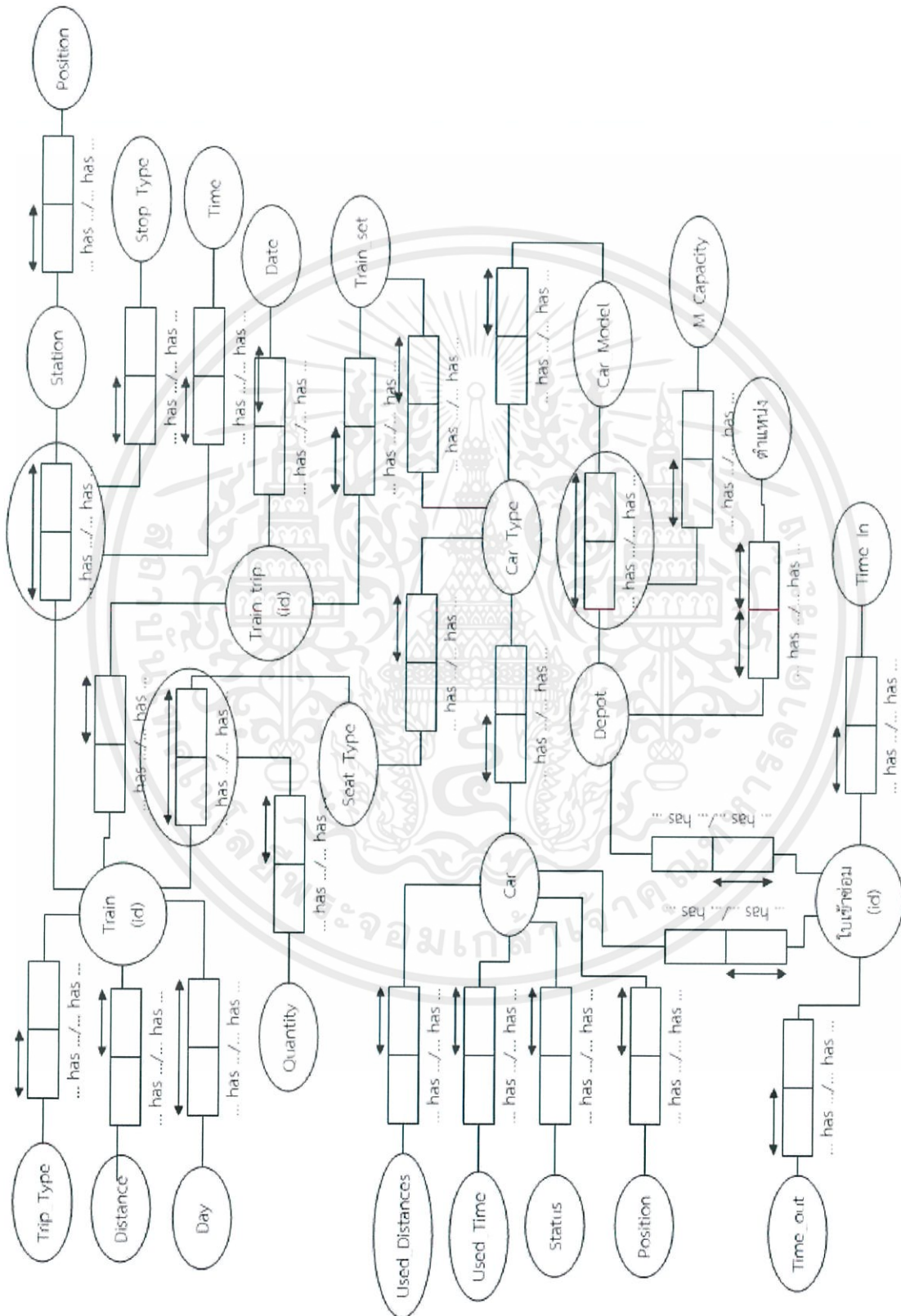
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน

จากความต้องการของระบบและความสามารถในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันของผู้ใช้งานใน Use Case Diagram ข้างต้น ทำให้ผู้พัฒนาสามารถแบ่งของระบบแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) ออกเป็น 6 การทำงานหลักได้ดังนี้

- 1.) ระบบการใช้ชุดรถไฟ
 - ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ
 - ระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ
- 2.) ระบบการเข้าซ่อม
 - ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม
 - ระบบจัดการการเข้าซ่อม
- 3.) ระบบจัดการชุดรถไฟ
- 4.) ระบบจัดการตู้รถไฟ
- 5.) ระบบจัดการอะไหล่
- 6.) ระบบจัดการศูนย์ซ่อมบำรุง

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล



รูปที่ 3.3 ORM Diagram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบระบบของเว็บแอปพลิเคชัน

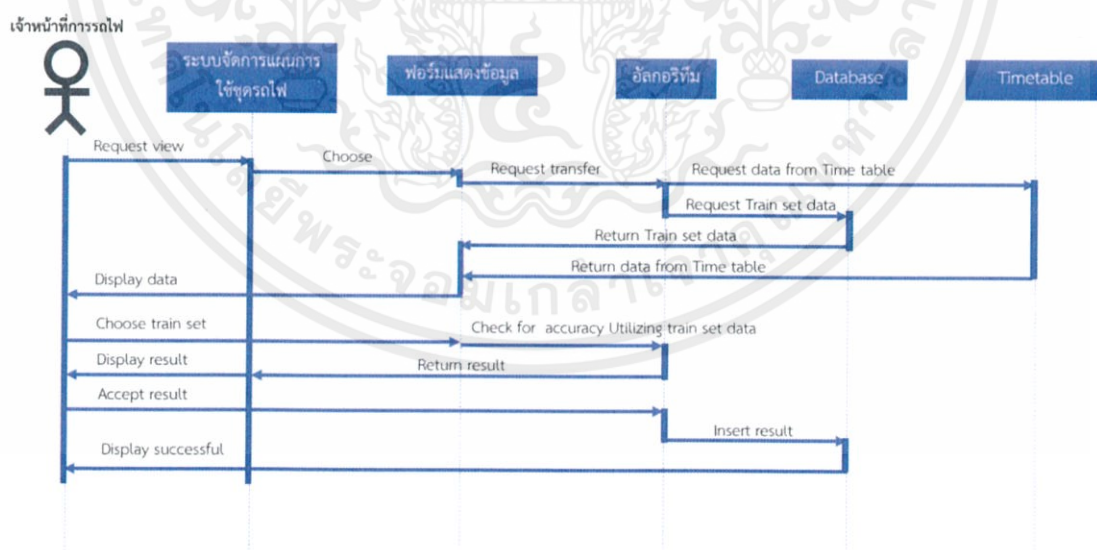
3.4.1 ระบบการใช้ชุดรถไฟ

ผู้ใช้งานสามารถวางแผนและจัดการการใช้ชุดรถไฟได้และสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของรถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบได้ เมื่อเข้าสู่หน้าเมนู “การใช้ชุดรถไฟ” โดยระบบการใช้ชุดรถไฟ จะแบ่งออกเป็น 2 การทำงานย่อย ได้แก่

3.4.1.1 ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ

ในระบบจัดการแผนการใช้ชุดรถไฟ ผู้ใช้งานสามารถทำการเลือกชุดรถไฟที่จะนำไปวางแผนใช้งานได้โดย เข้าสู่หน้าเมนู “ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ” โดยจะมีโหมดให้เลือกอยู่ 2 แบบ คือ โหมดจัดการด้วยตนเองและโหมดอัตโนมัติ

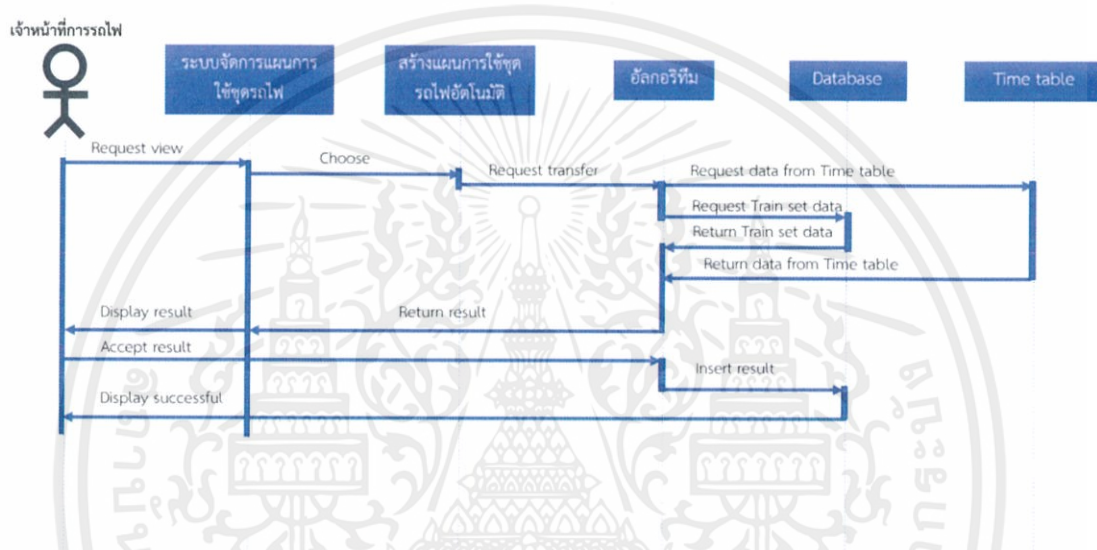
1.) โหมดจัดการด้วยตัวเอง (MANUAL MODE) คือ ผู้ใช้งานสามารถเลือกชุดรถไฟไปใช้ได้โดยอ้างอิงจาก ระยะทางสะสมของชุดรถไฟ ระยะเวลาสะสมของชุดรถไฟ ตำแหน่งของชุดรถไฟ ระยะทางของเส้นทางการเดินทาง เป็นต้นและนำมาเข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยใช้ อัลกอริทึม เพื่อหาข้อมูลที่สอดคล้องตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากอัลกอริทึมมาแสดงบนฟอร์มข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ MANUAL MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

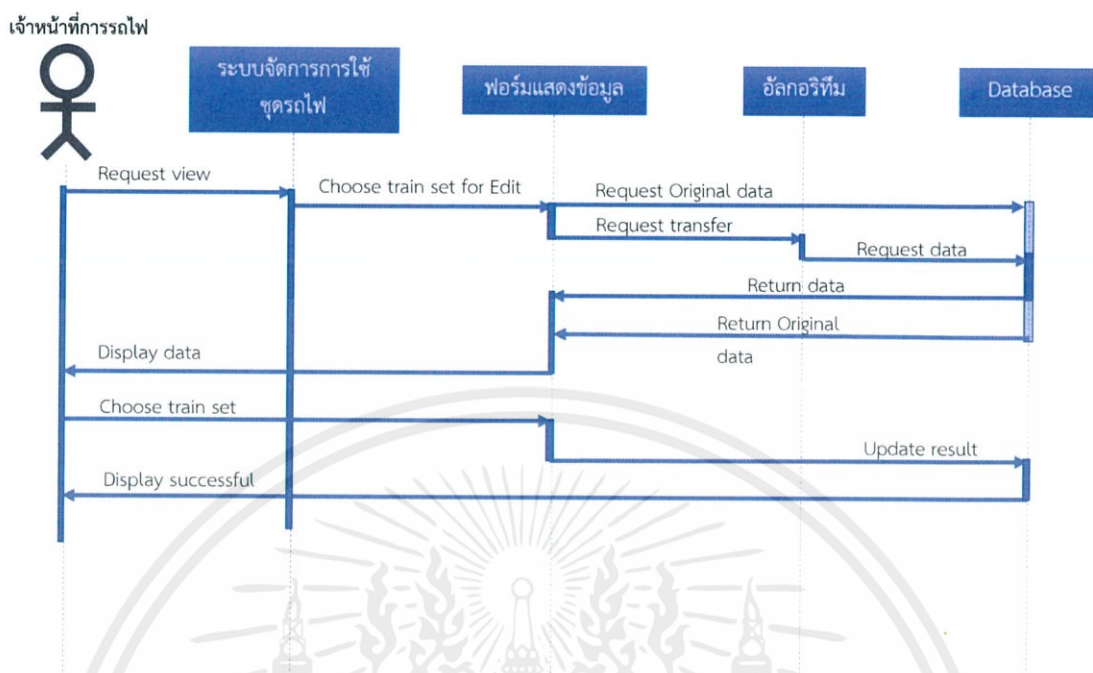
2.) โหมดอัตโนมัติ (AUTOMATIC MODE) คือ ระบบจะทำการประมวลผลโดยอ้างอิงจาก ระยะทางสะสมของชุดรถไฟ ระยะเวลาสะสมของชุดรถไฟ ตำแหน่งของชุดรถไฟ ระยะทางของเส้นทางการเดินทาง เป็นต้นและนำมาเข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่สอดคล้องตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากอัลกอริทึมมาแสดงบนฟอร์มข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ AUTOMATIC MODE

3.4.1.2 ระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ

ในการจัดการข้อมูลของการใช้ชุดรถไฟ ผู้ใช้งานสามารถทำการแก้ไขข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อเข้าสู่หน้าเมนู “การใช้ชุดรถไฟ” หากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขข้อมูลของการใช้ชุดรถไฟใด ก็ให้ทำการกดไปที่ไอคอน “แก้ไข” ของชุดรถไฟนั้นๆ แล้วระบบก็จะไปนำข้อมูลมาจากตารางการเดินทางและนำข้อมูลจากการสืบค้นที่ฐานข้อมูล เพื่อนำไปเลือกข้อมูลของเที่ยวรถไฟออกมา จากนั้นก็นำเอาข้อมูลเหล่านี้มาเข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึม เพื่อหาข้อมูลที่สอดคล้องตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากอัลกอริทึมมาแสดงบนฟอร์มข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทำการเลือกและสามารถแก้ไขข้อมูลได้และในขณะเดียวกันก็นำข้อมูลที่ถูกสืบค้นจากฐานข้อมูลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและสามารถแก้ไขข้อมูลได้เช่นกัน เมื่อมีการแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่ถูกแก้ไขนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางข้อมูลของเที่ยวรถไฟในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.4



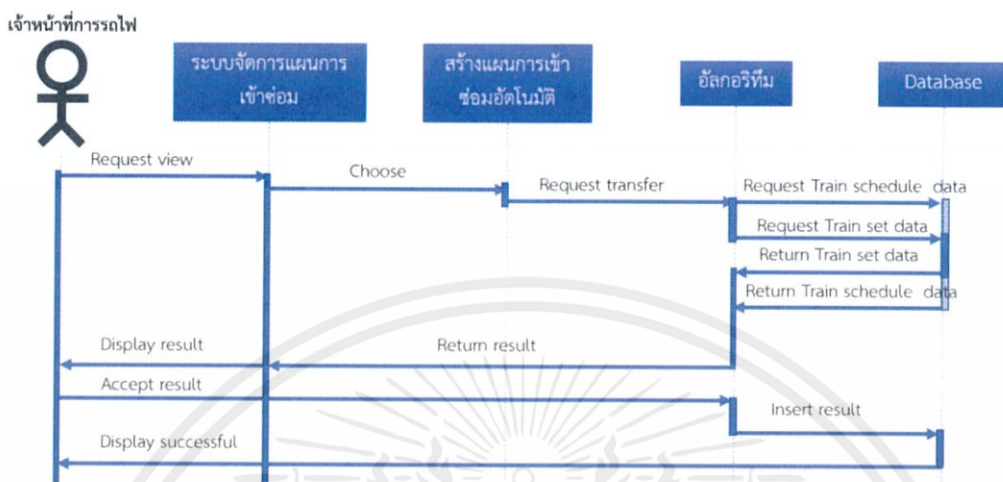
รูปที่ 3.6 Sequence Diagram ของระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ

3.4.2 ระบบการเข้าซ่อม

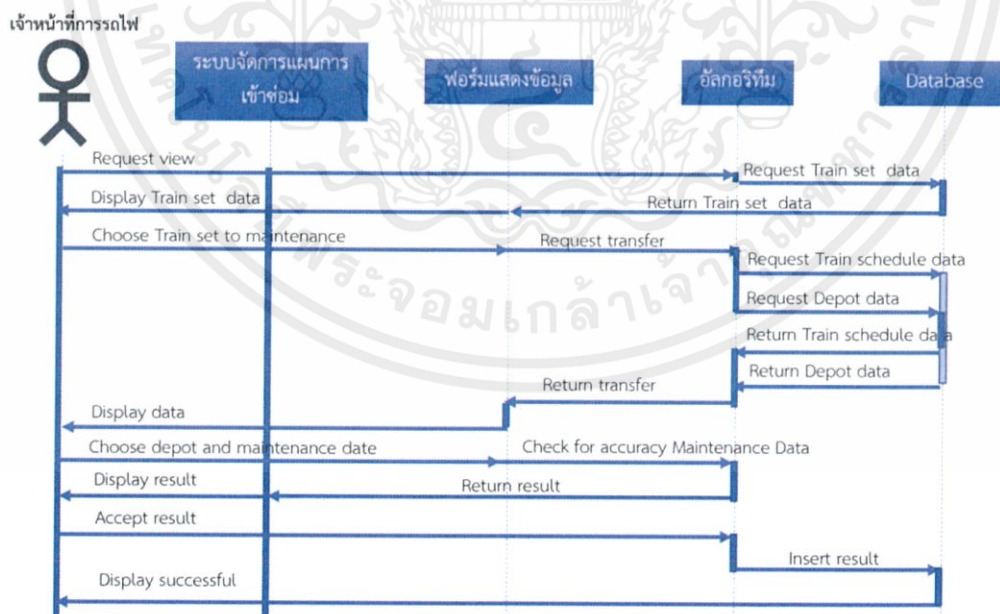
ผู้ใช้งานสามารถจัดการแผนการเข้าซ่อมและสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของการซ่อมบำรุงที่มีอยู่ในระบบได้ เมื่อเข้าสู่หน้าเมนู “การเข้าซ่อม” โดยระบบการเข้าซ่อมจะแบ่งออกเป็น 2 การทำงานย่อย ได้แก่

3.4.2.1 ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม

ในระบบจัดการแผนการเข้าซ่อม ผู้ใช้งานสามารถทำการเลือกชุดรถไฟที่จะนำไปทำแผนการเข้าซ่อมบำรุงได้โดยเข้าสู่หน้าเมนู “ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม” โดยอ้างอิงจากระยะทางสะสมและระยะเวลาสะสมของขบวนรถนั้นๆ ที่ระบบได้นำไปทำการประมวลผลโดยอัลกอริทึม มาแสดงผลที่หน้าจอรถขบวนใดควรจะถูกนำไปซ่อมบำรุงเร็วๆ นี้หรือผู้ใช้งานสามารถเลือกสร้างแผนการเข้าซ่อมแบบอัตโนมัติ ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.7 หรือจะเลือกสร้างแผนการเข้าซ่อมด้วยตัวเอง ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนเข้าซ่อม AUTOMATIC MODE

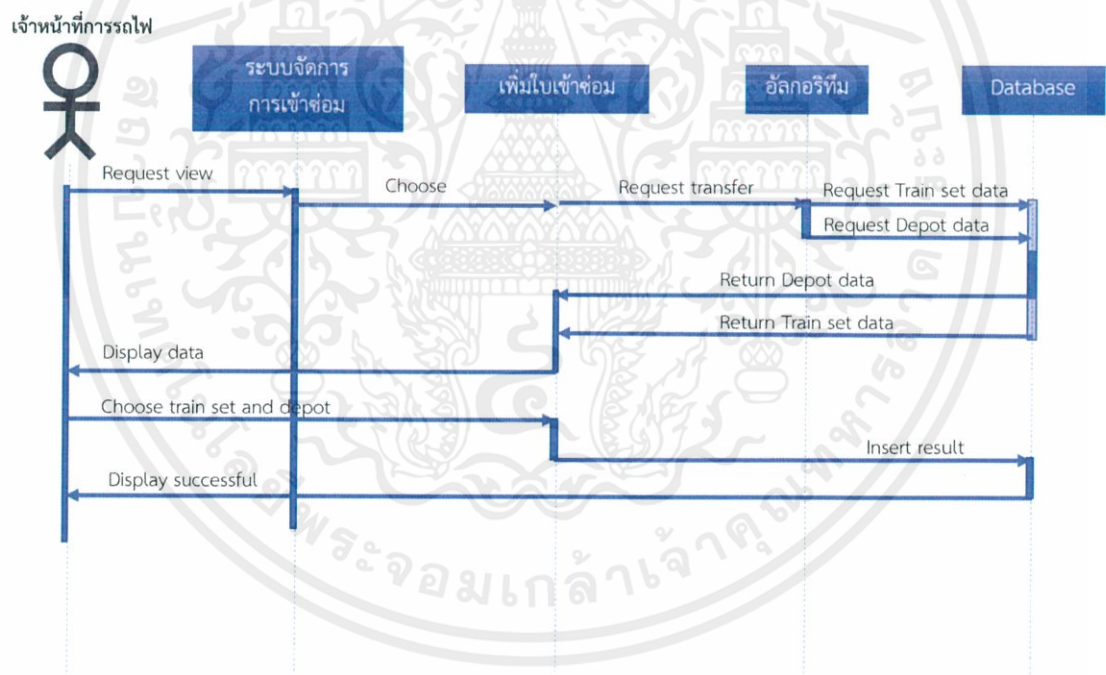


รูปที่ 3.8 Sequence Diagram ของระบบจัดการแผนเข้าซ่อม MANUAL MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.2 ระบบจัดการการเข้าซ่อม

ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของการซ่อมบำรุงได้ ว่ามีรถขบวนใดที่ทำการซ่อมบำรุงอยู่บ้าง ซ่อมอยู่ที่ศูนย์บำรุงใด และสามารถทำการเลือกและแก้ไขข้อมูลของขบวนรถนั้นๆ ได้ โดยการเข้าไปที่หน้าเมนู “ระบบจัดการการเข้าซ่อม” นอกเหนือจากนั้นผู้ใช้งานสามารถทำการเพิ่มใบเข้าซ่อมได้ ในกรณีที่ขบวนรถเกิดเหตุฉุกเฉินต้องทำการเข้าซ่อมนอกเหนือจากแผนที่ได้วางไว้ โดยการกดไปที่ “เพิ่มใบเข้าซ่อม” ระบบก็จะทำการสืบค้นเพื่อเลือกข้อมูลการซ่อมบำรุงจากฐานข้อมูล ซึ่งเมื่อได้ข้อมูลที่สืบค้นออกมาแล้วก็นำไปเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นก็ส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและเพิ่มเติมข้อมูล เมื่อมีการกรอกข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วข้อมูลที่ถูกเพิ่มนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางข้อมูลการซ่อมบำรุงในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลกับผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.9



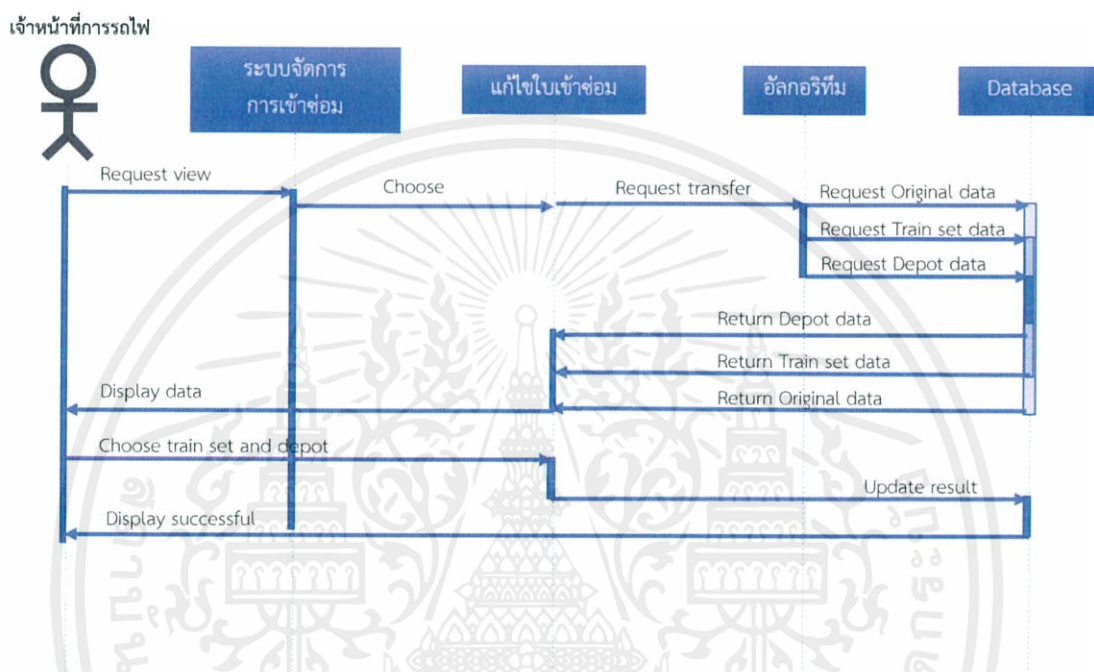
รูปที่ 3.9 Sequence Diagram ของการเพิ่มใบเข้าซ่อม

หรือถ้าหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขข้อมูลของการเข้าซ่อมบำรุงใดๆ ก็ให้ทำการกดไปที่ “แก้ไข” ของขบวนรถที่ทำการซ่อมบำรุงนั้นๆ ระบบก็จะไปนำข้อมูลที่ได้จากการทำสืบค้นในฐานข้อมูลเพื่อเลือกข้อมูลของการเข้าซ่อมบำรุงออกมา จากนั้นก็นำเอาข้อมูลเหล่านี้มาเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ จึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากอัลกอริทึมมาแสดงบนฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

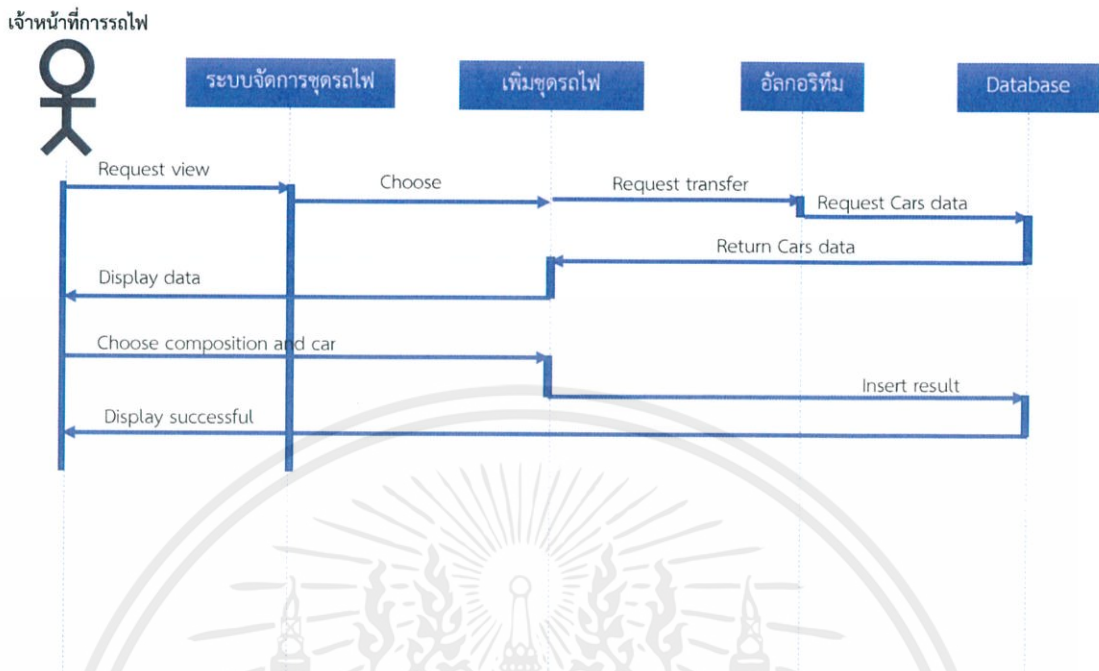
และในขณะเดียวกันก็นำข้อมูลที่ถูกสืบค้นมาจากฐานข้อมูลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและสามารถแก้ไขข้อมูลได้เช่นกัน เมื่อมีการแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วข้อมูลที่ถูกแก้ไขนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในการข้อมูลของการซ่อมบำรุงในตารางฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 Sequence Diagram ของการแก้ไขใบเข้าซ่อม

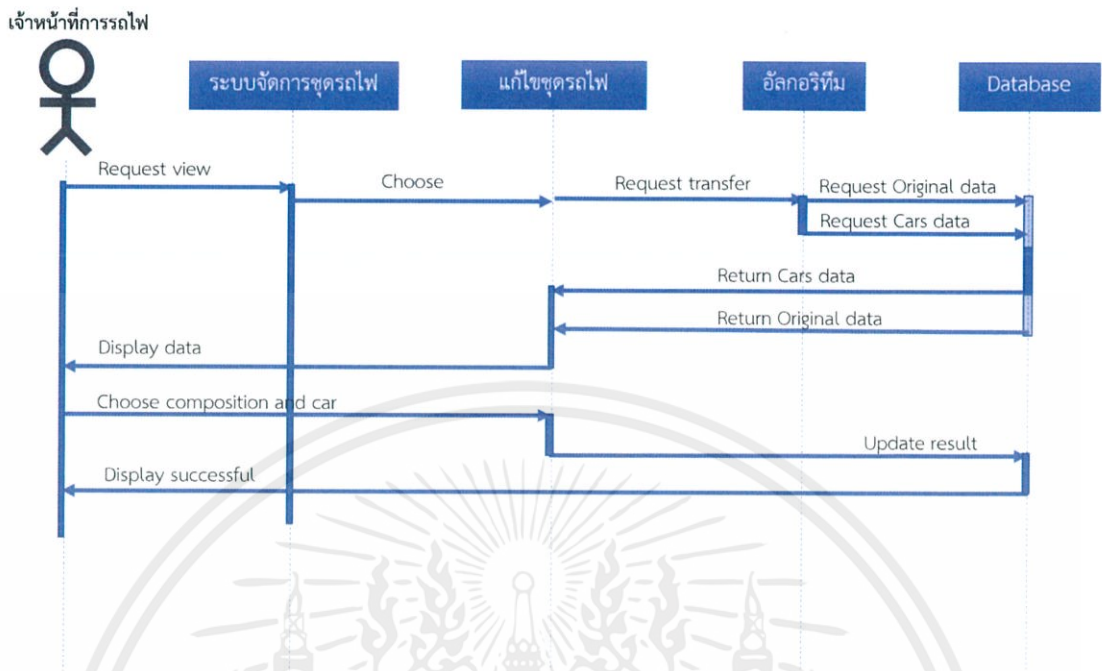
3.4.3 ระบบจัดการชุดรถไฟ

ในระบบการจัดการชุดรถไฟ ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของชุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบได้ หากผู้ใช้งานต้องการเพิ่มชุดรถไฟลงในระบบ ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มได้โดยกดไปที่ “เพิ่มชุดรถไฟ” ระบบก็จะเข้าสู่ฟอร์มข้อมูลเพื่อทำการเพิ่มชุดรถไฟที่ผู้ใช้งานต้องการลงในฐานข้อมูล แต่ถ้าหากมีการกรอกข้อมูลไม่ครบตามฟอร์ม ระบบก็จะไม่สามารถบันทึกข้อมูลเหล่านั้นลงในฐานข้อมูลได้ จึงทำให้ระบบกลับมาที่ฟอร์มข้อมูลอีกครั้งเพื่อให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลใหม่จนกว่าจะกรอกข้อมูลครบ ซึ่งเมื่อมีการกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยแล้วข้อมูลเหล่านี้ก็จะถูกนำไปอัปเดตที่ตารางฐานข้อมูลและจะนำชุดรถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.11

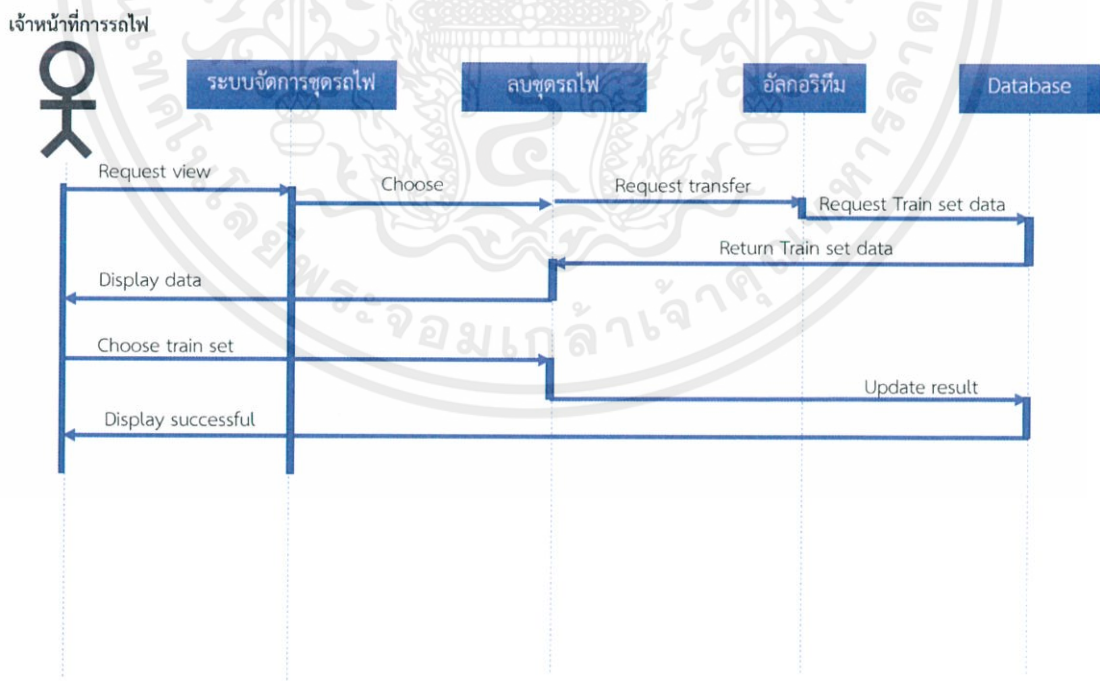


รูปที่ 3.11 Sequence Diagram ของการเพิ่มขุดรถไฟ

หรือถ้าหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขหรือลบข้อมูลของขุดรถไฟที่มีอยู่ในระบบ ก็ให้ทำการกดไปตรงที่ “แก้ไข” หรือ “ลบ” ของขุดรถไฟนั้นๆ ระบบก็จะเข้าสู่ฟอร์มข้อมูลซึ่งจะมีข้อมูลเก่าของขุดรถไฟนั้นอยู่ โดยข้อมูลเก่านี้จะถูกดึงมาจากฐานข้อมูล เมื่อมีการแก้ไขข้อมูล/ลบที่ฟอร์มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ระบบก็จะไปอัปเดตข้อมูลของขุดรถไฟที่ถูกแก้ไขที่ฐานข้อมูล แต่ถ้าหากการแก้ไขข้อมูลที่ฟอร์มข้อมูลมีการกรอกข้อมูลไม่ครบตามฟอร์ม ระบบก็จะกลับไปที่ฟอร์มข้อมูลอีกครั้งเพื่อให้ผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูลใหม่ ซึ่งเมื่อมีการกรอกข้อมูลครบเรียบร้อยแล้วข้อมูลเหล่านี้ก็จะถูกนำไปอัปเดตที่ตารางฐานข้อมูลและนำขุดรถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.12 และ Sequence Diagram รูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 Sequence Diagram ของการแก้ไขชุดรถไฟ

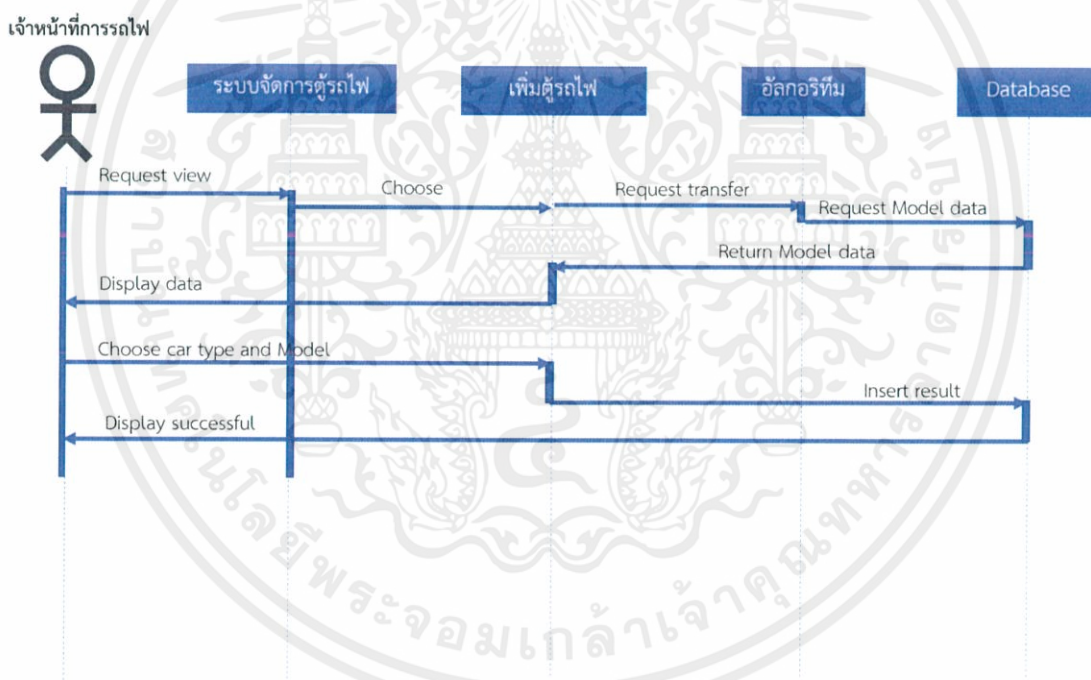


รูปที่ 3.13 Sequence Diagram ของการลบชุดรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ระบบจัดการตู้รถไฟ

ในระบบการจัดการตู้รถไฟ ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของตู้รถไฟที่มีอยู่ในระบบได้ เมื่อมีการกดเข้าสู่หน้าเมนู “จัดการตู้รถไฟ” โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกดึงมาจากการหาคุณสมบัติในฐานข้อมูล (Database) หากผู้ใช้งานต้องการเพิ่มตู้รถไฟลงไปในระบบ สามารถทำได้โดยการกดไปที่ “เพิ่มตู้รถไฟ” ระบบก็จะทำการสืบค้นเพื่อเลือกข้อมูลของตู้รถไฟจากฐานข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลจากสืบค้นออกมาแล้วก็นำไปเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นก็ส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและเพิ่มเติมข้อมูลได้เช่นกัน เมื่อมีการเพิ่มเติมข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางข้อมูลของตู้รถไฟในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.14

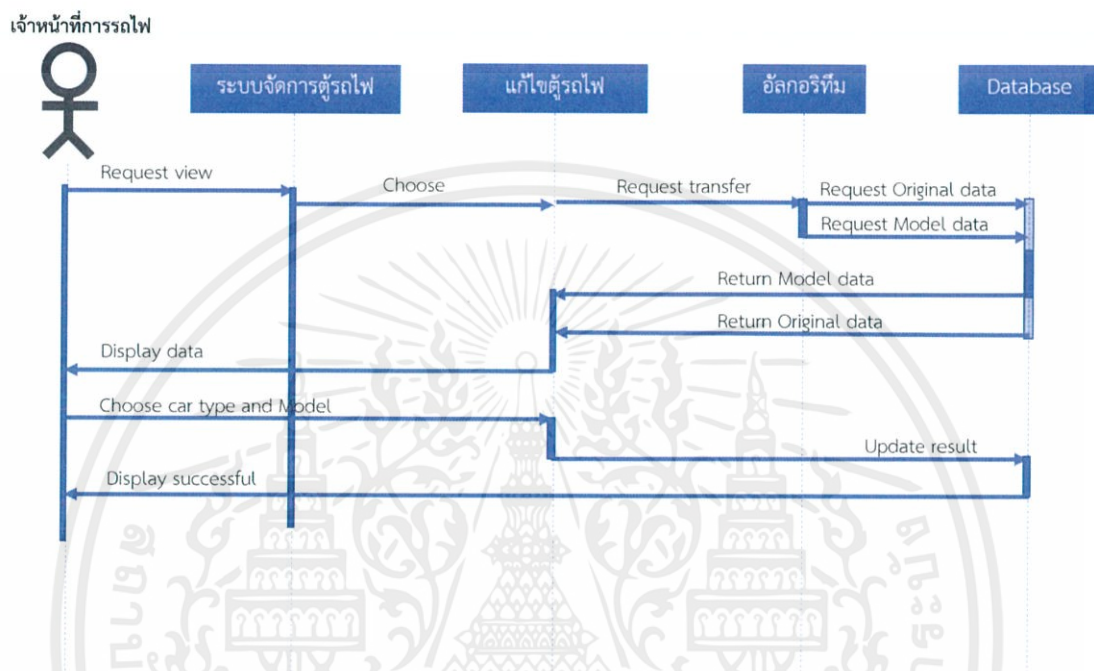


รูปที่ 3.14 Sequence Diagram ของการเพิ่มตู้รถไฟ

หรือถ้าหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขข้อมูลของตู้รถไฟ สามารถทำได้โดยการกดไปที่ “แก้ไข” ของตู้รถไฟนั้นๆ ระบบก็จะไปนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูลเพื่อเลือกข้อมูลของตู้รถไฟออกมา จากนั้นก็นำข้อมูลเหล่านี้มาเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ จึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากอัลกอริทึมมาแสดงบนฟอร์มข้อมูล และในขณะเดียวกันก็นำข้อมูลที่ถูกสืบค้นมาจากฐานข้อมูลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

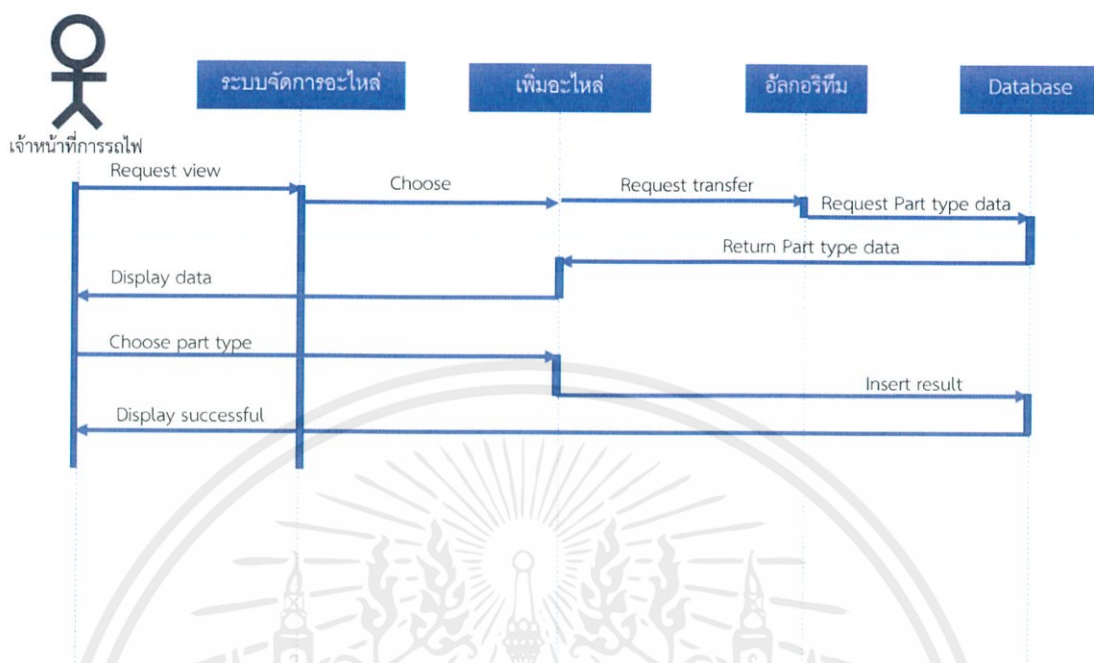
เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและสามารถแก้ไขข้อมูลได้เช่นกัน เมื่อมีการแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วข้อมูลที่ถูกแก้ไขนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางข้อมูลของตู้รถไฟในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 Sequence Diagram ของการแก้ไขตู้รถไฟ

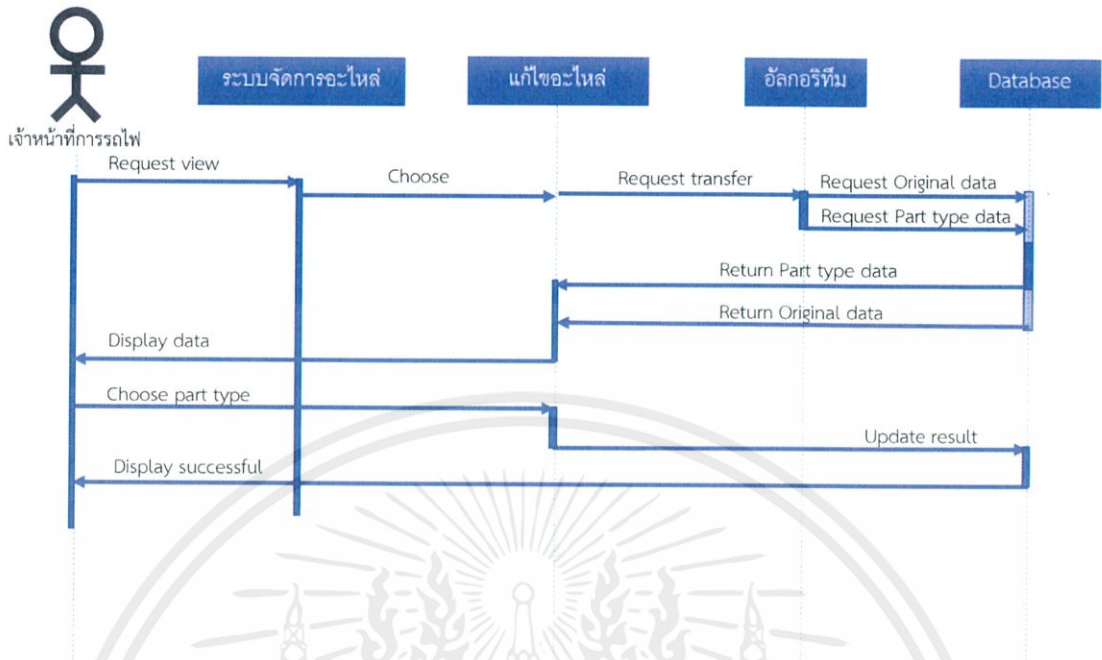
3.4.5 ระบบจัดการอะไหล่

ระบบจัดการอะไหล่ ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของอะไหล่ทั้งหมดที่มีได้ เมื่อมีกดเข้าสู่หน้าเมนู “จัดการอะไหล่” โดยข้อมูลเหล่านี้จะเป็นการนำเอาข้อมูลอะไหล่ที่มีมาจากฐานข้อมูล หากผู้ใช้งานต้องการเพิ่มอะไหล่ลงไปในระบบ สามารถทำได้โดยการกดไปที่ “เพิ่มอะไหล่” ระบบก็จะทำการสืบค้นเพื่อเลือกข้อมูลของอะไหล่จากฐานข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลที่สืบค้นออกมาแล้วก็ให้นำไปเข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นก็ส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและเพิ่มเติมข้อมูลได้ เมื่อมีการเพิ่มเติมข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางข้อมูลอะไหล่ในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลกับผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.16

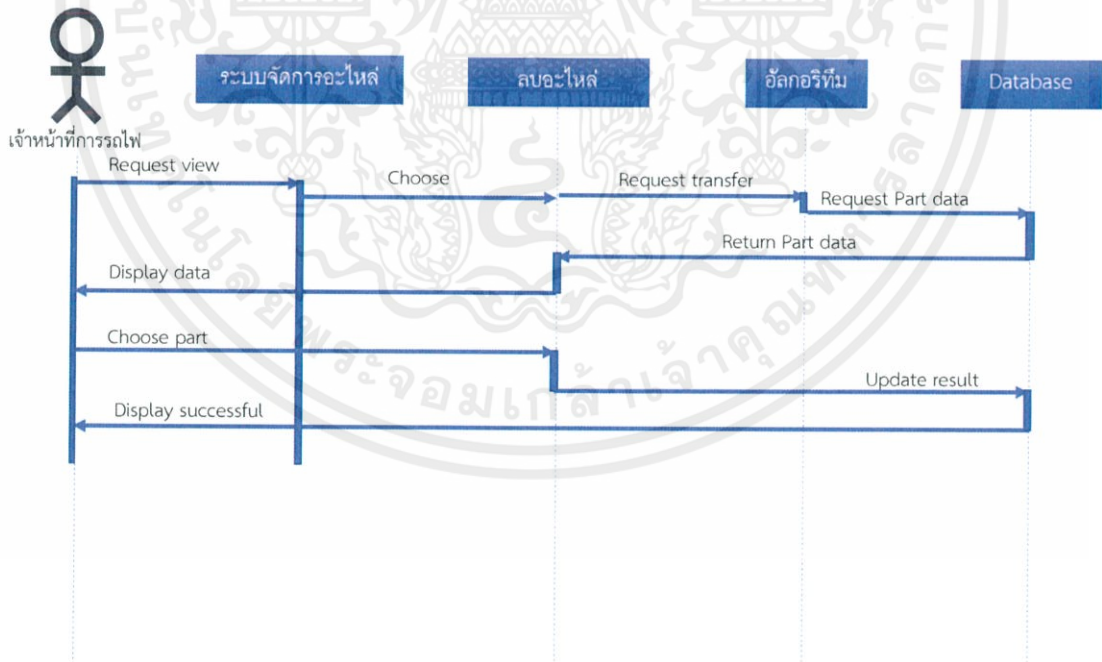


รูปที่ 3.16 Sequence Diagram ของการเพิ่มอะไหล่

หรือหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขหรือลบข้อมูลของอะไหล่ สามารถทำได้โดยการกดไปที่ “แก้ไข” “ลบ” ของชิ้นส่วนอะไหล่ต่างๆ ระบบก็จะไปนำข้อมูลที่ได้จากการทำสืบค้นในฐานข้อมูลเพื่อเลือกข้อมูลของชิ้นส่วนอะไหล่ออกมา จากนั้นก็นำเอาข้อมูลเหล่านั้นมาเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ แล้วนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูลและในขณะเดียวกันก็นำข้อมูลที่ถูกสืบค้นมาจากฐานข้อมูลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูลด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและสามารถแก้ไข/ลบข้อมูลได้เช่นกัน เมื่อมีการแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วข้อมูลที่ถูกแก้ไขนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางข้อมูลอะไหล่ในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงผลกับผู้ใช้งาน ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.17 และ Sequence Diagram รูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 Sequence Diagram ของการแก้ไขอะไหล่

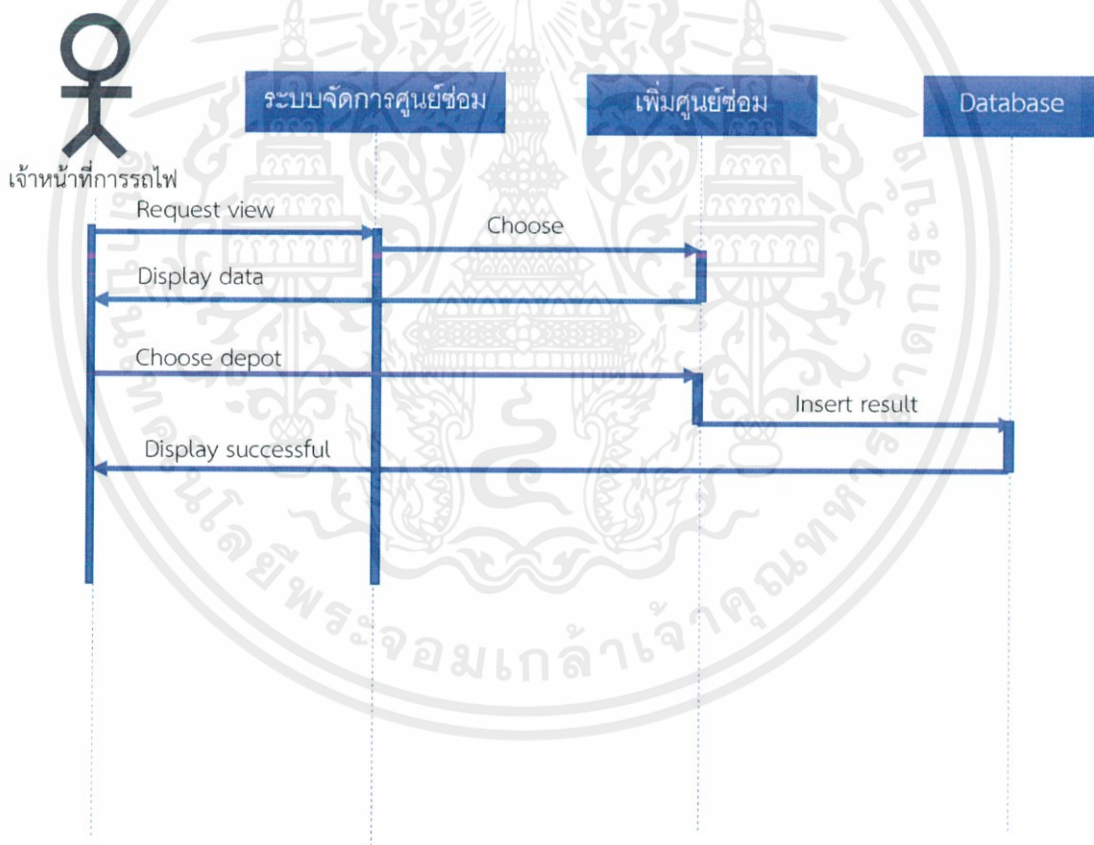


รูปที่ 3.18 Sequence Diagram ของการลบอะไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

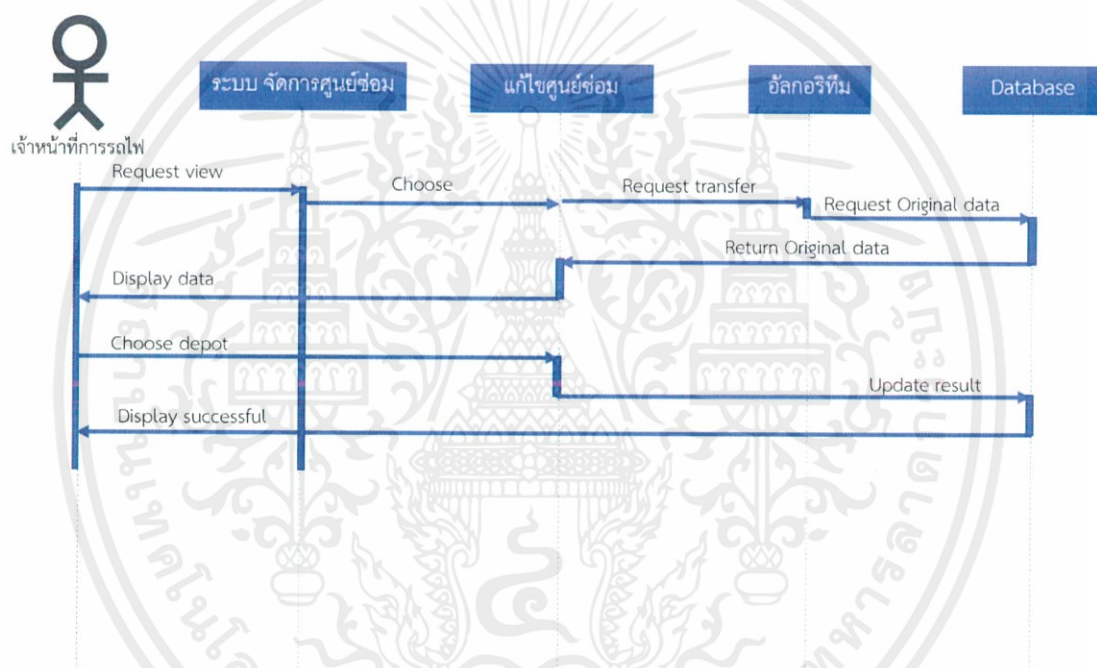
3.4.6 ระบบจัดการศูนย์ซ่อมบำรุง

ในระบบจัดการศูนย์ซ่อมบำรุง ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลรายละเอียดของศูนย์ซ่อมบำรุงได้เมื่อมีกดเข้าสู่หน้าเมนู “จัดการศูนย์ซ่อม” โดยข้อมูลเหล่านี้จะเป็นการนำเอาข้อมูลมาจากฐานข้อมูล (Database) ที่มีอยู่ในระบบ หากผู้ใช้งานต้องการเพิ่มศูนย์ซ่อมบำรุงลงไปในระบบสามารถทำได้โดยการกดไปที่ “เพิ่มศูนย์ซ่อม” ระบบก็จะทำการสืบค้นเพื่อเลือกข้อมูลของศูนย์ซ่อมจากฐานข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลที่สืบค้นออกมาแล้วก็นำไปเข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นก็ส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังฟอร์มข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและเพิ่มเติมข้อมูลได้ เมื่อมีการเพิ่มเติมข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกอัปเดตลงไปในตารางศูนย์ซ่อมในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงให้ผู้ใช้งานได้ดู ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.19

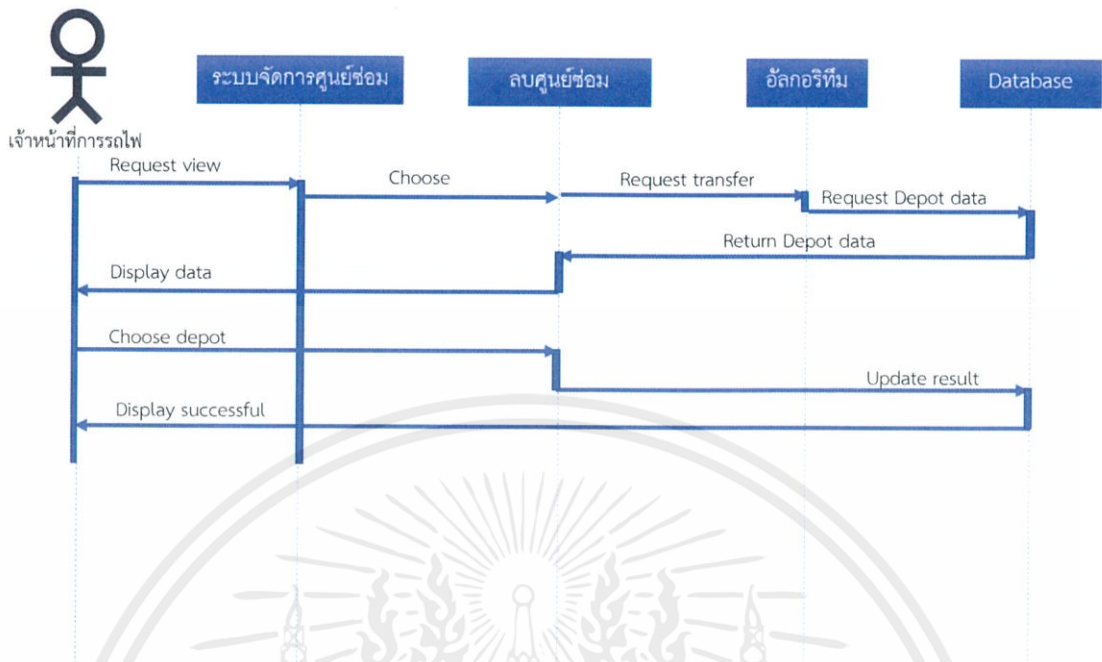


รูปที่ 3.19 Sequence Diagram ของการเพิ่มศูนย์ซ่อม

หรือหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไข/ลบข้อมูลของศูนย์ซ่อมบำรุง ก็สามารถทำได้โดยการกดไปที่ “แก้ไข” หรือ “ลบ” ของศูนย์ซ่อมนั้นๆ ระบบก็จะไปนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูลเพื่อเลือกข้อมูลของตู้รถไฟออกมา จากนั้นก็นำข้อมูลเหล่านั้นมาเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมเพื่อหาข้อมูลที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการแล้วจึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูลและในขณะเดียวกันก็นำข้อมูลที่ถูกสืบค้นมาจากฐานข้อมูลมาแสดงบนฟอร์มข้อมูลด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกและสามารถแก้ไข/ลบข้อมูลได้เช่นกัน เมื่อมีการแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วข้อมูลที่ถูกแก้ไขนั้นจะถูกอัปเดตลงไปเ็นข้อมูลของศูนย์ซ่อมในฐานข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลมาแสดงให้ผู้ใช้งานได้ดู ดัง Sequence Diagram รูปที่ 3.20 และ Sequence Diagram รูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20 Sequence Diagram ของการแก้ไขศูนย์ซ่อม



รูปที่ 3.21 Sequence Diagram ของการลบศูนย์ซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและผลของการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะแบ่งผลของการดำเนินงานเป็น 6 ส่วนการทำงานหลัก คือ

- 1.) ระบบการใช้ชุดรถไฟ
 - ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ
 - ระบบจัดการการใช้ชุดรถไฟ (หน้าหลักเว็บแอปพลิเคชัน)
- 2.) ระบบการเข้าซ่อม
 - ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม
 - ระบบจัดการการเข้าซ่อม
- 3.) ระบบจัดการชุดรถไฟ
- 4.) ระบบจัดการตู้รถไฟ
- 5.) ระบบจัดการอะไหล่
- 6.) ระบบจัดการศูนย์ซ่อม

4.1 ระบบการใช้ชุดรถไฟ

ระบบการใช้ชุดรถไฟ ทำหน้าที่วางแผน และจัดการกับชุดรถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบให้สามารถใช้งานได้สอดคล้องกับตารางการเดินรถไฟ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 งานย่อย ดังนี้

4.1.1 ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ

ระบบจัดการแผนใช้ชุดรถไฟ จะมีหน้าที่วางแผนว่าชุดรถไฟใดควรจะถูกใช้งานตามเส้นทางใด ตามตารางการเดินรถไฟ โดยพิจารณาจาก ระยะทางสะสมของชุดรถไฟ ระยะเวลาสะสมของชุดรถไฟ ตำแหน่งของชุดรถไฟ ระยะทางของเส้นทางการเดินรถ เป็นต้น ซึ่งจะแสดงในรูปแบบที่ 4.1

EMU Utilization System

กรรโง้อร่อไฟ - กรรเอ้อออ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ

ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ
ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ

ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ

อ้อกรรเอ้ออไฟ

อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ
303	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	04:20:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:05:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ
303	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	04:40:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	05:25:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ
303	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	14:35:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:05:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ
303	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:40:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:05:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ

รูปที่ 4.1 หน้าเมนู ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ

4.1.2 ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ

ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟจะเป็นหน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชัน ทำหน้าที่แสดงผลลั้อจจากระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ ซึ่งจะแสดงรายลั้ออของอ้อกรรเอ้ออไฟที่ลั้ออคลั้ออกับตารางการเดินรถไฟ ดังรูปที่ 4.2

EMU Utilization System

กรรโง้อร่อไฟ - กรรเอ้อออ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ - อ้อกรรเอ้ออไฟ

ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ
ระบบอ้อกรรเอ้ออไฟ

วันอ้อกรรเอ้ออไฟ 12 เมษายน 2560

วันที่ mm/dd/yyyy สถานีต้นทาง • สถานีปลายทาง Search

กรร	กรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ
1	303	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	04:20:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:05:00	outbound	อ้อกรรเอ้ออไฟ
2	311	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	04:40:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	05:25:00	outbound	อ้อกรรเอ้ออไฟ
3	407	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	14:35:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:05:00	outbound	อ้อกรรเอ้ออไฟ
4	403	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:40:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:05:00	outbound	อ้อกรรเอ้ออไฟ
5	409	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	06:00:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	07:15:00	outbound	อ้อกรรเอ้ออไฟ
6	401	อ้อกรรเอ้ออไฟ	อ้อกรรเอ้ออไฟ	10:55:00	อ้อกรรเอ้ออไฟ	09:05:00	outbound	อ้อกรรเอ้ออไฟ

รูปที่ 4.2 หน้าเมนู ระบบการอ้อกรรเอ้ออไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบการเข้าซ่อม

ระบบการเข้าซ่อม ทำหน้าที่วางแผนและจัดการกับการเข้าซ่อมของขุดรถไฟทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย ไม่ส่งผลกระทบต่อตารางการเดินรถไฟ และสามารถจัดการกับขุดรถไฟในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 งานย่อยดังนี้

4.2.1 ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม

ระบบจัดการแผนเข้าซ่อมจะมีหน้าที่วางแผนว่าขุดรถไฟใดควรจะถูกนำไปซ่อมเมื่อใดและศูนย์ซ่อมใด โดยพิจารณาจาก ระยะทางสะสมของขุดรถไฟ ระยะเวลาสะสมของขุดรถไฟ ตำแหน่งของขุดรถไฟ ระยะทางของเส้นทางการเดินรถ ความสามารถในการซ่อม ตำแหน่งของศูนย์ซ่อม, จำนวนที่ศูนย์ซ่อมสามารถรับได้ เป็นต้น ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 4.3

เลือก	รหัสขุดรถไฟ	ประเภท	ระยะทางสะสม	ระยะเวลาสะสม	สถานะ
<input type="checkbox"/>	303	passenger	9500	0.12	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	311	passenger	22000	0.5	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	403	passenger	130000	1.2	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	403	passenger	180000	1.5	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	401	passenger	250000	2.7	วิ่ง

รูปที่ 4.3 หน้าเมนู ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม

4.2.2 ระบบจัดการการเข้าซ่อม

ระบบจัดการการเข้าซ่อม ทำหน้าที่แสดงผลจากระบบจัดการแผนเข้าซ่อมซึ่งจะแสดงรายละเอียดของการเข้าซ่อมที่มีอยู่ในระบบ ประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ เลขเข้าซ่อม รหัสขุดรถไฟ ศูนย์ซ่อม ระยะเวลาเข้า ระยะเวลาออกและสามารถทำการแก้ไขรายละเอียดของการเข้าซ่อมได้ ดังรูปที่ 4.4

EMU Utilization System

การเข้าซ่อม

ระบบจัดการการเข้าซ่อม

ระบบจัดการการเข้าซ่อม

รหัสชุดรถไฟ สถานะรหัสชุดรถไฟ คุบยี่ห้อ เลือกคุบยี่ห้ออื่นๆ Search

เพิ่มเข้าซ่อม ลบเข้าซ่อม

เลขเข้าซ่อม	รหัสชุดรถไฟ	คุบยี่ห้อ	ระดับ	วันเข้า	วันออก	แก้ไข	Checklists
1	407	โรงรถจักรดีเซลเชียงใหม่	2	2017-03-31			
2	111	โรงรถจักรดีเซลเชียงใหม่	5	2017-03-31			
3	303	โรงรถจักรดีเซลกรุงเทพ	1	2017-04-11			

รูปที่ 4.4 หน้าเมนู ระบบจัดการการเข้าซ่อม

4.3 ระบบจัดการชุดรถไฟ

ระบบจัดการชุดรถไฟ ทำหน้าที่แสดงรายละเอียดของชุดรถไฟที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบ ประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ รหัสชุดรถไฟ ประเภท ระยะทางสะสม ระยะเวลสะสม สถานะ และสามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ รายละเอียดของชุดรถไฟได้ ดังรูปที่ 4.5

EMU Utilization System

จัดการชุดรถไฟ

จัดการชุดรถไฟ

รหัสชุดรถไฟ ประเภท เลือกประเภทชุดรถไฟ สถานะ เลือกนามชุดรถไฟ Search

เพิ่มชุดรถไฟ ลบชุดรถไฟ

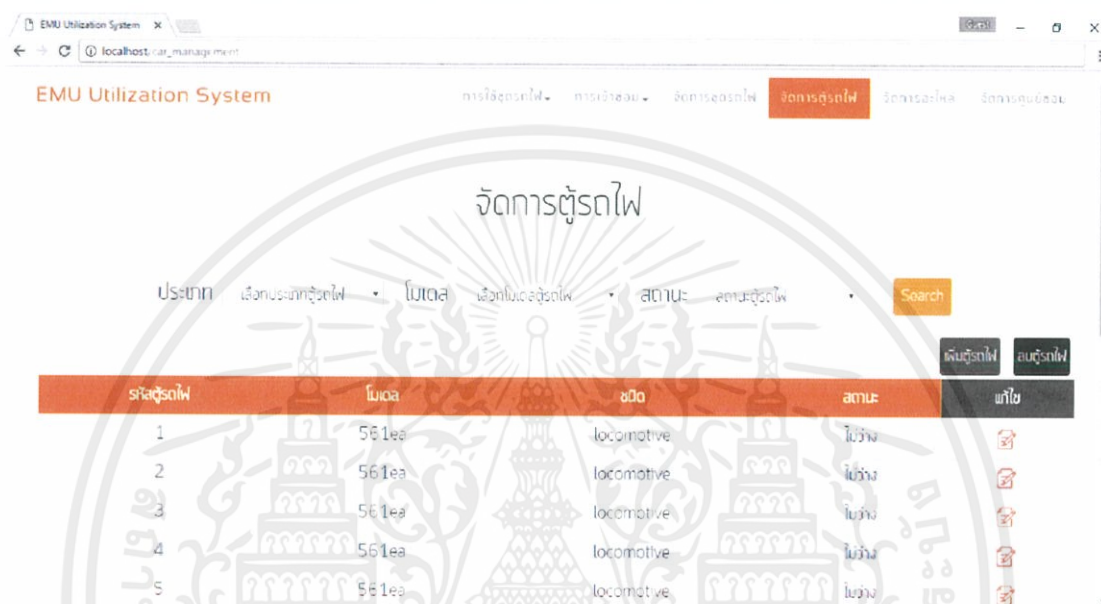
รหัสชุดรถไฟ	ประเภท	ระยะทางสะสม	ระยะเวลาสะสม	สถานะ	แก้ไข
303	ชุดรถไฟโดยสาร	9500	0.12	วิ่ง	
311	ชุดรถไฟโดยสาร	22000	0.5	วิ่ง	
407	ชุดรถไฟโดยสาร	49100	0.8	ซ่อม	
403	ชุดรถไฟโดยสาร	130000	1.2	วิ่ง	
409	ชุดรถไฟโดยสาร	180000	1.8	วิ่ง	

รูปที่ 4.5 หน้าเมนู ระบบจัดการชุดรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ระบบจัดการตู้รถไฟ

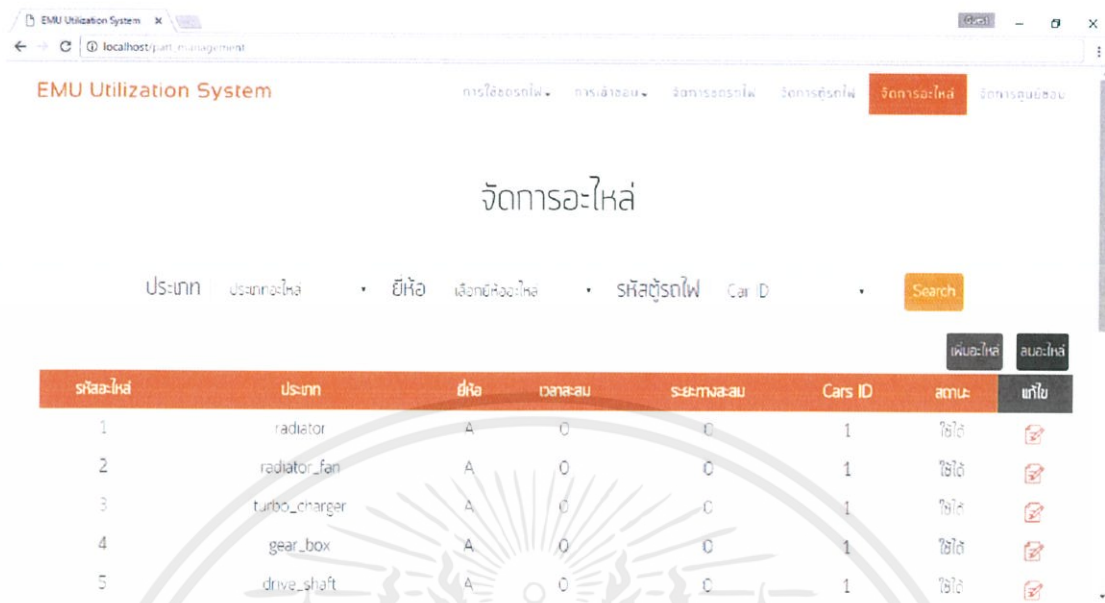
ระบบจัดการตู้รถไฟ ทำหน้าที่แสดงรายละเอียดของตู้รถไฟที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบ ประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ รหัสตู้รถไฟ โมเดล ชนิด สถานะและสามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ รายละเอียดของตู้รถไฟได้ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หน้าเมนู ระบบจัดการตู้รถไฟ

4.5 ระบบจัดการอะไหล่

ระบบจัดการอะไหล่ ทำหน้าที่แสดงรายละเอียดของอะไหล่รถไฟที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบ ประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ รหัสอะไหล่ ประเภท ยี่ห้อ เวลาสะสม ระยะทางสะสม Car ID สถานะและสามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ รายละเอียดของอะไหล่รถไฟได้ ดังรูปที่ 4.7



รหัสอะไหล่	ประเภท	ยี่ห้อ	วัสดุ	ระบบ	Cars ID	สถานะ	หมายเหตุ
1	radiator	A	O	O	1	ใช้ได้	
2	radiator_fan	A	O	O	1	ใช้ได้	
3	turbo_charger	A	O	O	1	ใช้ได้	
4	gear_box	A	O	O	1	ใช้ได้	
5	drive_shaft	A	O	O	1	ใช้ได้	

รูปที่ 4.7 หน้าเมนู ระบบจัดการอะไหล่

4.6 ระบบจัดการศูนย์ซ่อม

ระบบจัดการศูนย์ซ่อม ทำหน้าที่แสดงรายละเอียดของศูนย์ซ่อมบำรุงที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบ ประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ รหัสศูนย์ ตำแหน่งของศูนย์ซ่อมบำรุง ระดับ จำนวนที่รับได้ จำนวนที่รับได้และสามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ รายละเอียดของศูนย์ซ่อมได้ ดังรูปที่ 4.8



รหัสศูนย์	ตำแหน่ง	ระดับ	จำนวนที่รับได้	ว่าง	หมายเหตุ
1	โรงรถจักรดีเซลตรดัด	5	4	4	
2	โรงรถจักรดีเซลลำปาง	4	5	5	
3	โรงรถจักรดีเซลปากน้ำโพ	4	5	5	
4	โรงรถจักรดีเซลกรุงเทพ	5	5	5	
5	โรงรถจักรดีเซลเชียงใหม่	5	4	4	

รูปที่ 4.8 หน้าเมนู ระบบจัดการศูนย์ซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการเรื่อง ระบบวางแผนการใช้ประโยชน์จากขบวนรถ (EMU Utilization System) นำเสนอเรื่องของการจัดทำโปรแกรมให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนจัดการกับการหมุนเวียนขบวนรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงขบวนรถได้อย่างเหมาะสม มีความปลอดภัยและไม่ส่งผลกระทบต่อตารางการเดินรถไฟ โดยได้ทำการศึกษาและจัดทำระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ได้แก่ ระบบจัดการการใช้ขบวนรถ ระบบการเข้าซ่อม ระบบจัดการขบวนรถ ระบบจัดการตู้รถไฟ ระบบจัดการอะไหล่และระบบจัดการศูนย์ซ่อม เพื่อที่จะวางแผนการใช้งานขบวนรถจากทรัพยากรรถไฟที่มีอยู่ ให้สามารถวิ่งตามแผนตารางการเดินรถที่มีอยู่และจัดสรรขบวนรถให้เพียงพอต่อการใช้งานในวันถัดไป โดยเมื่อถึงกำหนดเวลาในการซ่อมบำรุงหรือกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินกับขบวนรถ ระบบจะสามารถประมวลผลสำหรับการวางแผนและจัดสร้างตารางการซ่อมบำรุงขบวนรถได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากที่สุด

5.2 ปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินงาน

5.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

- เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน อย่าง Docker และ Sourcetree ต้องทำการเรียนรู้เพิ่มเติมหรือเรียนรู้ใหม่ตั้งแต่ต้น เนื่องจากไม่เคยได้ศึกษาและใช้มาก่อน เมื่อเกิดปัญหาจากการลงโปรแกรมหรือข้อผิดพลาด จากการอัปโหลดซอร์สโค้ด (Source code) จึงทำให้เสียเวลาในการพัฒนาไปพอสมควร

- ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เป็นเรื่องปกติที่อาจจะติดปัญหาในการรันผลซอร์สโค้ด (Source code) ไม่แสดงผลเป็นไปตามที่ต้องการ เกิดข้อผิดพลาด ทำให้ต้องเสียเวลาศึกษาค้นคว้าจากแหล่งความรู้ต่างๆ เพิ่มเติม เพื่อให้แสดงผลเป็นไปตามที่ต้องการ

5.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้า

- ข้อมูลต้นแบบที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้ามิเพียงพอ จึงทำให้ต้องจำลองข้อมูลบางส่วนขึ้น อาจจะทำให้รายละเอียดการทำงานของโปรแกรมไม่สมบูรณ์แบบ

5.3 แนวทางในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต่อไป

- หากต้องการรายละเอียดในเรื่องของข้อมูลมากขึ้น ควรจะสอบถามกับผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้โดยตรง เพราะยังมีข้อมูลอีกมากที่ต้องเพิ่มรายละเอียดให้มากกว่านี้
- ควรจะวางแผนลำดับขั้นตอนในการทำให้ดีและควรมีแผนสำรองในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดจะได้ไม่ทำให้เสียเวลาในการพัฒนาเพิ่มขึ้น
- พัฒนาให้หน้าเว็บแอปพลิเคชันให้ใช้งานง่ายขึ้น
- เพิ่มเติมข้อมูลให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น เพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- พัฒนาระบบจัดการด้านต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น
- พัฒนาด้านการแสดงผลข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

- [1] 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>.
- [2] Pieter-Jan Fioole, Leo Kroon, Ga'bor Maro'ti, Alexander Schrijver. 2005. **A Rolling Stock Circulation model for combining and splitting of passenger trains**. [Online]. Available : <http://homepages.cwi.nl/~lex/files/noXfinal.pdf>
- [3] Asst.Dr.Vanvisa Chatchawong, Asst.Prof.Mayuree Lertwatechakul, 2016. **Development of Teaching Platform of Operation and Control for Railway System**. Faculty of Engineering : King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- [4] ส่วนประกอบของ Web Application. 2016. [Online]. Available : <https://blog.wisered.com>
- [5] HTML คือ. 2009. [Online]. Available : <http://www.codingbasic.com/html.html>
HTML คืออะไร?. 2015. [Online]. Available : <http://www.fusionidea.biz/html-คืออะไร/>
- [6] CSS คืออะไร?. 2009. [Online]. Available : http://www.enjoyday.net/webtutorial/css/css_chapter01.html
- [7] Javascript คืออะไร?. 2017. [Online]. Available : <http://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2187-java-javascript-คืออะไร.html>
- [8] PHP คืออะไร?. 2017. [Online]. Available : <http://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2127-phpคืออะไร.html>
- [9] Laravel PHP Framework. 2016. [Online]. Available : <http://www.softmelt.com/article.php?id=501>



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster (และรูปผลงานถ้ามี)

Department of Computer Engineering
(Information Engineering)



EMU UTILIZATION SYSTEM

Wiphada Jirasirilerd, Weris Pattamapansakul and Supaporn Chaiyasith
Advisor: Asst.Prof. Mayuree Lertwatechakul

Abstract

This thesis is about EMU Utilization System which was created for making plan and manipulating the rolling stock circulation effectively. The system could be used to plan the maintenance schedule by using timetable as an input.

The application could be worked in 2 difference modes: the manual mode and the automatic mode. In the manual mode, a user creates a utilization plan and a maintenance plan by himself. In automatic mode, the system generates a utilization plan and a maintenance plan by considering train timetable and the location of depots. The maintenance plan must be complied to the train service security requirement whereas it does not affect to train timetable.

Introduction

EMU Utilization is a vital problem in railway service system. Rolling stock circulation and maintenance must be planned carefully to provide ready to use rolling stocks for safety transportation. In order to provide a tool for rolling stock circulation and maintenance, we developed the EMU Utilization system that could process and generate EMU utilization plan and the maintenance schedule appropriately concerned to the train timetable.

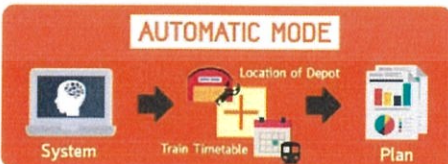
A set of rolling stock will be scheduled for the next day usage or maintenance corresponding to its previous circulation plan. The system generates the EMU utilization and maintenance plan with a spared set of units to support the emergency case.

Methodology

MANUAL MODE



AUTOMATIC MODE



Results



Conclusion

EMU Utilization could be used to plan the maintenance schedule by using timetable as an input. We studied and implemented many subsystems includes EMU Utilization system, EMU Maintenance system, EMU Management system, Part Management system and Depot Management system. The system was created to make rolling stock circulation plan according to the train timetable to provide safety train service more effectively.

References

- [1] 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>.
- [2] Asst.Dr.Vanvisha Chatchawong, Asst.Prof.Mayuree Lertwatechakul, "Development of Teaching Platform of Operation and Control for Railway System", Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Lackrabang, 2016.

E-mail: kmayure@kmitl.ac.th,
56011133@kmitl.ac.th, 56011165@kmitl.ac.th, 56011359@kmitl.ac.th

รูปที่ ก.1 Poster EMU Utilization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัป	รหัสขบวนรถไฟ	ชนิด	สถานีต้นทาง	เวลาออก	สถานีปลายทาง	เวลาถึง	เที่ยว	แก้ไข
1	303	รถขบวนเมือง	กรุงเทพฯ	04:20:00	สพบุรี	07:05:00	outbound	
2	311	รถขบวนเมือง	กรุงเทพฯ	04:40:00	รังสิต	05:25:00	outbound	
3	407	รถท่องเที่ยว	นครสวรรค์	14:35:00	เชียงใหม่	07:05:00	outbound	
4	403	รถท่องเที่ยว	พิษณุโลก	07:40:00	ศาลายา	07:05:00	outbound	
5	409	รถท่องเที่ยว	อุบลราชธานี	06:00:00	สพบุรี	07:15:00	outbound	
			สพบุรี	10:55:00	พิษณุโลก	09:05:00	outbound	

รูปที่ ก.2 หน้าเว็บระบบจัดการการใช้ขบวนรถไฟ

ขบวนรถไฟ	ชนิด	สถานีต้นทาง	เวลาออก	สถานีปลายทาง	เวลาถึง	เที่ยว
303	รถขบวนเมือง	กรุงเทพฯ	04:20:00	สพบุรี	07:05:00	เที่ยวไป
303	รถขบวนเมือง	กรุงเทพฯ	04:40:00	รังสิต	05:25:00	เที่ยวไป
303	รถท่องเที่ยว	นครสวรรค์	14:35:00	เชียงใหม่	07:05:00	เที่ยวไป
303	รถท่องเที่ยว	พิษณุโลก	07:40:00	ศาลายา	07:05:00	เที่ยวไป

รูปที่ ก.3 หน้าเว็บระบบจัดการแผนใช้ขบวนรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMU Utilization System

การใช้ออร์ดิไฟ การเข้าซ่อม จัดการออร์ดิไฟ จัดการออร์ดิไฟ จัดการออร์ดิไฟ จัดการออร์ดิไฟ

ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม ระบบจัดการการเข้าซ่อม

ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม

รหัสขบวนไฟ ประเภท เลือกประเภทขบวนไฟ สถานะ เลือกสถานะขบวนไฟ Search

เลือก	รหัสขบวนไฟ	ประเภท	ระยะทางสะสม	ระยะเวลาสะสม	สถานะ
<input type="checkbox"/>	303	passenger	9500	0.12	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	311	passenger	22000	0.5	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	403	passenger	130000	1.2	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	405	passenger	150000	1.8	วิ่ง
<input type="checkbox"/>	407	passenger	250000	2.7	วิ่ง

รูปที่ ก.4 หน้าเว็บระบบจัดการแผนเข้าซ่อม

EMU Utilization System

การใช้ออร์ดิไฟ การเข้าซ่อม จัดการออร์ดิไฟ จัดการออร์ดิไฟ จัดการออร์ดิไฟ จัดการออร์ดิไฟ

ระบบจัดการแผนเข้าซ่อม ระบบจัดการการเข้าซ่อม

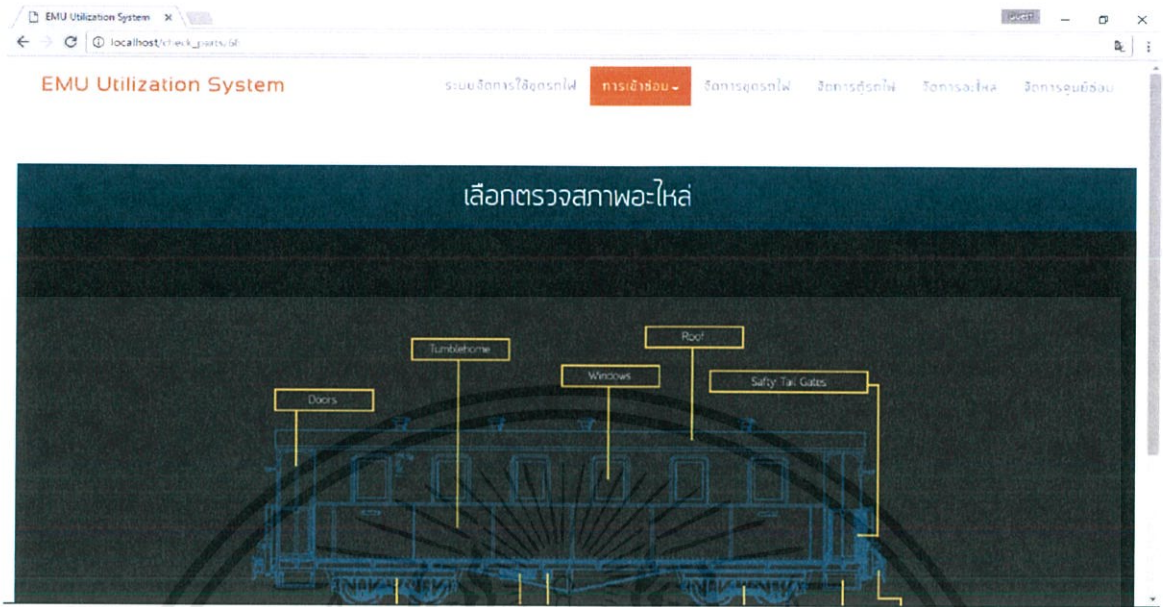
ระบบจัดการการเข้าซ่อม

รหัสขบวนไฟ เลือกรหัสขบวนไฟ ศูนย์ซ่อม เลือกศูนย์ซ่อมบำรุง Search

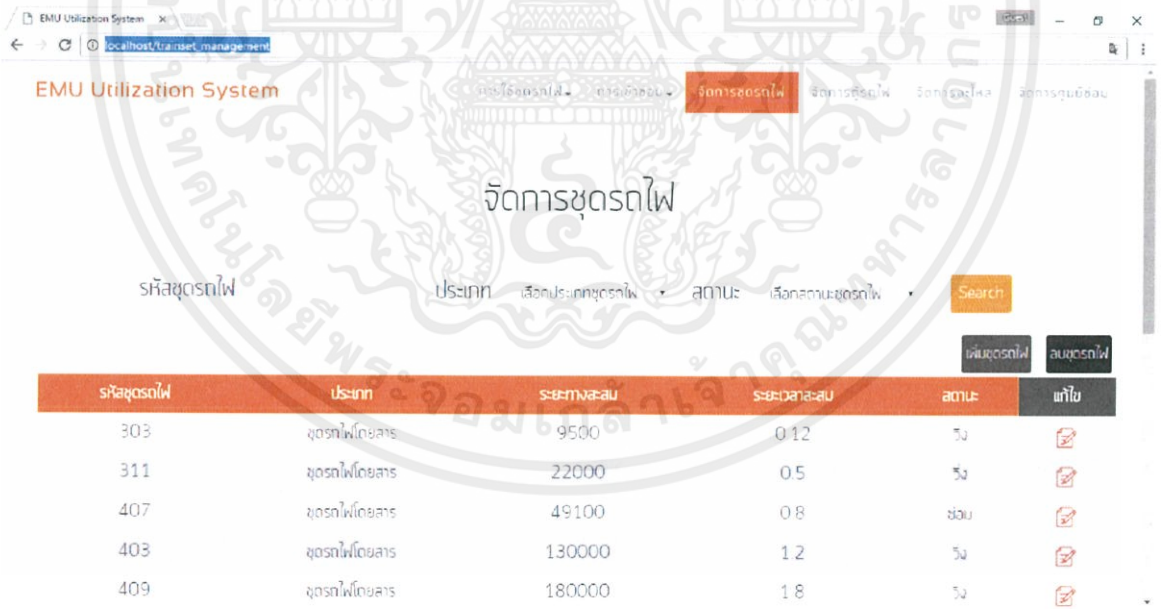
เลขเข้าซ่อม	รหัสขบวนไฟ	ศูนย์ซ่อม	ระดับ	วันเวลาเข้า	วันเวลาออก	แก้ไข	Checklists
1	407	โรงรถจักรดีเซลเชียงใหม่	2	2017-03-31		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	111	โรงรถจักรดีเซลเชียงใหม่	5	2017-03-31		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	303	โรงรถจักรดีเซลกรุงเทพ	1	2017-04-11		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

รูปที่ ก.5 หน้าเว็บระบบจัดการการการเข้าซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 หน้าเว็บการตรวจสอบอะไหล่



รูปที่ ก.7 หน้าเว็บระบบจัดการชุดรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสอะไหล่	อุปกรณ์	ยี่ห้อ	มวลอะลูมิเนียม	ระยะทางอะลูมิเนียม	Cars ID	สถานะ	แก้ไข
1	radiator	A	0	0	1	ใช้ได้	
2	radiator_fan	A	0	0	1	ใช้ได้	
3	turbo_charger	A	0	0	1	ใช้ได้	
4	gear_box	A	0	0	1	ใช้ได้	
5	drive_shaft	A	0	0	1	ใช้ได้	

รูปที่ ก.8 หน้าเว็บระบบจัดการอะไหล่

รหัสศูนย์	ตำแหน่ง	ระดับ	จำนวนที่รับได้	รางวัล	แก้ไข
1	โรงรถจักรดีเซลอุดรธานี	5	4	4	
2	โรงรถจักรดีเซลลำปาง	4	5	5	
3	โรงรถจักรดีเซลปากน้ำโพ	4	5	5	
4	โรงรถจักรดีเซลกรุงเทพฯ	5	5	5	
5	โรงรถจักรดีเซลเชียงใหม่	5	4	4	

รูปที่ ก.9 หน้าเว็บระบบจัดการศูนย์ซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม Docker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

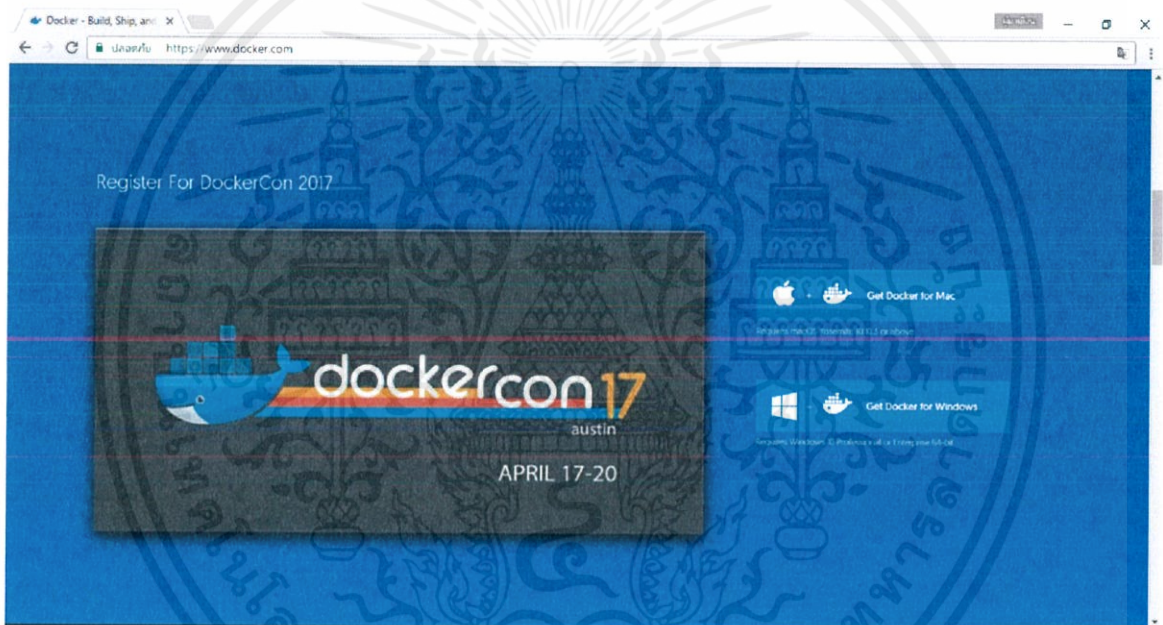
ภาคผนวก ข

ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม Docker

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Docker

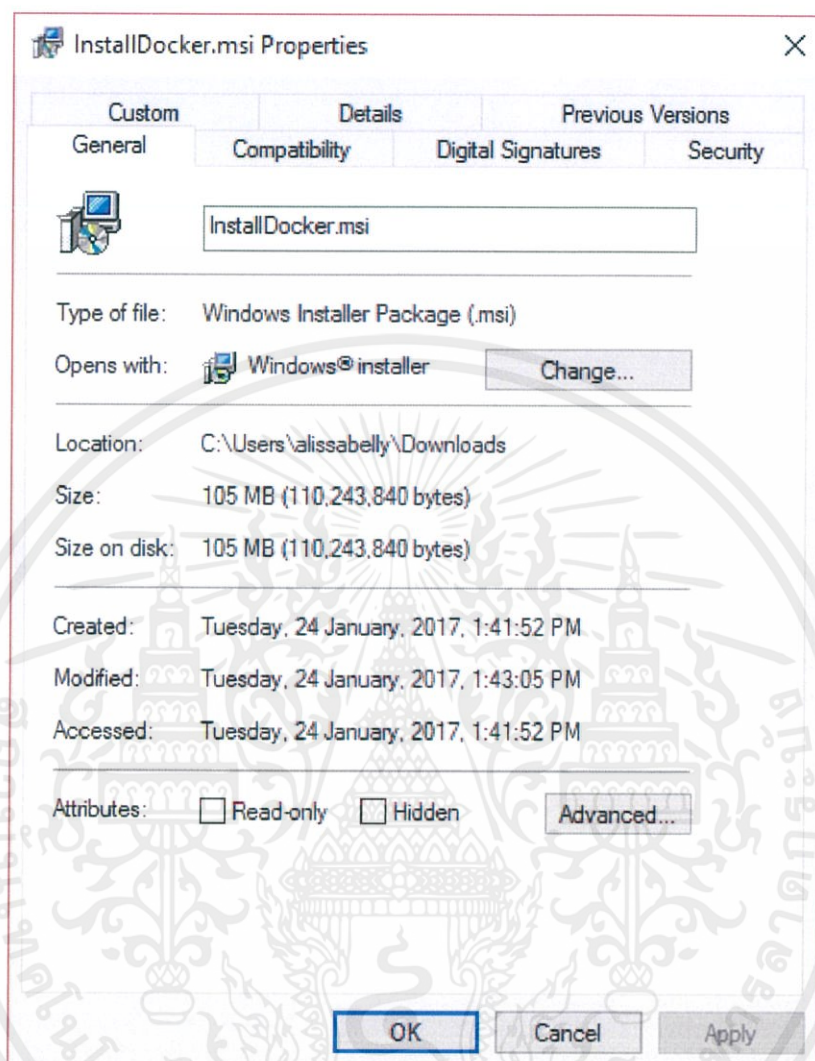
โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. สามารถเข้าไปดาวน์โหลดตัวโปรแกรมได้จาก www.docker.com เลื่อนหน้าเว็บลงมาด้านล่าง แล้วเลือกดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการ Windows ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม Docker

2. เมื่อทำการดาวน์โหลด InstallDocker.msi เรียบร้อย ตัวไฟล์จะมีขนาดและฟอร์แมตไฟล์ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม Docker

3. Double-click ไฟล์ InstallDocker.msi เพื่อเริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

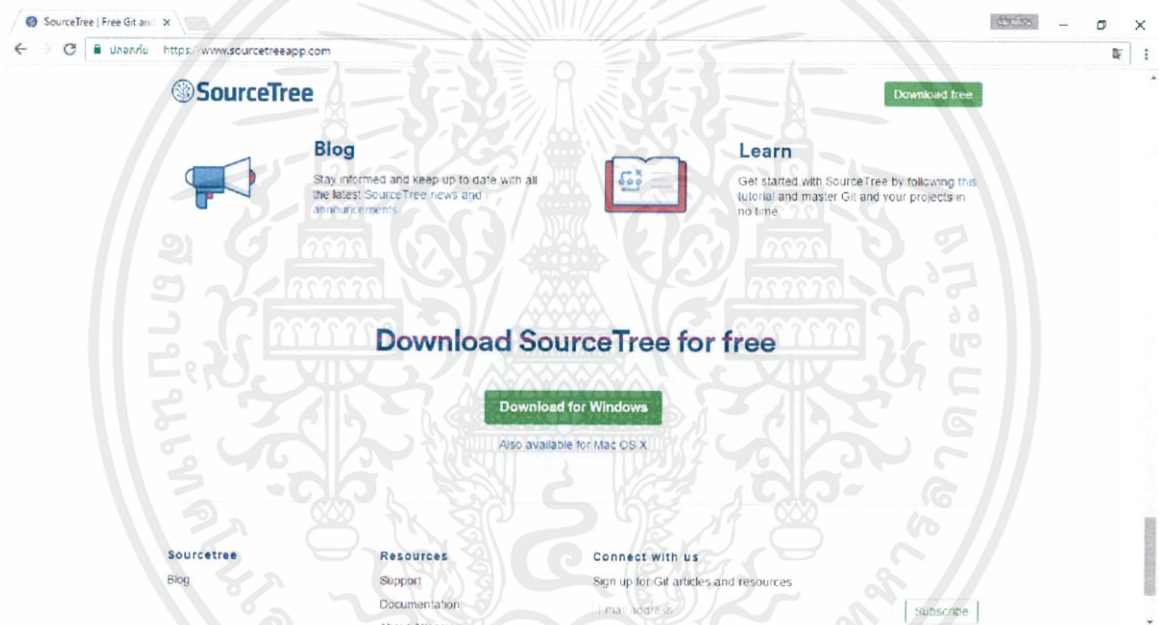
ภาคผนวก ค

ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม SourceTree

การติดตั้งโปรแกรม SourceTree

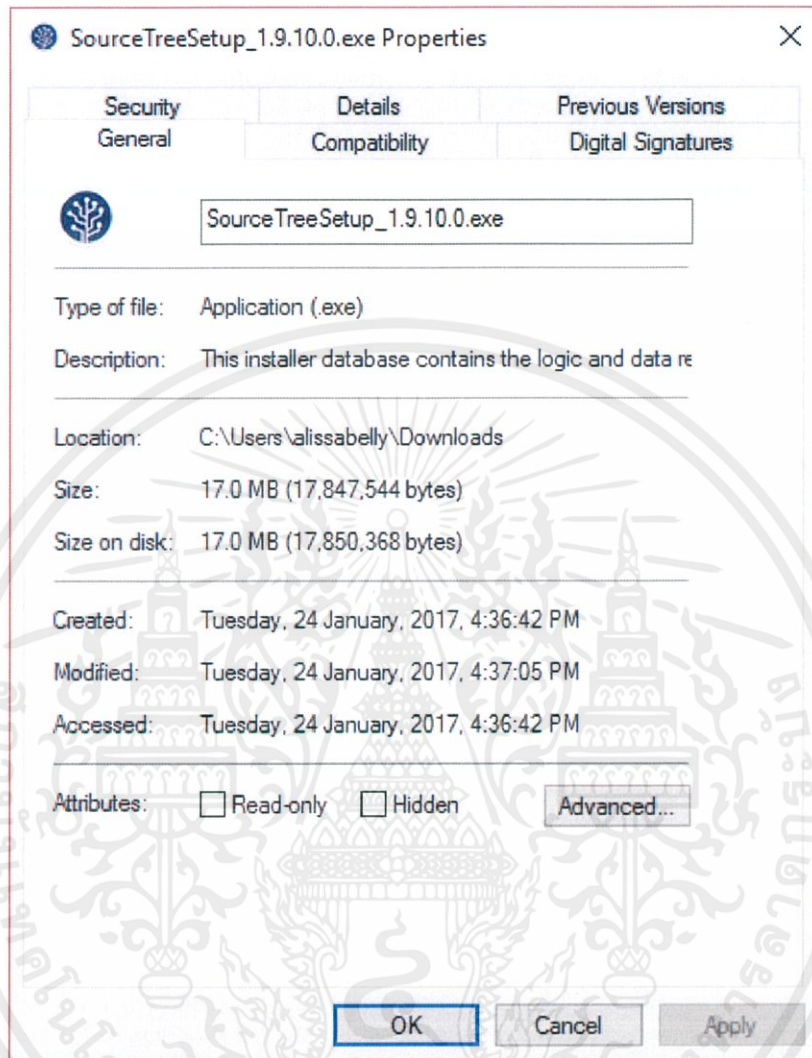
โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. สามารถเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรมได้จาก www.sourcetreeapp.com เลื่อนหน้าเว็บลงมาด้านล่าง แล้วเลือกดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการ Windows ดังรูปที่ ค.1



รูปที่ ค.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม SourceTree

2. เมื่อทำการดาวน์โหลด SourceTreeSetup_1.9.10.0.exe เรียบร้อย ตัวไฟล์จะมีขนาดและฟอร์แมตไฟล์ดังรูปที่ ค.2



รูปที่ ค.2 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม SourceTree

3. Double-click ไฟล์ SourceTreeSetup_1.9.10.0.exe เพื่อเริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

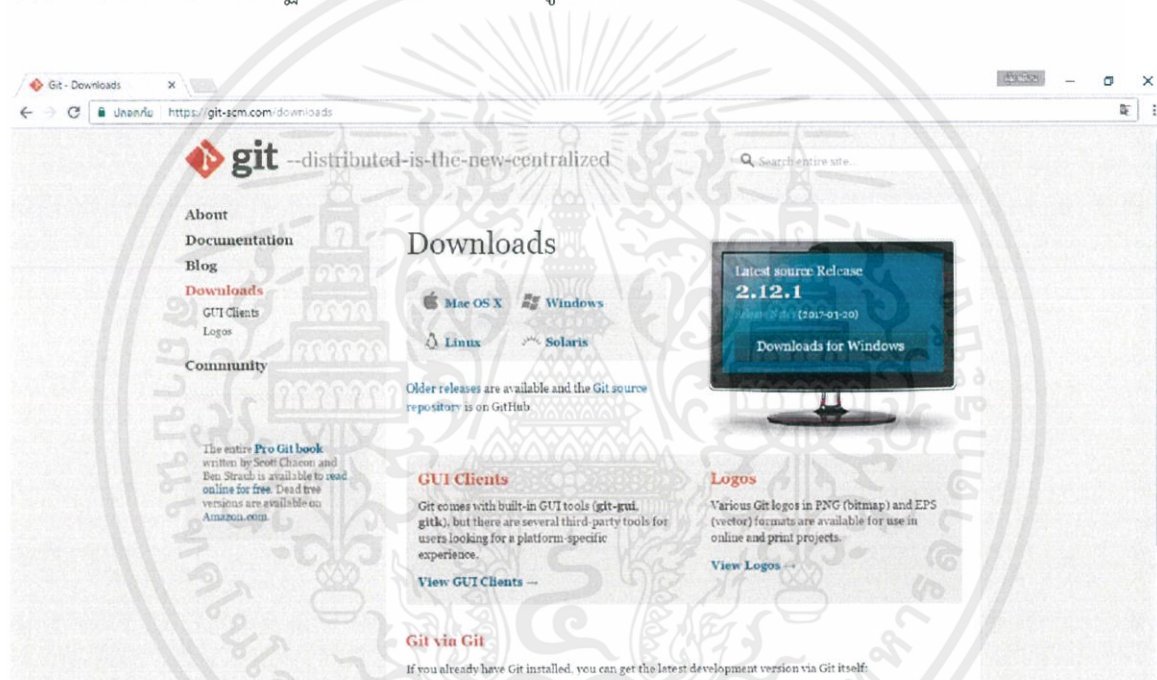
ภาคผนวก ข

ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม Git

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Git

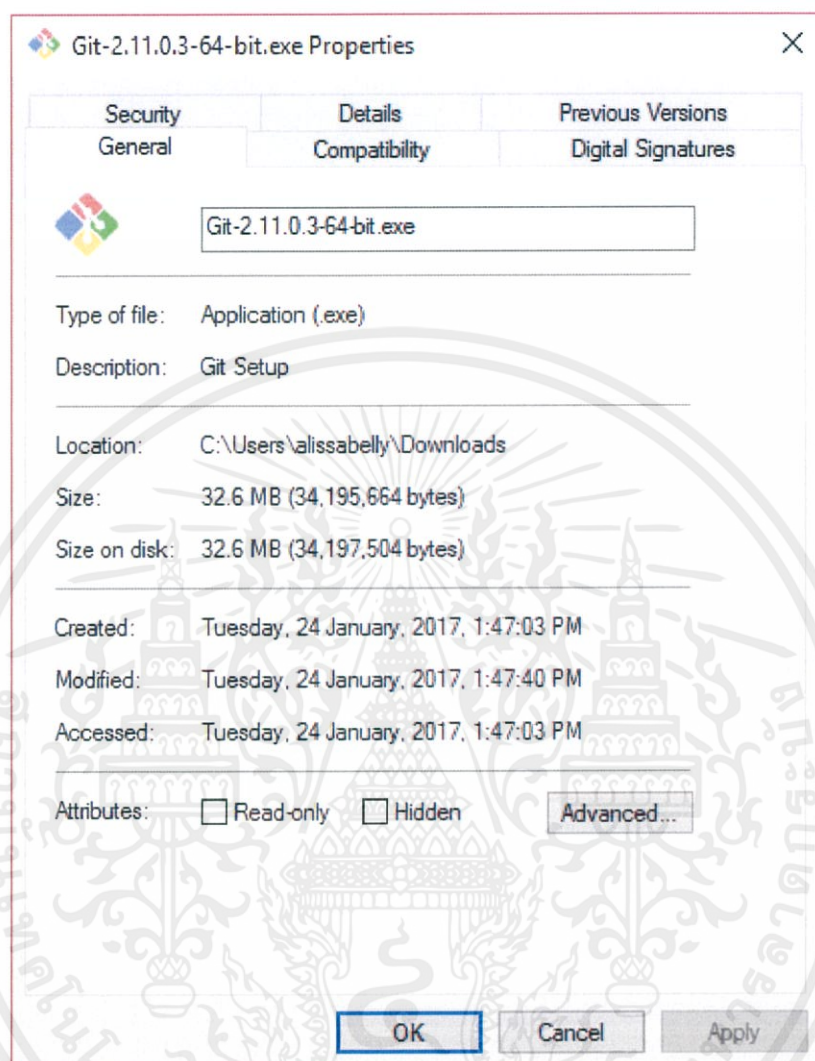
โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. สามารถเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรมได้จาก <https://git-scm.com/downloads> แล้วเลือกดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการ Windows ดังรูปที่ ง.1



รูปที่ ง.1 หน้าเว็บไซต์แสดงขั้นตอนการเข้าไปดาวน์โหลดโปรแกรม Git

2. เมื่อทำการดาวน์โหลด Git-2.11.0.3-64-bit.exe เรียบร้อย ตัวไฟล์จะมีขนาดและฟอร์แมตไฟล์ดังรูปที่ ง.2



รูปที่ ง.2 หน้าต่างแสดงขนาดของโปรแกรม Git

3. Double-click ไฟล์ Git-2.11.0.3-64-bit.exe เพื่อเริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม