ระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

TRAIN OPERATION SYSTEM SIMULATOR

ศุภชัย เดชรักษา
SUPACHAI DECHRAKSA
อชิระ เรไพจิตต์
ACHIRA REPAICHIT

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

TRAIN OPERATION SYSTEM SIMULATOR

ศุภชัย เดชรักษา
SUPACHAI DECHRAKSA
อชิระ เรไพจิตต์
ACHIRA REPAICHIT

b.00265102
i.
TB00079

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRAIN OPERATION SYSTEM SIMULATOR

SUPACHAI DECHRAKSA
ACHIRA REPAICHIT

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ
Project Title	TRAIN OPERATION SYSTEM SIMULATOR
ชื่อนักศึกษา	นายศุภชัย เดชรักษา
	นายอชิระ เรไพจิตต์
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา	2560

(...)
ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(...)
ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ		
Project Title	Train Operation System Simulator		
ชื่อนักศึกษา	นายศุภชัย เดชรักษา	รหัสนักศึกษา	57011262
	นายอชิระ เรไพจิตต์	รหัสนักศึกษา	57011448
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์		

บทคัดย่อ

ระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถไฟ (Train Operation System Simulator) เป็นระบบที่จำลองสภาพแวดล้อมการทำงานและระบบอาณัติสัญญาณของระบบรถไฟ ระบบจำลองนี้ถูกพัฒนาสำหรับใช้ศึกษาและฝึกอบรม ระบบจำลองสามารถอ่านข้อมูลของระบบรถไฟที่ประกอบไปด้วย สถานี รางรถไฟ สวิตช์ ป้ายสัญญาณไฟ และตารางเวลาจากฐานข้อมูลแล้วนำมาแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิก ผู้เรียนสามารถสังเกตการทำงานของระบบรถไฟได้โดยการเลือกตารางเวลา ตั้งค่าเวลาเริ่มต้นของระบบจำลองและสั่งให้ระบบเริ่มต้นทำงานในโหมดทำงานอัตโนมัติ ระบบจำลองจะลำดับการทำงานของอุปกรณ์อาณัติสัญญาณตามระบบบังคับสัมพันธ์ เมื่อมีการจองเส้นทางรถไฟ ตามที่ได้ตั้งค่าไว้ในระบบ ผู้เรียนสามารถเห็นสถานะของสวิตซ์ต่าง ๆ ในเส้นทางทั้งในตำแหน่งปกติและย้อนกลับ การทำงานของระบบอาณัติสัญญาณจะถูกแสดงให้สอดคล้องกับเส้นทางที่ได้จองไว้ซึ่งจะแสดงสถานะสีเหลืองที่ส่วนของราง ผู้เรียนสามารถฝึกทักษะการควบคุมการเดินรถในระบบรถไฟได้ในโหมดฝึกซ้อม แล้วตั้งค่าเส้นทางสำหรับรถไฟขบวนต่าง ๆ ผู้เรียนจะต้องกำหนดท่าของสวิตช์ที่จำเป็นทั้งหมดตามเส้นทางและควบคุมสัญญาณไฟเพื่อให้รถไฟเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง การทำงานทั้งหมดของผู้ใช้จะถูกบันทึก ซึ่งผลลัพธ์จะถูกนำมาแสดงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตารางเวลารถไฟตั้งต้นกับผลการดำเนินการควบคุมการเดินรถของตารางรถไฟที่ผู้เรียนได้ฝึกซ้อม จากนั้นระบบจะแสดงจุดบกพร่องของการทำงานที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Train Operation System Simulator		
Student	Mr. Supachai Dechraksa	Student ID.	57011262
	Mr. Achira Repaichit	Student ID.	57011448
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Department	Computer Engineering		
Academic Year	2017		
Project Advisor	Asst.Prof. Mayuree Lertwatechakul		
	Asst.Prof.Dr. Vanvisa Chutchavong		

ABSTRACT

Train Operation System Simulator is a software that simulates the working environment and signaling system of the high-speed railway system. The software is developed with an objective for using as a teaching and training facility. The software can read the data of a railway system infrastructure including stations, tracks, switches and signals then show the railway infrastructure in form of graphics objects. User may investigate the operation of the railway system by selecting a timetable, setting the beginning time of the simulator and starting the simulator in the automatic controlling mode. The simulator will show how a route is set and what is the sequence of interlocking occurred within the system, user can see which switches are set and locked in normal position, and which are set and locked in reversed position. Sequence of signaling events will be shown synchronized to track occupation represented by yellow color of a track section. The user may practice train dispatching skill by running simulator in practicing mode and then set a route for any coming train, user must set the position of all necessary switches and control the signals in order to control the train movement correctly. All operation of a user will be recorded and the result of the train operation will be shown in form of the differentiate between the original train timetable and the practicing one and remarks of all wrong operation that occurred by the user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล และ ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาและข้อผิดพลาดตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณลงกรณ์ วิจิตรธนสาร (พี่บอย) ที่ได้ให้ความรู้และข้อมูลสำคัญสำหรับการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้อย่างยิ่ง คือ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจ เปิดโอกาสและให้การสนับสนุนผู้จัดทำในทุก ๆ เรื่องตั้งแต่เริ่มการศึกษามาจนสำเร็จการศึกษาและขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมสารสนเทศและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้จัดทำในทุก ๆ ด้าน ระหว่างการจัดทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศุภชัย เดชรักษา
อชิระ ไรไพจิตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2
1.4 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงงาน.....2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....4
1.6 แผนผัง หรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงงาน.....5

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้.....6
2.1 ระบบขนส่งทางราง.....6
2.2 ความกว้างของรางรถไฟ.....6
2.3 ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟ.....7
2.3.1 ระบบอาณัติสัญญาณในประเทศไทย.....7
2.4 หลักการเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟ.....8
2.4.1 การรักษาระยะห่างโดยใช้ Relative Braking Distance.....8
2.4.2 การรักษาระยะห่างโดยใช้ Fixed Block.....9
2.4.3 การรักษาระยะห่างโดยใช้ Absolute Braking Distance.....9
2.4.4 การคำนวณระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟ.....10
2.5 วิธีการส่งสัญญาณถึงคนขับรถไฟ.....12
2.5.1 สัญญาณไฟสี.....12
2.6 ระบบป้องกันรถไฟ.....13
2.6.1 ระบบทางกลสำหรับหยุดรถไฟ.....14
2.6.2 ระบบสัญญาณเตือนอัตโนมัติ.....14
2.6.3 ระบบสัญญาณเตือนและป้องกันรถไฟ.....15
2.6.4 ตอนสัญญาณ.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม.......... 16
3.1 ความต้องการของระบบ.......... 16
3.2 การออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม.......... 16
3.2.1 ลักษณะของแอปพลิเคชัน.......... 17
3.2.2 Flowchart ของการจองเส้นทาง.......... 17
3.2.3 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram).......... 18
3.2.4 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram).......... 23
3.2.5 Metadata database.......... 23
3.2.6 ลักษณะของโครงสร้างข้อมูล.......... 24
3.2.7 Sequence Diagram.......... 26

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.......... 29
4.1 เริ่มต้นการใช้ระบบจำลองการควบคุมและการเดินรถ.......... 29
4.2 ระบบจัดการข้อมูลของระบบจำลอง.......... 33
4.2.1 การจัดการระบบราง.......... 33
4.2.2 การจัดการระบบสถานีรถไฟ.......... 34
4.2.3 การจัดการระบบรถไฟ.......... 35

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.......... 37
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.......... 37
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น.......... 37
5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป.......... 37

บรรณานุกรม.......... 39

ภาคผนวก ก Posrter.......... 41
ภาคผนวก ข การติดตั้งโปรแกรม Visual Studio.......... 43
ภาคผนวก ค การติดตั้งโปรแกรม XAMPP.......... 48
ภาคผนวก ง การติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ.......... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงานโครงงาน....................5
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง Gauge ของทางรถไฟประเทศต่าง ๆ....................6
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างสัญญาณชนิดต่าง ๆ....................12
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบจำลองการเดินรถ....................18
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบอาณัติสัญญาณ....................19
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบควบคุมรถไฟ....................19
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram จองเส้นทางเดินรถ....................20
ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram เลือกขบวนรถไฟ....................20
ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram เลือกสถานีต้นทาง-ปลายทาง....................21
ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบการจัดการข้อมูลระบบจำลอง....................21
ตารางที่ 3.8 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบราง....................21
ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบขบวนรถไฟ....................22
ตารางที่ 3.10 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบสถานี....................22
ตารางที่ 3.11 ตารางราง....................23
ตารางที่ 3.12 ตารางสวิตช์....................24
ตารางที่ 3.13 ตารางสถานีรถไฟ....................24
ตารางที่ 3.14 ตารางขบวนรถไฟ....................24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า
รูปที่ 1.1 เส้นทางรถไฟความเร็วสูง กรุงเทพ – หนองคาย....1
รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบควบคุมการเดินรถ....2
รูปที่ 1.3 การเลือกขบวนรถและการเลือกเส้นทางการเดินรถ....3
รูปที่ 1.4 สถานะของสัญญาณไฟประจำสถานีต่าง ๆ....3
รูปที่ 1.5 การจองเส้นทางสำหรับให้ขบวนรถวิ่ง....3
รูปที่ 1.6 ฟังก์ชันทั้งหมดของ Management Module....4
รูปที่ 2.1 ระยะห่างระหว่างขบวนรถโดยใช้ Relative Braking Distance....8
รูปที่ 2.2 ระยะห่างระหว่างขบวนรถโดยใช้ Fixed Block....9
รูปที่ 2.3 ระยะห่างระหว่างขบวนรถโดยใช้ Absolute Braking Distance....9
รูปที่ 2.4 Headways & Deceleration Curve of Trains....10
รูปที่ 2.5 สัญญาณเตือนของระบบไฟสี ติดตั้งอยู่หน้าสัญญาณเข้ามากกว่าระยะเบรก....13
รูปที่ 2.6 ระบบทางกลสำหรับหยุดรถ....14
รูปที่ 2.7 ระบบสัญญาณเตือนอัตโนมัติ....14
รูปที่ 2.8 ระบบสัญญาณเตือนและป้องกันรถไฟ....15
รูปที่ 2.9 การทำงานของตอนสัญญาณ....15
รูปที่ 3.1 Block Diagram....16
รูปที่ 3.2 Flowchart การจองเส้นทางการเดินรถ....17
รูปที่ 3.3 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)....18
รูปที่ 3.4 Class Diagram....23
รูปที่ 3.5 ลักษณะของราง....24
รูปที่ 3.6 ลักษณะของสวิตช์....25
รูปที่ 3.7 ลักษณะของสถานีรถไฟ....25
รูปที่ 3.8 ลักษณะของขบวนรถไฟ....26
รูปที่ 3.9 Sequence Diagram ของระบบจำลองรถไฟ....26
รูปที่ 3.10 Sequence Diagram ของระบบราง....27
รูปที่ 3.11 Sequence Diagram ของระบบสถานี....27
รูปที่ 3.12 Sequence Diagram ของระบบรถไฟ....28
รูปที่ 4.1 โลโก้โปรแกรม....29
รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงผลหลัก....30
รูปที่ 4.3 กำหนดสถานีเริ่มต้น กรณีมี 1 ขบวนรถไฟให้เลือก....30
รูปที่ 4.4 เลือกสถานีเริ่มต้น กรณีมี 2 ขบวนรถไฟให้เลือก....30
รูปที่ 4.5 เลือกสถานีปลายทาง....31
รูปที่ 4.6 หน้าต่างสำหรับควบคุมขบวนรถไฟ....31
รูปที่ 4.7 การจองเส้นทางแบบทางตรง....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 การจองเส้นทางโดยการผ่านสวิตช์หนึ่งตัว......32
รูปที่ 4.9 การจองเส้นทางโดยการผ่านสวิตช์สองตัว......32
รูปที่ 4.10 ระบบจัดการข้อมูลของระบบจำลอง......33
รูปที่ 4.11 หน้าต่างสำหรับเพิ่มราง......33
รูปที่ 4.12 สถานะของรางปรกติ......34
รูปที่ 4.13 สถานะของรางที่ผิดปรกติ หรือไม่พร้อมใช้งาน......34
รูปที่ 4.14 หน้าต่างสำหรับเพิ่มสถานีรถไฟ......35
รูปที่ 4.15 หน้าต่างสำหรับเพิ่มขบวนรถไฟ......35
รูปที่ 4.16 หน้าต่างสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งของขบวนรถไฟ......36
รูปที่ ก.1 Poster......42
รูปที่ ข.1 เวอร์ชั่นของโปรแกรม Visual Studio 2017......44
รูปที่ ข.2 เริ่มติดตั้งโปรแกรม......44
รูปที่ ข.3 ติดตั้งโปรแกรม......45
รูปที่ ข.4 เลือก Package และโมดูลต่าง ๆ สำหรับติดตั้ง......45
รูปที่ ข.5 เลือก Platform สำหรับ development......46
รูปที่ ข.6 ติดตั้งโมดูลต่าง ๆ ที่เลือกไว้......46
รูปที่ ข.7 แจ้งเตือนขออนุญาตรีสตาร์ทคอมพิวเตอร์......46
รูปที่ ข.8 โปรแกรม Visual Studio 2017......47
รูปที่ ค.1 เวอร์ชั่นของโปรแกรม XAMPP......49
รูปที่ ค.2 ติดตั้งโปรแกรม XAMPP......49
รูปที่ ค.3 เลือก Component......50
รูปที่ ค.4 เลือกโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูลของ XAMPP......50
รูปที่ ค.5 ติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์......51
รูปที่ ค.6 โปรแกรม XAMPP......51
รูปที่ ง.1 เริ่มคำสั่งในโปรแกรม XAMPP......53
รูปที่ ง.2 หน้าเว็บของระบบฐานข้อมูล MySQL......54
รูปที่ ง.3 เริ่มต้นการสร้างฐานข้อมูล......54
รูปที่ ง.4 ใส่ชื่อฐานข้อมูล......55
รูปที่ ง.5 เลือกฐานข้อมูลที่สร้างไว้......55
รูปที่ ง.6 เลือกคำสั่ง Import......56
รูปที่ ง.7 นำเข้าไฟล์ฐานข้อมูล......56
รูปที่ ง.8 ไฟล์ setup.exe......57
รูปที่ ง.9 ติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ......57
รูปที่ ง.10 shortcut ของโปรแกรม......57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า
รูปที่ ง.11 หน้าต่างหลักของโปรแกรม..58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากการที่รัฐบาลไทยได้ร่วมลงนามสัญญาภายใต้โครงการพัฒนาระบบรถไฟความเร็วสูงกับทางรัฐบาลจีน เส้นทางกรุงเทพ – หนองคาย (ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพ - นครราชสีมา) ซึ่งทางด้านรัฐบาลไทยจะเป็นผู้ลงทุนในด้านของการก่อสร้างเส้นทางเดินรถ และสถานีต่าง ๆ และทางด้านระบบควบคุมรถไฟและอาณัติสัญญาณ จะเป็นการร่วมลงทุนระหว่างไทยกับจีน โดยที่เทคโนโลยีทั้งหมด ขบวนรถไฟ รวมถึงระบบควบคุมรถไฟและอาณัติสัญญาณจะนำถูกเข้าจากจีน โดยเริ่มโครงการก่อสร้างเสร็จสิ้นจะให้จีนเป็นผู้เดินระบบการเดินรถเป็นหลักในช่วงปีที่ 1 – 3 และในช่วงปีที่ 4 – 6 จะให้จีนและไทยร่วมกันเดินระบบการเดินรถร่วมกัน และตั้งแต่ปีที่ 7 เป็นต้นไป ไทยจะได้เป็นผู้เดินระบบการเดินรถเป็นหลักแทนจีน และเบื้องต้นจีนจะทำการฝึกอบรมบุคลากรด้านรถไฟความเร็วสูงให้กับไทยประมาณ 100 คน

รูปที่ 1.1 เส้นทางรถไฟความเร็วสูง กรุงเทพ - หนองคาย

โครงงานฉบับนี้จะทำการจำลองระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System) จากเส้นทางจริงเพื่อศึกษาการทำงานของระบบควบคุมรถไฟและอาณัติสัญญาณ ที่มีความใกล้เคียงกับระบบของจริงที่จะนำมาใช้ในประเทศไทย ซึ่งผู้ใช้จะได้เรียนรู้และได้ฝึกการใช้งานก่อนไปใช้ของจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ศึกษาและเรียนรู้การทำงานของระบบควบคุมการเดินรถของรถไฟความเร็วสูง และสามารถทำนายระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถไฟความเร็วสูงได้ ซึ่งระบบจำลองนี้ได้จำลองตามเส้นทางที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคตคือ เส้นทางกรุงเทพ - นครราชสีมา

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สามารถสร้างรางได้ใหม่ โดยทำการป้อนข้อมูลต่าง ๆ ของรางที่จะทำการเพิ่มเข้าไป แล้วนำมาสร้างเป็น Graphic User Interface (GUI) โดยจะสามารถแสดงเป็น ราง สถานี และสัญญาณไฟได้

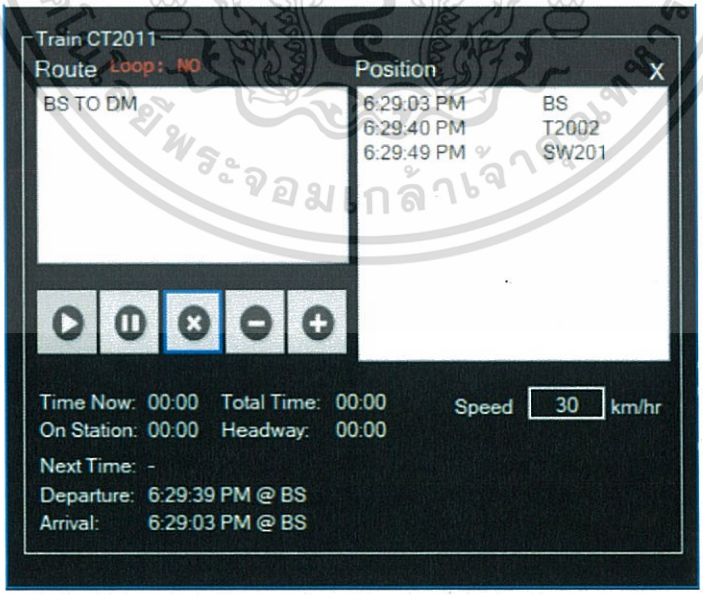
1.3.2 สามารถจำลองระบบการเดินรถ โดยรับข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Train Timetable แล้วนำมาประมวลผล เพื่อจำลองการเดินรถ และระยะเวลาที่ต้องใช้ในการเดินรถ

1.3.3 ผู้ใช้จะสามารถควบคุมสัญญาณไฟ การสับเปลี่ยนราง และฟังก์ชันการทำงานของขบวนรถไฟได้ เช่น การกำหนดความเร็วของรถไฟ การกำหนดเส้นทางให้ขบวนรถวิ่ง เป็นต้น

1.4 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงงาน

โครงงานนี้มีองค์ประกอบทางด้านซอฟต์แวร์ (Software) โดยจะแบ่งออกเป็น 4 โมดูล (module) หลักๆ คือ

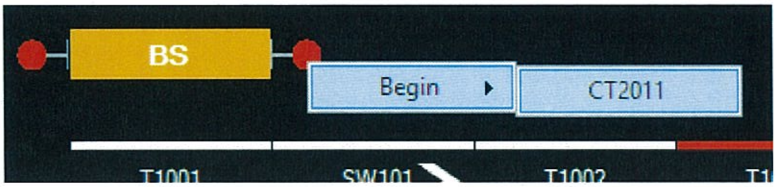
1.4.1 Train Module โมดูลหลักสำหรับจำลองการทำงานของระบบรถไฟ คือส่วนแกนหลักที่ใช้ในการจำลองเส้นทางการเดินรถของระบบควบคุมการเดินรถ



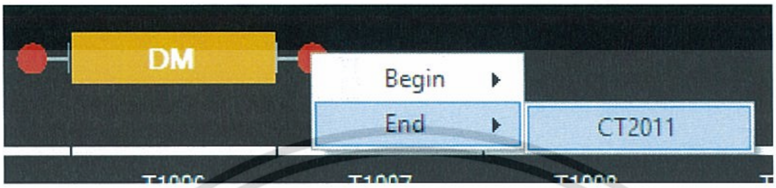
รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบควบคุมการเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

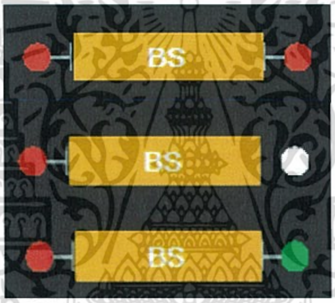
1.4.2 Signaling Module โมดูลจำลองการทำงานของระบบอาณัติสัญญาณ



รูปที่ 1.3 การเลือกสถานีต้นทางและขบวนรถไฟ



รูปที่ 1.4 การเลือกสถานีปลายทาง



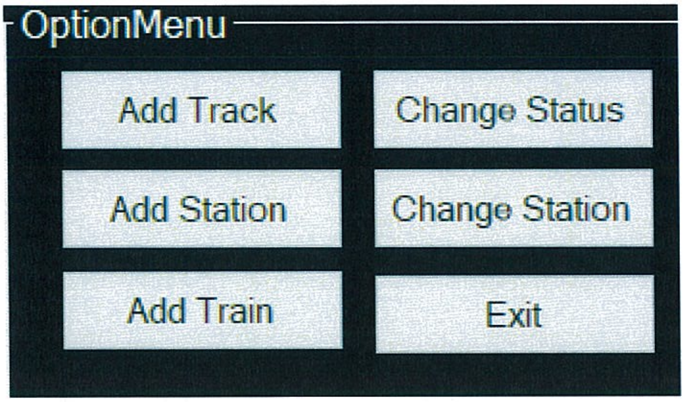
รูปที่ 1.4 สถานะของสัญญาณไฟประจำสถานีต่าง ๆ

1.4.3 Track Module คือระบบที่ใช้สร้างเส้นทางการเดินรถให้กับ Train module ที่จะแสดงว่ารถจะวิ่งตามเส้นทางไหนบ้างหรือการเดินรถไปยังสถานีต่าง ๆ แล้วรถขบวนไหนต้องวิ่งบนเส้นทางใดบ้าง ภายในโปรแกรมจะมีการเก็บค่าสถานะต่าง ๆ ของรางไว้

รูปที่ 1.5 การจองเส้นทางสำหรับให้ขบวนรถวิ่ง

1.4.4 Management Module คือระบบที่ใช้สำหรับจัดการข้อมูลต่าง ๆ ของระบบจำลองรถไฟ เช่น เพิ่มข้อมูลของรางรถไฟ เพิ่มข้อมูลของสถานี เพิ่มข้อมูลของขบวนรถไฟ แก้ไขสถานรางรถไฟ เปลี่ยนตำแหน่งรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 ฟังก์ชันทั้งหมดของ Management Module

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

Project I

- เริ่มต้นศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่จำเป็นในการจัดทำโครงงานฉบับนี้ อาทิเช่น โครงการรถไฟความเร็วสูงเส้นทาง กรุงเทพ - นครราชสีมา
- ศึกษาระบบอาณัติสัญญาณ ศึกษาระบบจำลองต่าง ๆ ที่เคยถูกจัดทำขึ้นเพื่อนำมาระยุกต์ใช้ในโครงงาน เป็นต้น
- นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์และวางแผนในการเขียนโปรแกรมจำลองให้สามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่งโดยที่ระบบจำลองจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลเส้นทางรถไฟของจริง
- ออกแบบหน้าอินเตอร์เฟส (Interface) ให้สามารถใช้งานได้ง่าย

Project II

- ทำการจำลองเส้นทางและสถานีโยอ้างอิงตามข้อมูลของโครงการรถไฟความเร็วสูง เส้นทาง กรุงเทพ - นครราชสีมา
- เพิ่มโมดูล Management Module ให้กับโปรแกรม โดยจะสามารถเพิ่ม หรือ แก้ไข ข้อมูลต่าง ๆ ของระบบจำลองรถไฟ
- ทดสอบโปรแกรมและทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แผนผัง หรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงานโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ก.ย. 2560	ต.ค. 2560	พ.ย. 2560	ธ.ค. 2560	ม.ค. 2561	ก.พ. 2561	มี.ค. 2561	เม.ย. 2561	พ.ค. 2561
ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและทำการวางแผนการเขียนระบบจำลองการควบคุมรถไฟและอาณัติสัญญาณ	←	—	→						
เขียนโปรแกรมจำลองตามที่ออกแบบไว้ และทำการทดลอง			←	—	—	—	→		
สรุปผลและเขียนรายโครงงาน								←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 ระบบขนส่งทางราง

ระบบขนส่งทางคือระบบที่ใช้ส่งสินค้าหรือผู้โดยสารโดยใช้พาหนะนั้นก็คือขบวนรถไฟวิ่งไปตามรางนั้นเอง โดยระบบนี้มีจุดประสงค์หลักคือการเพิ่มความสะดวกในด้านการค้าและการเดินทาง โดยระบบนี้มีค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ และสามารถขนส่งได้จำนวนมาก โดยปกติแล้วระบบขนส่งทางรางจะใช้ราง 2 รางวิ่งคู่กันไป ซึ่งรางจะถูกทำมาจากเหล็กกล้าและหนุนด้วยไม้หมอน เพื่อทำให้ระยะห่างหรือความกว้างมีระยะเท่ากันตลอดระยะทาง ซึ่งความกว้างและวัสดุที่ใช้ในการทำของรางในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศ

2.2 ความกว้างของรางรถไฟ

ความกว้างของรางรถไฟ (Track Gauge) นั้นมีหลายขนาด แต่ที่เป็นที่นิยมและเป็นสากลที่สุดคือขนาดระยะ 1435 มม. หรือที่เรียกว่า Standard Gauge ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้กับรถไฟในทุกระดับความเร็วที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยความกว้างของทางที่แคบลงนั้นจะส่งผลต่อความเร็วของรถไฟในทางปฏิบัติแล้วความกว้างของรางรถไฟจะถูกพัฒนาต่างกันตามสภาพแวดล้อมของแต่ละประเทศ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง Gauge ของทางรถไฟประเทศต่าง ๆ

Gauge (mm)	ประเทศ
Broad gauge	
a) 1676	India, Pakistan Ceylon, Brazil, Argentina
b) 1670	Spain, Portugal
c) 1600	Ireland, South Australia
d) 1524	Russia, Finland
Standard gauge	
a) 1435	USA, Canada, Turkey, Persia China, Egypt, Australia, many parts of Europe, Thailand
Meter gauge	
a) 1067	South Africa, Japan, Australia, New Zealand
b) 1000	India, France, Switzerland Argentina, Thailand
c) 915	Ireland
Other	
a) 762	India, Britain
b) 610	India, South Africa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟ

คือ ระบบกลไก สัญญาณไฟ หรือระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการเดินขบวนรถเพื่อแจ้งให้พนักงานหรือคนขับรถไฟสามารถทราบสภาพเส้นทางข้างหน้า อีกทั้งยังสามารถใช้กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่และระยะเวลาในการเดินรถที่อยู่บนทางร่วมเดียวกัน รวมไปถึงการสับเปลี่ยนรางอีกด้วย โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบจะถูกออกแบบให้ทำงานสัมพันธ์กัน โดยจุดประสงค์หลักของระบบอาณัติสัญญาณรถไฟก็คือ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการเดินรถและเพิ่มความปลอดภัยให้กับระบบขนส่งทางรางนั้นเอง

หลักการออกแบบอาณัติสัญญาณทั้งแบบเก่าหรือใหม่ จะมีการแบ่งทางรถไฟออกเป็นตอน ๆ ซึ่งแต่ละตอนจะมีสัญญาณกำกับเรียกว่า ตอนสัญญาณ หลักการเดินรถไฟแบบปลดภัยคือ แต่ละตอนจะมีขบวนรถได้เพียงขบวนเดียวเท่านั้น และต้องมีระยะห่างที่เพียงพอที่คนขับหรือพนักงานสามารถหยุดขบวนรถได้ทันในกรณีที่จะเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้น

2.3.1 ระบบอาณัติสัญญาณในประเทศไทย

การออกแบบอาณัติสัญญาณในประเทศไทย จะออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความลาดชันของพื้นที่ ทางโค้ง สภาพราง ความหนาแน่นของชุมชน และงบประมาณ โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบคือ สัญญาหางปลา สัญญาณไฟสี และสัญญาณตัวแทน

2.3.1.1 สัญญาณหางปลา เป็นระบบอาณัติสัญญาณแบบดั้งเดิม แต่มีความปลอดภัยสูง มี 3 ชนิดคือ

2.3.1.1.1 ประแจกล ชนิดบังคับด้วยเครื่องกลสายลวด พร้อมสัญญาณหางปลา มีเสาแบบสมบูรณ์ ประกอบด้วยเสาเตือน เสาเข้าเขตใน และเสาออกตัวนอกสุด

2.3.1.1.2 ประแจกล ชนิดบังคับด้วยเครื่องกลสายลวด พร้อมสัญญาณหางปลา มีเสาแบบไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยเสาเขตใน และเสาออก

2.3.1.1.3 ประแจกลเดี่ยว พร้อมสัญญาณหางปลาเข้าเขตใน

2.3.1.2 สัญญาณไฟสี มี 2 ระบบคือ

2.3.1.2.1 ระบบไฟสีสองท่า คือ ระบบที่ใช้ไฟ 2 สี คือ เขียว และแดง จะมีทั้งแบบไฟ 2 ดวง หรือ 3 ดวง ใช้ในเส้นทางที่รถวิ่งด้วยความเร็วต่ำ เสาสัญญาณจะมีเพียงเสาเข้าเขตใน และเสาออก

2.3.1.2.2 ระบบไฟสีสามท่า คล้ายกับระบบไฟสีสองท่า ต่างกันตรงที่มีไฟสีเหลือง ใช้ในเส้นทางหลัก โดยจะมีเสาเตือน เสาเข้าเขตใน และมีไฟสีขาว 5 ดวงบอกการเข้าประแจขบวนรถ หรือเป็นจอ LED บอกหมายเลขของทางหลีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 สัญญาณตัวแทน คือ สัญญาณที่แสดงท่าของสัญญาณถัดไป ใช้ในกรณีที่เป็นทางโค้งไม่สามารถมองเห็นสัญญาณต้นหน้าในระยะไกลกว่า 1 กิโลเมตร แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

2.3.1.3.1 สัญญาณไฟเรียงเป็นแนวนอน มีความหมายว่า สัญญาณตัวหน้าแสดงท่าห้าม

2.3.1.3.2 สัญญาณไฟเรียงเป็นแนวนอนกะพริบ มีความหมายว่า สัญญาณตัวหน้าแสดงท่าระวัง

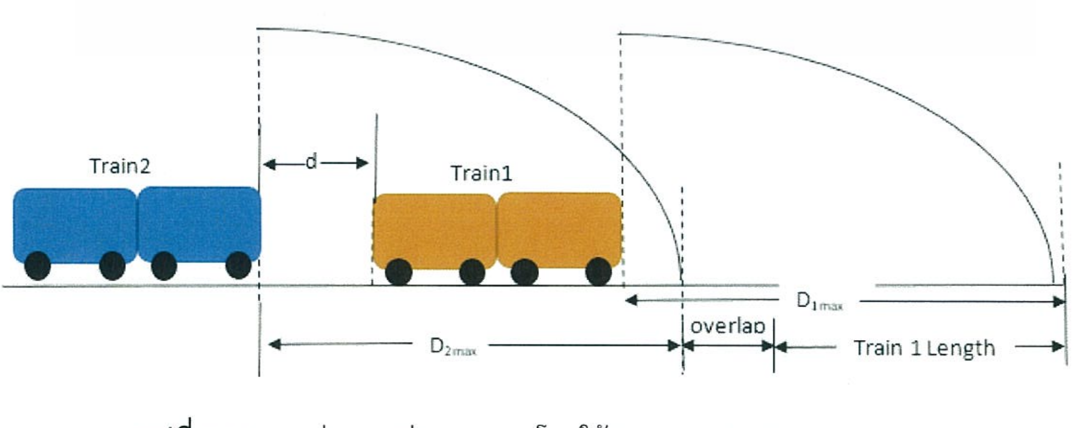
2.3.1.3.3 สัญญาณไฟเรียงเป็นแนวเฉียง หมายความว่า สัญญาณตัวหน้าแสดงท่าอนุญาต

2.4 หลักการเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟ

มีรถไฟเพียงแบบเดียวเท่านั้นที่สามารถวิ่งร่วมกับระบบอื่น ๆ และวิ่งร่วมไปบนท้องถนนได้นั้นก็คือแบบ Tramway ซึ่งมีความเร็วจำกัดอยู่ที่ 70 km/h ถ้าวิ่งในเขตเมืองจะวิ่งได้แค่ 25 km/h เท่านั้น ส่วนรถไฟแบบอื่น ๆ ต้องวิ่งในเขตเฉพาะเนื่องจากระบบอื่น ๆ มีการใช้ความเร็วในการวิ่งสูงทำให้ไม่สามารถหยุดรถด้วยในระยะสายตา ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้สูง จุดประสงค์หลักคือจะมุ่งเน้นไปที่ด้านความปลอดภัยยิ่งห่างหรือยิ่งช้าเท่าไหร่ยิ่งดี แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำอย่างนั้นได้ เนื่องจากความต้องการด้านความเร็วและความสะดวกสบายของผู้ใช้บริการ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องหาระยะห่างที่เหมาะสม

2.4.1 การรักษาระยะห่างโดยใช้ Relative Braking Distance

เป็นวิธีเว้นระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟ (Headway) เท่ากับความต่างกันของระยะเบรกของขบวนรถไฟที่วิ่งตามกันรวมกับระยะเผื่อความปลอดภัย (Overlap) โดยระยะเบรกกับความเร็วของรถไฟจะมีความสัมพันธ์กัน ด้วยรูปแบบนี้ ทำให้สามารถเดินรถไฟขนส่งผู้โดยสารด้วยความถี่ที่มากที่สุด แต่ไม่ปลอดภัย เพราะหากรถขบวนหน้าเกิดหยุดกะทันหันเนื่องจากเกิดเหตุการณ์ใด ๆ ก็ตามที่ทำให้รถไฟขบวนหน้าหยุดก่อนไปถึงระยะเบรกของตนเอง ($D_{1\ max}$) จะส่งผลให้ขบวนรถที่ตามมามีระยะเบรกไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้สามารถชนกับรถขบวนข้างหน้าได้ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้จริง

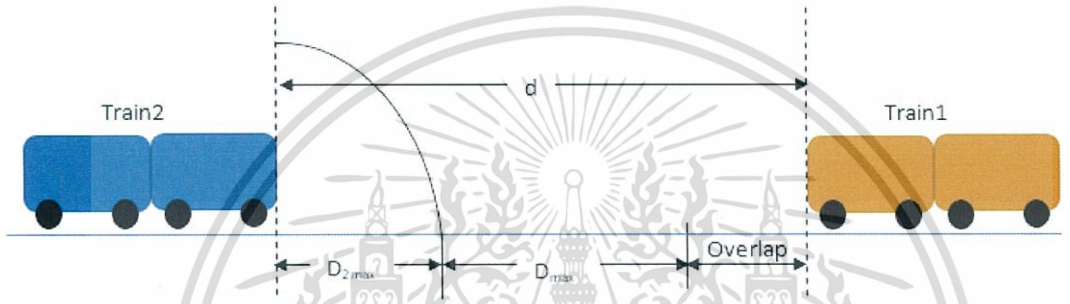


รูปที่ 2.1 ระยะห่างระหว่างขบวนรถโดยใช้ Relative Braking Distance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การรักษาระยะห่างโดยใช้ Fixed Block

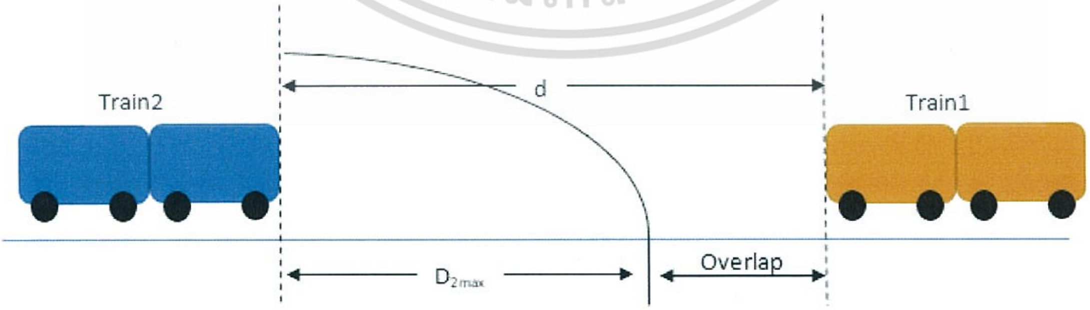
เป็นการรักษาษระยะห่างโดยการแบ่งเส้นทางการเดินรถออกเป็นส่วน ๆ หรือเป็นตอน (Block) โดยในแต่ละตอนจะมีรถไฟได้เพียงขบวนเดียว ระยะห่างของรถไฟขบวนใด ๆ ก็ตามที่วิ่งตามกัน (d) จะเท่ากับระยะเบรกสูงสุด ($D_{2\ max}$) ของรถขบวนหลังที่รวมกับความยาวของตอน (D_{block}) ซึ่งอยู่ด้านหลังของรถไฟขบวนหน้ารวมกับระยะเผื่อความปลอดภัย (Overlap) โดยจะไม่รวมกับระยะเบรกของรถขบวนหน้า สิ่งที่ต้องทราบคือ ตอนใดที่รถขบวนหน้าครอบครองอยู่เท่านั้น รถขบวนหลังไม่ว่ามีความเร็วเท่าใดก็ตามจะต้องสามารถเบรกรถให้หยุดได้ก่อนที่จะเข้าเขตตอนทางที่รถขบวนหน้าอยู่ ในการใช้วิธีแบบ Fixed Block หากต้องการให้รถสามารถวิ่งได้ใกล้กันได้มากขึ้นโดยยังมีความปลอดภัย ก็จำเป็นต้องปรับทอนตอนทางให้ถี่มากขึ้น หรือติดตั้งวงจรบนรางให้มากขึ้น



รูปที่ 2.2 ระยะห่างระหว่างขบวนรถโดยใช้ Fixed Block

2.4.3 การรักษาระยะห่างโดยใช้ Absolute Braking Distance

การรักษาระยะห่างแบบนี้ ระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟจะเท่ากับระยะเบรกของรถขบวนที่วิ่งตามหลังรวมกับระยะ Overlap เสมือนว่ารถขบวนหน้าอาจหยุด ณ ตำแหน่งปัจจุบันได้ทันที วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในแง่ของการรักษาระยะห่างของรถไฟให้น้อยที่สุด และยังคงปลอดภัย โดยอาศัยความทันสมัยของเทคโนโลยีการทำงานของระบบสัญญาณวิทยุ (Radio-Based Train Control) ในปัจจุบันทำให้ระบบนี้จะกลายมาเป็นมาตรฐานของระบบอาณัติสัญญาณสำหรับรถไฟในเมืองต่อไป

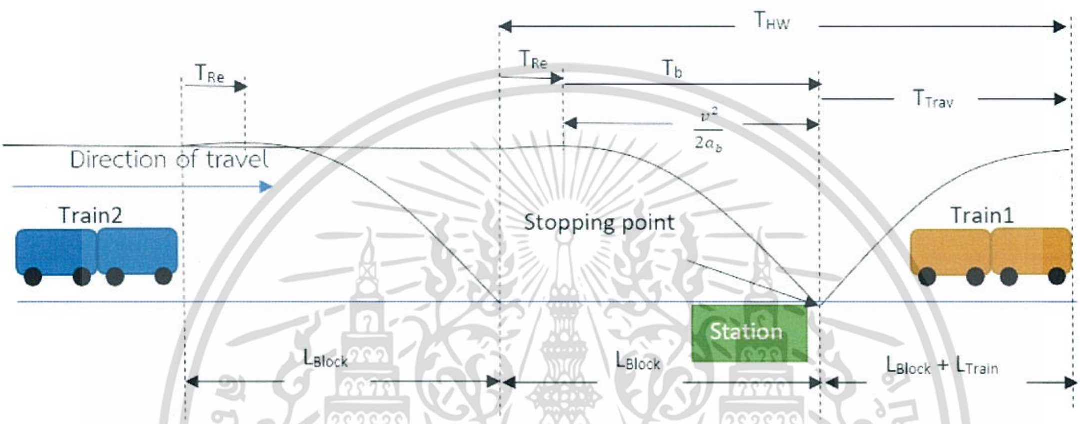


รูปที่ 2.3 ระยะห่างระหว่างขบวนรถโดยใช้ Absolute Braking Distance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การคำนวณระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟ

การคำนวณระยะห่างระหว่างขบวนรถไฟเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากในระบบรางคู่ รถไฟที่วิ่งทิศเดียวกันจะวิ่งตามกันไป จึงต้องทำให้รถวิ่งเข้าใกล้กันได้ในระยะที่ปลอดภัย เพื่อป้องกันในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน รถขบวนหลังจะต้องหยุดได้ก่อนที่จะชนรถขบวนข้างหน้า ซึ่งถ้าคำนึงระยะห่างสัมบูรณ์ระหว่างขบวนรถไฟ จะหมายถึงระยะวัดจากหัวขบวนรถไฟที่วิ่งตามหลัง ถึงระยะท้ายขบวนรถขบวนที่วิ่งนำหน้าที่กำลังเคลื่อนที่ การที่จะวิเคราะห์หาระยะห่างระหว่างขบวนที่น้อยที่สุด จำเป็นต้องทราบเวลาในการตอบสนองของพนักงานรถไฟและอุปกรณ์ และระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเบรกของขบวนรถไฟที่วิ่งตามหลังจากความเร็วใด ๆ ก็ตามจนกระทั่งขบวนรถหยุด ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Headways & Deceleration Curve of Trains

โดย

S_{BR}	คือ ระยะทางเบรกของรถไฟที่ความเร็วสูง (m)
L_{Train}	คือ ความยาวของขบวนรถไฟ (m)
L_{Trav}	คือ ระยะทางที่รถไฟขบวนหน้าเคลื่อนที่ไปได้หลังจากจอดที่สถานี (m)
L_{Block}	คือ ความยาวของ Block (m)
V	คือ ความเร็วสูงสุดของขบวนรถไฟ (m/sec)
a_a	คือ ความเร่งของรถไฟ (m/sec^2)
a_b	คือ ความหน่วงของรถไฟ (m/sec^2)
T_b	คือ เวลาในการเบรกรถไฟจนหยุด (sec)
T_{Re}	คือ เวลาในการตอบสนองของพนักงานขับรถและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง (sec)
T_{DW}	คือ เวลาจอดรถที่สถานี (sec)
T_{HW}	คือ เวลาระหว่างขบวนรถ (headway) (sec)

จากรูปที่ 2.4 ให้สังเกตุที่รถไฟขบวนแรก ถ้าในขณะที่พิจารณานับตั้งแต่รถไฟขบวนแรกเคลื่อนที่ไปจากสถานีรวมความยาวของขบวนรถจะเท่ากับ (L_{Trav} + L_{Train}) จะสามารถคำนวณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ดังกล่าวได้ โดยอาศัยความรู้จากสมการฟิสิกส์พื้นฐาน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s = u + at$$

$$V^2 = u^2 + 2as$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at$$

เมื่อระยะทางในการเคลื่อนที่ที่พิจารณาคือ (L_{Trav} + L_{Train}) ดังนั้น

$$T_{Trav} = \sqrt{\frac{2(L_{Trav}+L_{Train})}{a_a}}$$

คำนวณระยะทางเบรกได้โดย

$$0 = u - at$$

$$t = \frac{u}{a}$$

$$s = u(\frac{u}{a}) - \frac{1}{2}a(\frac{u}{a})^2$$

$$s = (\frac{u^2}{a}) - \frac{1}{2}a(\frac{u}{a})^2$$

จะได้

$$s = \frac{u^2}{2a}$$

หรือถ้าใช้ตัวเลขความเร็วเป็นหน่วน km/h จะได้

$$1 \text{ m/s} = \left(\frac{u}{3.6}\right) \text{km/h}$$

ดังนั้นระยะเบรก คือ

$$s = \frac{(\frac{U}{3.6})^2}{2a} \text{ กิโลเมตร}$$

เวลาเบรกคือ

$$T_b = \frac{v}{a_b} \text{ วินาที}$$

ดังนั้นระยะเวลาระหว่างขบวนรถที่น้อยที่สุด (Minimum Headway) คือ

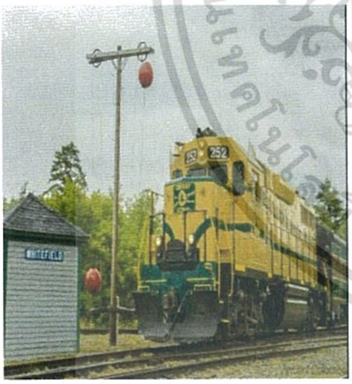
$$T_{HW_min} = T_{Re} + T_b + T_{DW} + T_{Trav}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วิธีการส่งสัญญาณถึงคนขับรถไฟ

สัญญาณรถไฟในระยะแรกสุดนั้นจะมี 2 ความหมายเท่านั้น คืออนุญาตให้คนขับนำขบวนรถผ่านไปข้างหน้า หรือห้ามคนขับนำขบวนรถผ่านไปข้างหน้า วิธีการส่งสัญญาณที่นำมาใช้ควบคุมรถไฟในประเทศสหรัฐอเมริกาในยุคเริ่มแรกคือใช้ลูกบอล (Ball Signal) ทาสีตามความหมายที่ตกลงกันไว้ แล้วผูกเชือกชักขึ้นไว้ในที่สูงเพื่อให้พนักงานคนขับรถไฟสามารถมองเห็นได้แต่ไกล และสามารถควบคุมขบวนรถไฟไปตามสีของลูกบอลตามที่ตกลงความหมายกันไว้ แต่หากคนขับนำขบวนรถไฟมาถึงจุดที่ควรเห็นแล้วมองไม่เห็นลูกบอล จะต้องหยุดขบวนรถเพราะเป็นสัญญา ณท่าห้าม การส่งสัญญาณด้วยลูกบอลทาสีผูกเชือกโยงขึ้นไว้ในที่สูง จึงเป็นต้นแบบของสัญญาณไฟ นั่นคือมีคุณสมบัติปลอดภัยเมื่อบกพร่อง หมายความว่า หากบังเอิญเชือกที่ผูกลูกบอลขาด คนขับรถไฟผ่านมาแล้วมองไม่เห็นจึงต้องหยุดขบวนรถ การออกแบบสัญญาณรถไฟให้ปลอดภัยเมื่อบกพร่องเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการออกแบบระบบอาณัติสัญญาณสำหรับควบคุมการเดินขบวนรถไฟสมัยใหม่ด้วย มีการพัฒนาวิธีการส่งสัญญาณไปยังคนขับตั้งแต่สัญญาณลูกบอล สัญญาณหางปลา (Semaphore Signal) และสัญญาณสี (Color Light Signal) ตามลำดับ จนพัฒนามาถึงสัญญาณแบบที่ทันสมัยที่สุดนั้นก็คือ ไม่มีสัญญาณข้างทาง ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงอยู่เสมอก็คือความปลอดภัยเมื่อเกิดความบกพร่อง ไม่ว่าจะเกิดจากมนุษย์หรืออุปกรณ์ก็ตาม จากที่กล่าวมาทั้งหมด ระบบปลอดภัยเมื่อบกพร่องจึงเป็นพื้นฐานของระบบอาณัติสัญญาณ

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างสัญญาณชนิดต่าง ๆ

Ball Signal	Semaphore Signal	Color Light Signal
		

2.5.1 สัญญาณไฟสี

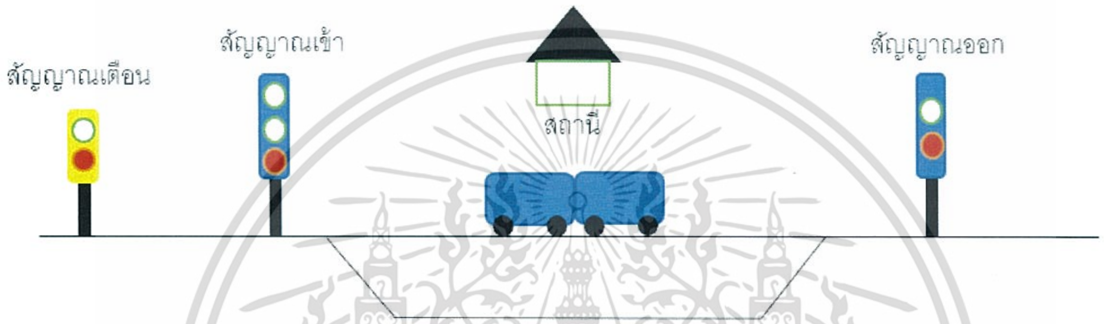
ข้อจำกัดของสัญญาณปลาคือ จะต้องติดตั้งหน้าสัญญาณกำกับตอนในระยะไม่เกิน 350 เมตร หากติดตั้งเกินระยะนี้จะทำให้ใช้ลวดยาวมากกว่า 1500 เมตร และทำให้ลวดหย่อนได้ ซึ่งส่งผลให้สัญญาณหางปลาหย่อน โดยมีความหมายที่ตกลงกันคือสัญญาณคลุมเครือ ห้ามนำขบวนรถผ่านสัญญาณหางปลาจึงไม่เหมาะกับกรณีที่ขบวนรถที่ยาวและมีความเร็วสูง

ในปัจจุบันรถไฟไทยยังคงใช้สัญญาณหางปลาจำนวนมากเนื่องจากขาดการพัฒนา ในขณะที่ความเร็วรถไฟในปัจจุบันอยู่ที่ 90-120 km/h และมีระยะเบรกอยู่ที่ 700 - 1000 เมตร ซึ่งถือว่าไม่ปลอดภัย แต่ว่าประเทศไทยโชคดี ทีภูมิศาสตร์อยู่บนพื้นราบเป็นทางตรงเมื่อรวมกับวิสัยของประเทศกว่า 60-70% ระยะการมองเห็นจะไกลกว่าประเทศในแถบยุโรปญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็น... ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของสัญญาณไฟสีคือ สามารถจัดวางระบบได้สอดคล้องต่อความยาวและระยะเบรกของขบวนรถ และยังมีข้อดีในด้านอื่น ๆ อีกเช่นในด้านความปลอดภัยในการจัดเตรียมทางเข้าทางออกของสถานีรถไฟ สามารถใช้แก้ไขความผิดพลาดของคน เพราะระบบไฟสีเป็นระบบที่มีการตรวจสอบแบบอัตโนมัติ และสัญญาณไฟสียังสามารถส่งสัญญาณให้แก่คนขับได้ไกลอีกด้วย

ระบบสัญญาณไฟสีจะมีการติดตั้งในทางประธานีห่างจากสัญญาณเข้าในระยะ 1000 เมตร โดยมีระยะเบรกที่ความเร็ว 120 km/h ต้องมีระยะไม่เกิน 700 เมตร ส่วนระยะเบรกของขบวนรถที่ความเร็วเดียวกันไม่เกิน 1000 เมตร การวางสัญญาณไฟสีแบบนี้ทำให้เกิดความปลอดภัยถึงทัศนวิสัยมองเห็นเป็นศูนย์ก็ตาม เพราะถ้าหากคนขับรถไฟวิ่งผ่านสัญญาณเตือนก็สามารถทราบว่าสัญญาณนั้น ๆ เป็นสัญญาณท่าอะไร



รูปที่ 2.5 สัญญาณเตือนของระบบไฟสี ติดตั้งอยู่หน้าสัญญาณเข้ามากกว่าระยะเบรก

การติดตั้งสัญญาณไฟสีไว้หน้าสัญญาณเข้าที่ระยะไกล ๆ จะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง และถ้าหากตอนสัญญาณสั้นอาจสร้างความสับสนให้แก่คนขับรถไฟได้ ในกรณีที่ไม่มีระบบการสื่อสารระหว่างภาคพื้นดินกับขบวนรถ คนขับรถไฟอาจเข้าใจสัญญาณตอนของสัญญาณอื่นเป็นตอนสัญญาณที่ใช้ควบคุมรถอยู่ ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ถึงแม้จะมีการติดตั้งระบบไฟสีแล้วก็ตาม

สัญญาณไฟสีสามารถรองรับในการเพิ่มท่าในการสื่อความหมายโดยใช้ไฟเป็น 3 (3-Aspect) ดวงจากเดิมที่เป็น 2 ดวงในกรณีที่มีขบวนรถหนาแน่นและขบวนรถที่ใช้ระยะเบรกที่ยาวและสัญญาณไฟสียังสามารถนำมาใช้บอกทางได้อีกด้วย โดยทำการติดแถบดวงไฟไว้เหนือสัญญาณ โดยจะเรียกสัญญาณเหล่านี้ว่า สัญญาณบอกทาง ในกรณีที่สัญญาณนี้สว่างขึ้นก็ให้คนขับนำขบวนรถเข้าทางแยกด้วยความเร็วที่กำหนดไว้ การส่งสัญญาณแบบนี้มีต้นแบบมาจากประเทศแถบยุโรปที่เรียกว่า Route Signaling

2.6 ระบบป้องกันรถไฟ

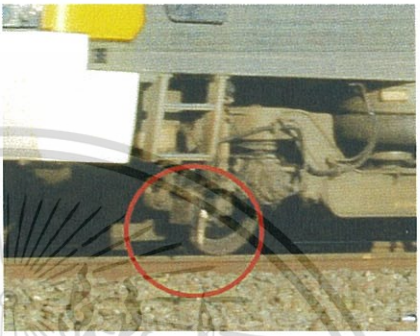
ในการเกิดอุบัติเหตุในการขนส่งทางรางบ่อยครั้งมีความรุนแรง เนื่องจากรถไฟมีน้ำหนักมาก มีความระยะความยาวสูง และมีแรงเสียดทานบนรางที่ต่ำ อีกทั้งยังบรรทุกผู้โดยสารหรือสินค้าจำนวนมาก ระบบป้องกันรถไฟจึงเป็นสิ่งจำเป็น

ในยุคแรกเริ่ม ระบบป้องกันรถไฟยังไม่มีความซับซ้อน เนื่องจากความเร็วรถที่ต่ำ และเทคโนโลยียังล้าสมัย ต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งทำให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ระบบทางกลสำหรับหยุดรถไฟ

ระบบทางกลสำหรับหยุดรถไฟ (Mechanical Train Stop) เป็นระบบเชิงกลที่ใช้ในการหยุดรถไฟเมื่อมีรถไฟผ่าไฟแดงเท่านั้น (Signal Pass At Danger : SPAD) ซึ่งเป็นระบบป้องกันในยุคแรกที่มีการทำงานแบบง่าย ๆ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ที่ให้สัญญาณไฟริมทางวิ่งที่ต้องการซึ่งต้องสัมพันธ์กับสถานะไฟสัญญาณ เมื่อสัญญาณเป็นสีแดงจะมีแขนกลยื่นออกมาเพื่อไปแตะระบบเบรกของรถไฟ โดยระบบนี้ต้องมีการบำรุงรักษาค่อนข้างมาก อีกทั้งยังต้องระวังระยะก้านที่ยกขึ้นไม่ให้ไปกระแทกส่วนอื่น ๆ ของรถไฟให้เกิดความเสียหายอีกด้วย



รูปที่ 2.6 ก และ **2.6 ข** ระบบทางกลสำหรับหยุดรถ

2.6.2 ระบบสัญญาณเตือนอัตโนมัติ

ระบบสัญญาณเตือนอัตโนมัติ (Automatic Warning System: AWS) ซึ่งโดยระบบที่ใช้อยู่ในประเทศอังกฤษ และยังคงมีใช้มาจนถึงปัจจุบัน เป็นระบบที่มีลักษณะการทำงานโดยมีอุปกรณ์อยู่ 2 ส่วนคือแม่เหล็กชนิดถาวรและแม่เหล็กไฟฟ้าอีกหนึ่งชุด โดยอุปกรณ์จะถูกติดตั้งก่อนถึงสัญญาณไฟ เมื่อขบวนรถไฟวิ่งถึงจุดที่อุปกรณ์ติดตั้งอยู่ ก็จะส่งสัญญาณเตือนไปที่ห้องคนขับ เพื่อแสดงสถานะของไฟข้างหน้า โดยถ้าด้านหน้าเป็นไฟสีเหลืองหรือสีแดงสัญญาณเตือนจะดังขึ้น ซึ่งคนขับต้องกดปุ่มรับทราบเตือน หากคนขับไม่กดรถไฟจะถูกเบรกอัตโนมัติ

รูปที่ 2.7 ระบบสัญญาณเตือนอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

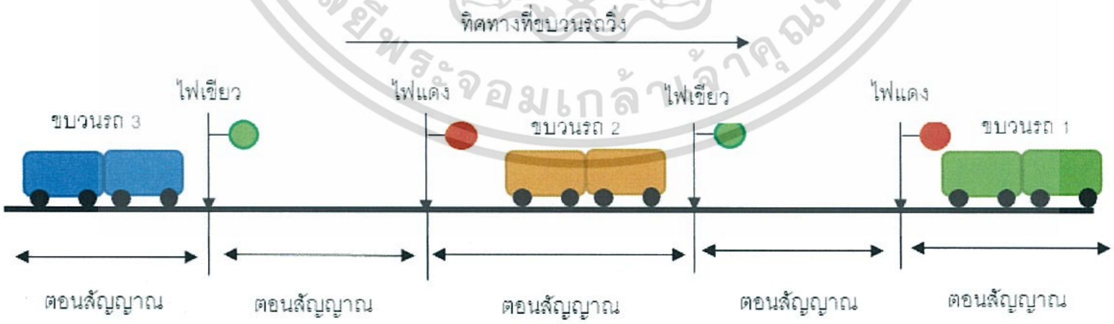
2.6.3 ระบบสัญญาณเตือนและป้องกันรถไฟ

ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาความเร็วของรถไฟที่วิ่งเข้าสู่สัญญาณไฟว่า ความเร็วสูงกว่าที่กำหนดหรือไม่ โดยเรียกระบบนี้ว่า ระบบสัญญาณเตือนและป้องกันรถไฟ (Train Protection and Warning System: TPWS) โดยมีหลัก หากรถไฟวิ่งเข้าหาสัญญาณไฟแดงมีความเร็วสูงเกินกว่าที่จะให้รถหยุดหน้าสัญญาณไฟสีแดงได้ รถไฟจะถูกเบรกฉุกเฉินแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 2.8 ระบบสัญญาณเตือนและป้องกันรถไฟ

2.6.4 ตอนสัญญาณ

การเดินขบวนรถโดยพื้นฐานแล้ว จะถูกแบ่งออกเป็นตอน ๆ (Block) โดยแต่ละตอนมีความยาวเท่ากับความยาวของขบวนรถแต่จะไม่น้อยกว่าระยะเบรกของขบวนรถไฟ แต่ละตอนจะมีสัญญาณกำกับเพื่อไม่ให้มีรถไฟมากกว่า 1 ขบวนเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ในกรณีที่ตอนข้างหน้ามีรถอยู่ สัญญาณกำกับตอนจะอยู่ในท่าห้าม (ไฟแดง) รถไฟที่ตามมาจะหยุดก่อนถึงสัญญาณนี้ ในกรณีที่ไม่มีรถไฟอยู่ในตอน สัญญาณเข้าจะอยู่ในท่าอนุญาต (ไฟเขียว) ซึ่งรถไฟสามารถเดินรถต่อไปได้



รูปที่ 2.9 การทำงานของตอนสัญญาณ

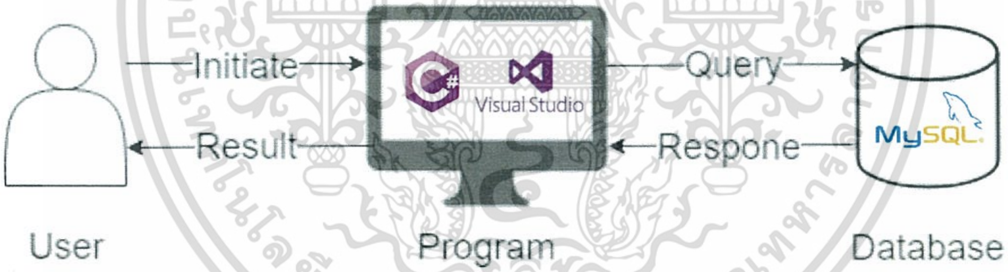
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

3.1 ความต้องการของระบบ

ระบบจำลองการทำงานของรถไฟความเร็วสูงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานหรือผู้สนใจสามารถใช้ในการเตรียมความพร้อมหรือฝึกทักษะการทำงานในระบบรถไฟความเร็วสูง ให้เป็นไปตามความต้องการพื้นฐานและความปลอดภัยของระบบได้เป็นอย่างดี โดยที่ระบบจะจำลองรูปแบบการทำงานตั้งแต่เริ่มกำหนดขบวนรถ กำหนดเส้นทาง กำหนดสถานี ก่อนจะทำการจองเส้นทาง โดยการจองเส้นทางระบบจะจองให้แบบอัตโนมัติ เมื่อจองเส้นทางแล้ว ระบบก็จะสั่งให้ขบวนถไฟเคลื่อนที่ออกจากสถานีเริ่มต้นไปยังสถานีปลายทาง ซึ่งตลอดการเดินทางระบบจะทำการเก็บบันทึกข้อมูล เช่น ความเร็วของรถไฟในแต่ละช่วง ระยะเวลาในการเดินทางระหว่างสถานีต่อสถานี ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง โดยข้อมูลตัวอย่างเหล่านี้สามารถนำไปใช้เทียบเป็นสถิติเพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์เพื่อการศึกษาต่อไปได้อีกด้วย

3.2 การออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม



รูปที่ 3.1 Block Diagram

ผู้พัฒนาได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและหลักการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา C# มาใช้รวมถึงการวางแผนและออกแบบซอฟต์แวร์ตามแบบของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาพัฒนาซอฟต์แวร์ให้เป็นโปรแกรมระบบจำลองการทำงานรถไฟความเร็วสูง

การพัฒนาระบบจำลองการทำงานรถไฟความเร็วสูงในครั้งนี้ ผู้พัฒนาได้ทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทั้งทฤษฎีที่จำเป็นในการพัฒนาโปรแกรม อีกทั้งการค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้พัฒนาได้นำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบโปรแกรมระบบจำลองการทำงานของรถไฟความเร็วสูงให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน ตามความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีรายละเอียดของการออกแบบดังนี้

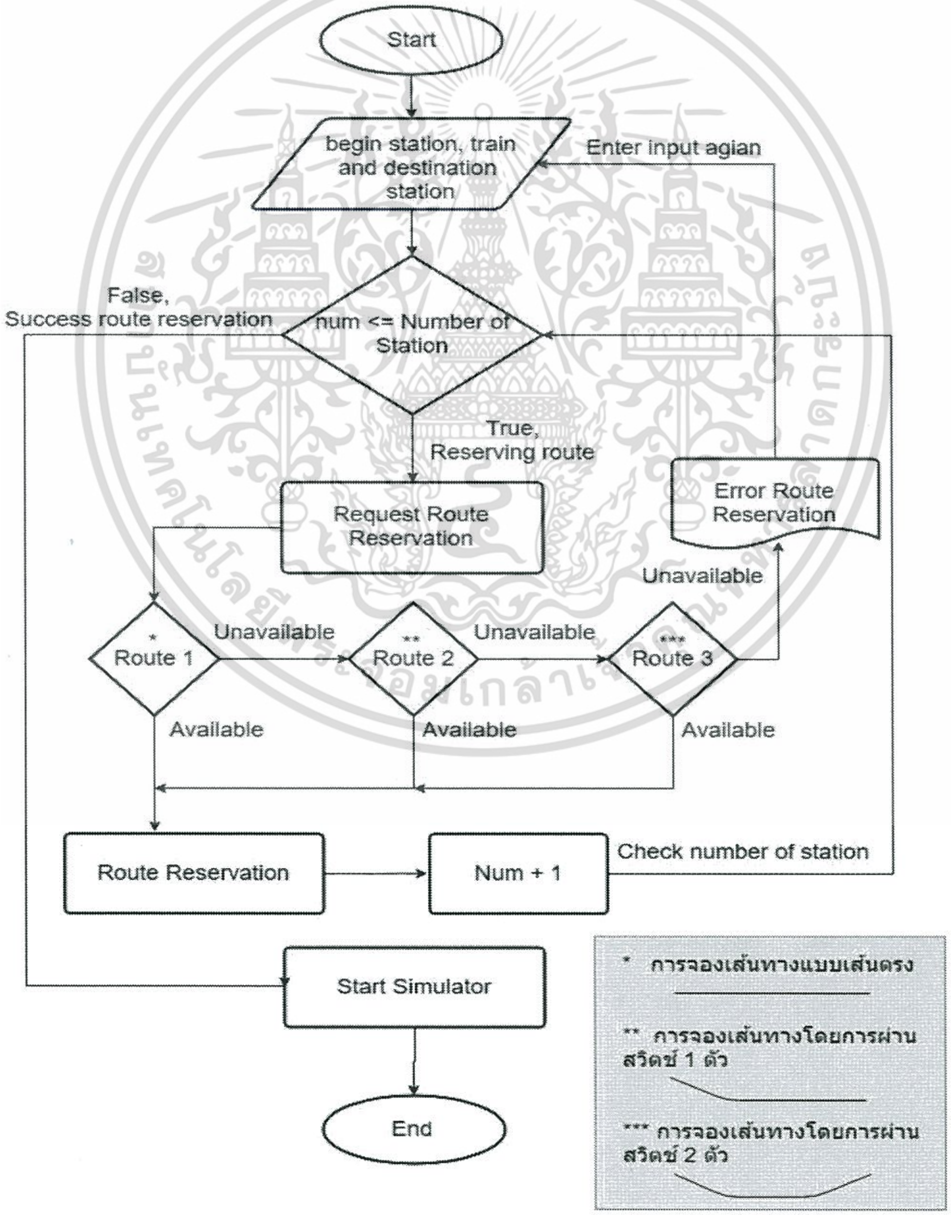
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ลักษณะของแอปพลิเคชัน

ระบบจำลองการทำงานของรถไฟความเร็วสูงนี้มีลักษณะเป็นโปรแกรม โดยมีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- Front-end จะถูกใช้งานโดยผู้ซึ่งจะเป็นผู้ควบคุมการเดินรถ โดยหน้าต่างการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้พร้อมการแสดงค่าทางสถิติต่าง ๆ
- Back-end เตรียมข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณในการเริ่มต้นโปรแกรมหลังจากที่ได้รับค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นจากผู้ใช้แล้ว back end จะทำการประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ และเก็บผลในการใช้งานของผู้ใช้ เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างสถานี ความเร็วของตัวรถไฟในแต่ละช่วง และทำการส่งข้อมูลไปยัง Front-end เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้

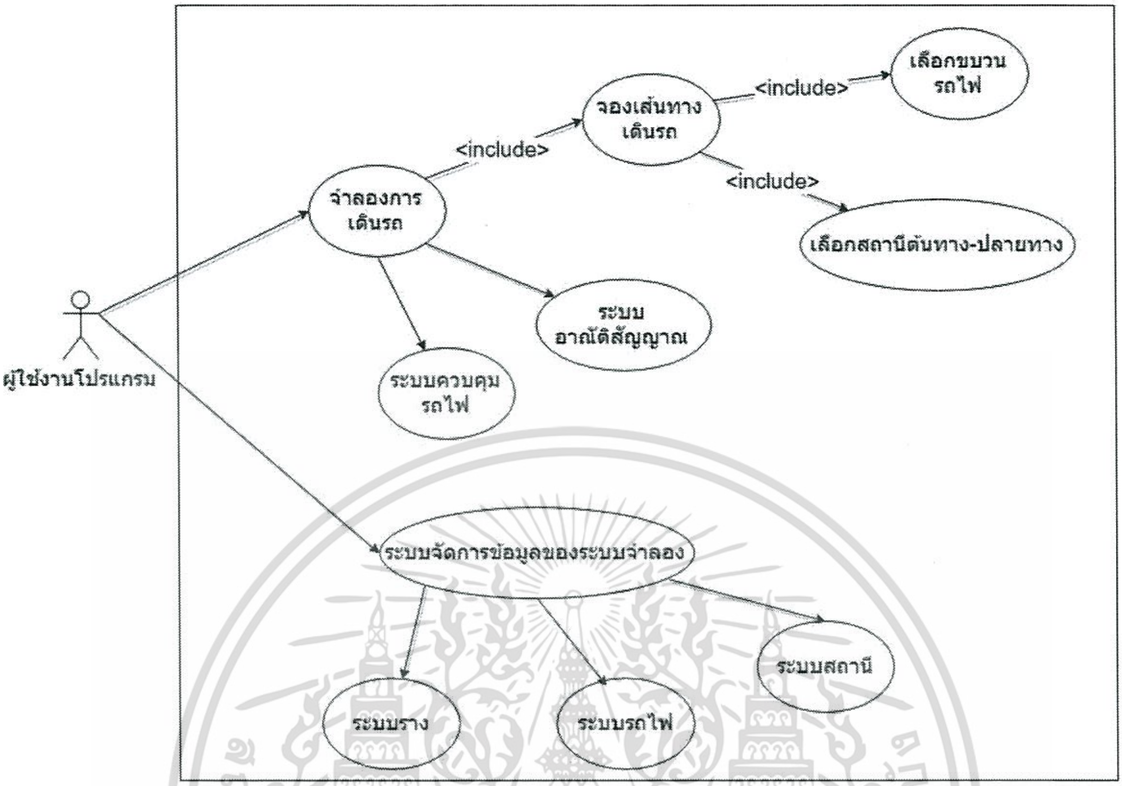
3.2.2 Flowchart ของการจองเส้นทาง



รูปที่ 3.2 Flowchart การจองเส้นทางการเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)



รูปที่ 3.3 ยูสเคสไดอะแกรมของระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบจำลองการเดินรถ

Use Case ID	1
Use Case Name	ระบบจำลองการเดินรถ
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเฝ้าดูการทำงานของระบบจำลองการเดินรถ ซึ่งจะต้องเริ่มการจำลองระบบก่อน โดยในโปรแกรมจะต้องแสดงเส้นทางรางทั้งหมดและขบวนรถไฟที่ได้ทำการเลือกเส้นทางเดินรถให้แล้วเรียบร้อยแล้ว และมีตารางแสดงเวลาที่รถไฟควรจะเดินทางถึงสถานี และตารางแสดงเวลาเมื่อขบวนรถไฟที่ทำการจำลองถึงสถานีทุกครั้ง
Precondition	ผู้ใช้จองเส้นทางการเดินรถ
Postcondition	-
Normal Flow	1. ผู้ใช้สามารถสังเกตการทำงานของระบบหลังจากคลิกปุ่มเริ่มการทำงานระบบจำลอง 2. ระบบจะเริ่มทำการจำลองโดยจะแสดงผลเส้นทางเดินรถ พร้อมแสดงรายละเอียดข้อมูลของขบวนรถที่กำลังจำลอง แสดงเวลาที่รถไฟใช้ในการเดินทางแต่ละสถานี 3. ระบบทำการจำลองต่อจนเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Extension Flow	Case เมื่อเกิดรางขัดข้องในระหว่างเฝ้าดูการจำลอง 1. ระบบทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้เห็นว่ารางนั้นขัดข้อง 2. ระบบทำการชะลอหรือหยุดรถไฟจนกว่าผู้ใช้จะเลือกเส้นทางใหม่ 3. ผู้ทำการเปลี่ยนเส้นทางการจองโดยที่จะต้องให้ขบวนรถไฟสามารถเดินต่อได้จนถึงสถานีต่อไปที่กำหนดไว้ 4. ระบบทำการจำลองต่อจนเสร็จ
Include	การจองเส้นทางเดินรถ

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบอาณัติสัญญาณ

Use Case ID	2
Use Case Name	ระบบอาณัติสัญญาณ
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนสัญญาณในระบบจำลองสามารถทำได้โดยการคลิกไปป้ายสัญญาณตัวนั้น ๆ ซึ่งมีการควบคุมได้ทั้งหมด 2 แบบ คือ - สีเขียว : ขบวนรถไฟสามารถวิ่งผ่านได้ - สีแดง : รถไฟต้องหยุดจอดรอตามป้ายบอกอาณัติสัญญาณ แต่ควรระวังไว้ว่าป้ายบอกอาณัติสัญญาณจะสามารถแจ้งให้ขบวนรถไฟให้ทำตามได้นั้นรถไฟต้องอยู่ในระยะที่สามารถมองเห็นป้ายอาณัติสัญญาณด้วย
Precondition	เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมระบบจำลองการเดินรถของขบวนรถไฟ
Postcondition	เปลี่ยนสถานะของสัญญาณไฟเป็นสีแดง
Normal Flow	ระบบจะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟเป็นสีเขียว เมื่อขบวนรถออกจากสถานี

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบควบคุมรถไฟ

Use Case ID	3
Use Case Name	ระบบควบคุมรถไฟ
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการควบคุมระบบของขบวนรถไฟ หรือต้องการตรวจสอบรายละเอียดต่าง ๆ ของขบวนรถไฟ เช่น ตำแหน่ง ณ ปัจจุบัน เส้นทางที่ถูกจองโดยขบวนรถไฟ เป็นต้น
Precondition	1. เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมระบบจำลองการเดินรถของขบวนรถไฟ 2. เมื่อผู้ใช้ทำการจองเส้นทางเดินรถเรียบร้อยแล้ว
Postcondition	-
Normal Flow	ระบบจะแสดงข้อมูลทั้งหมดของขบวนรถไฟ 1. แสดงเส้นทางที่ถูกจอง 2. แสดงเวลาที่ขบวนรถไฟออกจากสถานีต้นทาง 3. แสดงถึงเวลาที่ขบวนรถไฟถึงสถานีปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	4. แสดงข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลเวลา เมื่อรถไฟเปลี่ยนราง 5. แสดงความเร็วของขบวนรถไฟ ณ ปัจจุบัน 6. สามารถควบคุมขบวนรถไฟได้ เช่น ควบคุมความเร็ว ควบคุมการทำงาน เป็นต้น

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram จองเส้นทางเดินรถ

Use Case ID	4
Use Case Name	จองเส้นทางเดินรถ
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการจองเส้นทางเดินรถ จะต้องมีการกำหนดขบวนรถที่จะใช้ในการจำลองอย่างน้อยหนึ่งขบวน และต้องกำหนดเส้นทางการเดินรถโดยกำหนดสถานีต้นทางและปลายทาง ถึงจะสามารถสั่งให้ระบบเริ่มทำการจำลองได้
Precondition	โหลดโครงสร้างข้อมูลของระบบราง ระบบสถานี ระบบรถไฟ และทำการสร้างวัตถุขึ้นมาในระบบ
Postcondition	-
Normal Flow	1. ผู้ใช้ทำการเลือกขบวนรถที่ต้องการจำลอง 2. ผู้ใช้เลือกสถานีต้นทางและสถานีปลายทาง 3. ผู้ใช้คลิกปุ่มเริ่มการจำลองการเดินรถ
Include	- การเลือกขบวนรถไฟ - การเลือกสถานีต้นทางและปลายทาง

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram เลือกขบวนรถไฟ

Use Case ID	5
Use Case Name	เลือกขบวนรถไฟ
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเลือกขบวนรถไฟ ซึ่งสามารถเลือกขบวนรถที่ต้องการมาใช้ในการจำลองได้
Precondition	เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมระบบจำลองการเดินรถของขบวนรถไฟ
Postcondition	ขบวนรถที่ถูกเลือกจะถูกนำมาใช้เมื่อเริ่มระบบจำลองการเดินรถ โดยเลือกรถไฟที่สถานะพร้อมใช้งาน
Normal Flow	ผู้ใช้เลือกขบวนรถไฟที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram เลือกสถานีต้นทาง - ปลายทาง

Use Case ID	6
Use Case Name	เลือกสถานีต้นทาง - ปลายทาง
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเลือกสถานีต้นทางและปลายทางให้กับขบวนรถไฟที่ถูกเลือกไว้
Precondition	เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมระบบจำลองการเดินรถของขบวนรถไฟ
Postcondition	ขบวนรถจะทำการจองรางโดยมีขอบเขตจากสถานีต้นทางถึงสถานีปลายทาง
Normal Flow	ผู้ใช้ทำการเลือกสถานีต้นทางและปลายทาง

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบการจัดการข้อมูลของระบบจำลอง

Use Case ID	7
Use Case Name	ระบบการจัดการข้อมูลของระบบจำลอง
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับราง, สถานีรถไฟ และขบวนรถไฟ เช่นการเพิ่มราง, สถานีรถไฟ และขบวนรถไฟเข้าสู่ระบบ
Precondition	ผู้ใช้ทำการจัดการข้อมูลราง, สถานีรถไฟ และขบวนรถไฟ
Postcondition	ระบบแสดงข้อมูลทั้งหมดบนโปรแกรมหลังจากเริ่มโปรแกรมจำลองใหม่
Normal Flow	1. ผู้ทำการเลือกที่จะเพิ่มข้อมูลหรือเปลี่ยนแปลงสถานะต่าง ๆ 2. ผู้ใช้ทำการเริ่มโปรแกรมจำลองใหม่อีกครั้ง

ตารางที่ 3.8 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบราง

Use Case ID	8
Use Case Name	ระบบราง
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลของรางลงโปรแกรมจำลอง หรือต้องการเปลี่ยนแปลงสถานะของรางที่แสดงบนระบบ
Precondition	เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมระบบจำลองการเดินรถของขบวนรถไฟ
Postcondition	ระบบจะจัดการข้อมูลรางทั้งหมดเมื่อผู้ใช้รีสตาร์ทโปรแกรมจำลองใหม่
Normal Flow	1. ผู้ใช้เพิ่มหรือเปลี่ยนข้อมูลของราง 2. ผู้ใช้ทำการยืนยันข้อมูลทั้งหมด 3. ระบบบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบขบวนรถไฟ

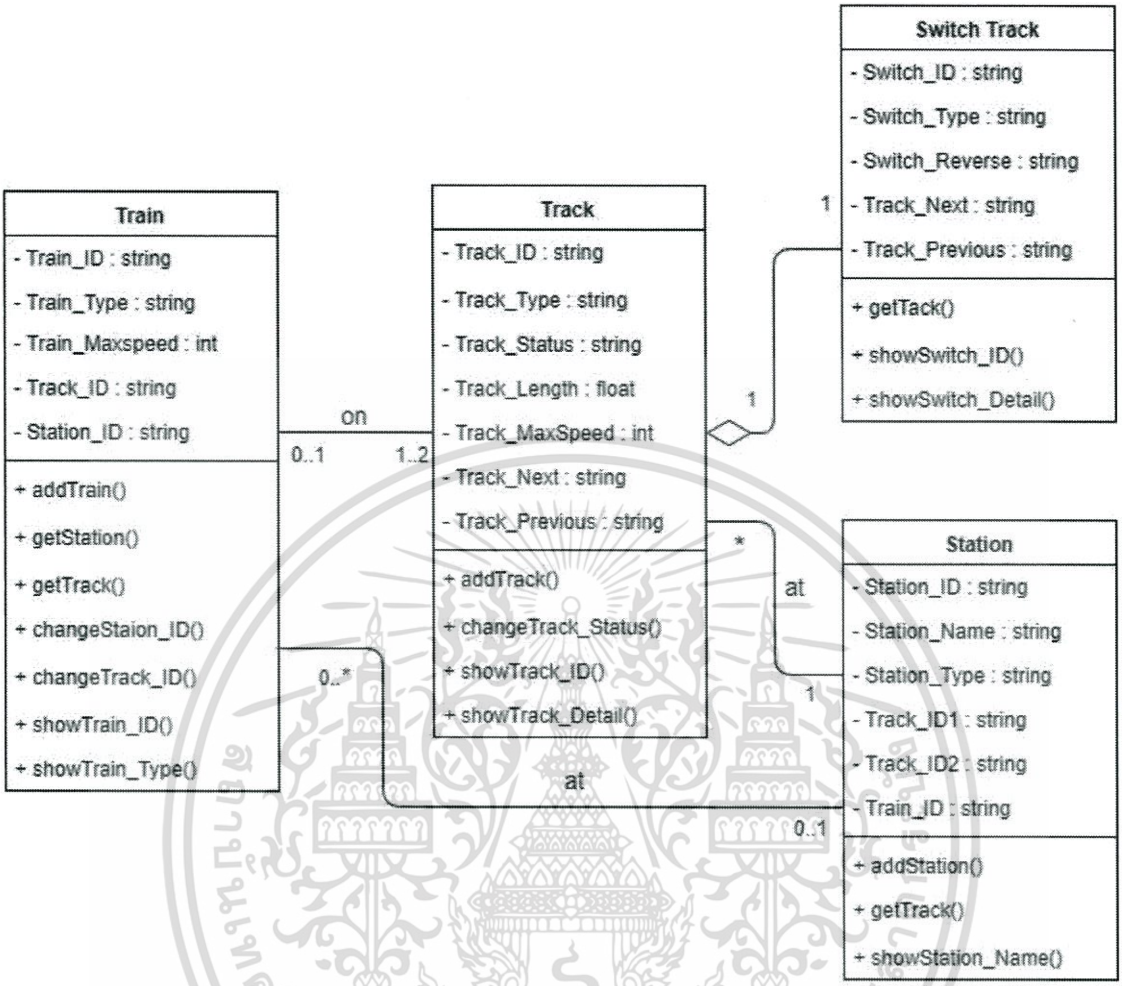
Use Case ID	9
Use Case Name	ระบบขบวนรถไฟ
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลของขบวนรถไฟลงโปรแกรมจำลอง หรือต้องการเปลี่ยนตำแหน่งของขบวนรถไฟไปยังสถานีรถไฟอื่น ๆ
Precondition	เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมระบบจำลองการเดินรถของขบวนรถไฟ
Postcondition	ระบบจะจัดการข้อมูลขบวนรถไฟทั้งหมดเมื่อผู้ใช้รีสตาร์ทโปรแกรมจำลองใหม่
Normal Flow	1. ผู้ใช้เพิ่มหรือเปลี่ยนข้อมูลของขบวนรถไฟ 2. ผู้ใช้ทำการยืนยันข้อมูลทั้งหมด 3. ระบบบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

ตารางที่ 3.10 แสดงรายละเอียด Use Case Diagram ระบบสถานี

Use Case ID	10
Use Case Name	ระบบสถานี
Actor	ผู้ใช้งานโปรแกรม
Description	ผู้ใช้ต้องการเพิ่มข้อมูลของสถานีลงโปรแกรมจำลองเพิ่มจากที่มีอยู่
Precondition	ระบบจะจัดการข้อมูลรางทั้งหมดเมื่อผู้ใช้รีสตาร์ทโปรแกรมจำลองใหม่
Postcondition	ระบบจะจัดการข้อมูลสถานีรถไฟทั้งหมดเมื่อผู้ใช้รีสตาร์ทโปรแกรมจำลองใหม่
Normal Flow	1. ผู้ใช้เพิ่มข้อมูลของสถานี 2. ผู้ใช้ทำการยืนยันข้อมูลทั้งหมด 3. ระบบบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram)



รูปที่ 3.4 คลาสไดอะแกรม (Class Diagram)

3.2.5 Metadata database

ตารางที่ 3.11 ตารางราง

Field	Data Type	Index	Comment
ID	INT (5)	PK	ลำดับของราง
Track_ID	VARCHAR (25)	UK	ไอดีของราง เช่น T1004, SW102
Track_Type	VARCHAR (5)	NOT NULL	ประเภทของราง เช่น T (Normal Track), SW (Switch Track)
Track_Status	VARCHAR (25)	NOT NULL	สถานะของราง เช่น Normal, Abnormal
Track_Length	FLOAT	NOT NULL	ความยาวของราง
Track_Maxspeed	INT (5)	NOT NULL	ความเร็วสูงสุดที่รถไฟสามารถเคลื่อนที่บนรางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 ตารางสวิตช์

Field	Data Type	Index	Comment
ID	INT (5)	PK	ลำดับของสวิตช์
Switch_ID	VARCHAR (25)	FK	ไอดีของสวิตช์
Switch_Type	VARCHAR (25)	NOT NULL	ประเภทของสวิตช์ เช่น TopRight, TopLeft, BottomRight, BottomLeft
Switch_Connect	VARCHAR (25)	FK	สวิตช์ที่ถูกเชื่อมต่อกัน เช่น SW102 เชื่อมต่อกับ SW202

ตารางที่ 3.13 ตารางสถานีรถไฟ

Field	Data Type	Index	Comment
Station_ID	INT (10)	PK	ไอดีของสถานี
Station_Name	VARCHAR (25)	NOT NULL	ชื่อของสถานี
Station_Type	VARCHAR (25)	NOT NULL	ประเภทของสถานี
Track_ID1	VARCHAR (25)	FK	รางที่อยู่ประจำสถานี
Track_ID2	VARCHAR (25)	FK	รางที่อยู่ประจำสถานี

ตารางที่ 3.14 ตารางขบวนรถไฟ

Field	Data Type	Index	Comment
Train_ID	INT (10)	PK	ไอดีของขบวนรถไฟ
Train_Type	VARCHAR (10)	NOT NULL	ประเภทของขบวนรถไฟ
Train_Maxspeed	INT (5)	NOT NULL	ความเร็วสูงสุดของขบวนรถไฟ
Track_ID	VARCHAR (25)	FK	ขบวนรถไฟอยู่บนราง
Station_ID	INT (10)	FK	ขบวนรถไฟจอดอยู่ที่สถานี

3.2.6 ลักษณะของโครงสร้างข้อมูล

3.2.6.1 ลักษณะของราง

การสร้างวัตถุของรางนั้นจะสร้างโดยการเรียกโครงสร้างข้อมูลจากฐานข้อมูลดังตารางที่ 3.10 โดยจะเรียงลำดับจากไอดีของตาราง จากนั้นจะทำการแยกลำดับของรางเส้นบนและรางเส้นล่างด้วยเลขตัวแรกของไอดีราง (Track_ID) ดังตัวอย่างจากรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ลักษณะของราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

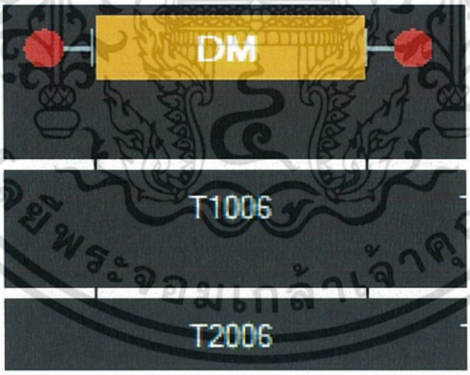
3.2.6.2 ลักษณะของสวิตช์

การสร้างวัตถุของสวิตช์จะมีลักษณะเหมือนกับลักษณะของรางแต่การสร้างวัตถุของสวิตช์นั้นจะต้องมีการกำหนดจุดเชื่อมต่อของสวิตช์แต่ละตัวโดยการเรียกโครงสร้างข้อมูลจากฐานข้อมูลดังตารางที่ 3.11 สามารถสังเกตได้ว่าจะมีแถวของสวิตช์ไอดี (Switch_ID) และสวิตช์ที่เชื่อมต่อ (Switch_Connect) ซึ่งทั้งสองแถวนี้จะใช้บอกความสัมพันธ์ระหว่างสวิตช์ทั้งสองตัว เช่น สวิตช์ SW102 ที่เป็นสวิตช์แบบ BottomLeft เชื่อมกับ สวิตช์ SW202 ที่เป็นสวิตช์แบบ TopRight ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ลักษณะของสวิตช์

3.2.6.3 ลักษณะของสถานี

การสร้างวัตถุของสถานีรถไฟนั้นจะสร้างโดยการเรียกโครงสร้างข้อมูลจากฐานข้อมูลดังตารางที่ 3.12 ซึ่งสถานีรถไฟนั้นจะมีความสัมพันธ์กับรางโดยการสร้างสถานีหนึ่งสถานีนั้นจะต้องระบุรางสองรางคือ รางเส้นบนและรางเส้นล่าง ดังรูปที่ 3.7

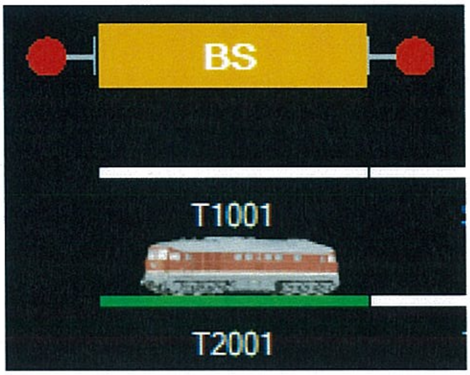


รูปที่ 3.7 ลักษณะของสถานีรถไฟ

3.2.6.4 ลักษณะของขบวนรถไฟ

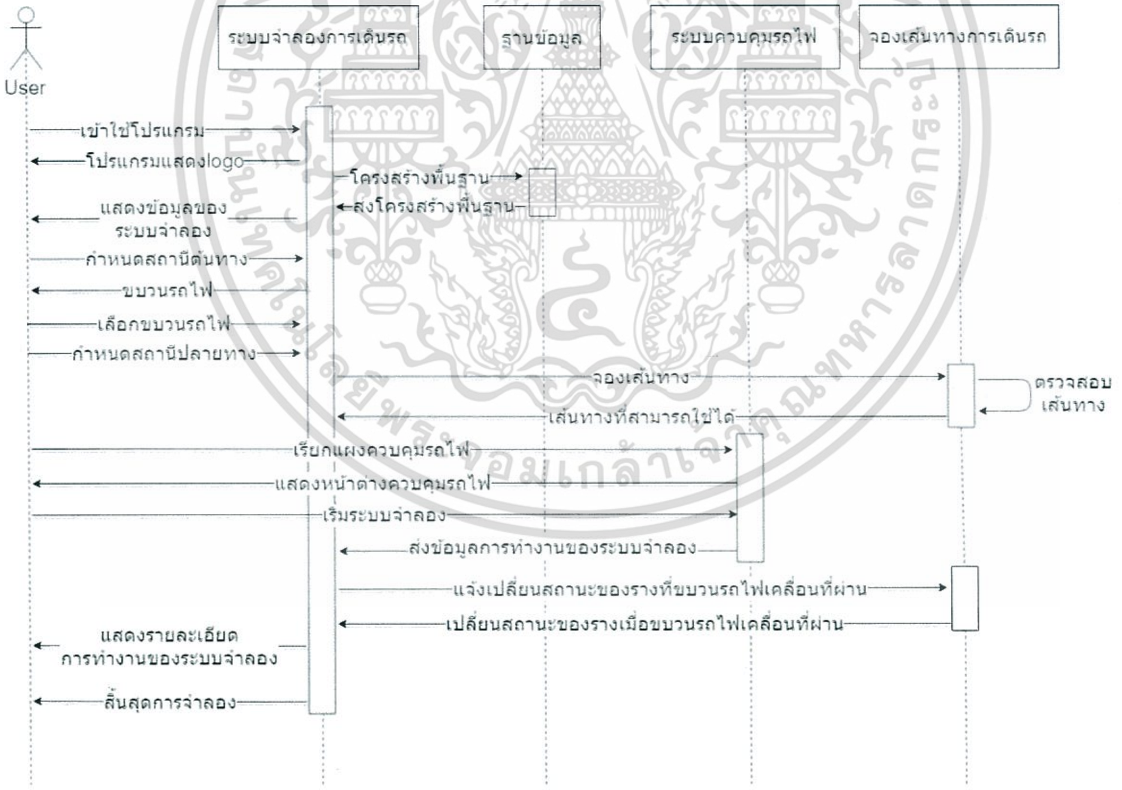
การสร้างวัตถุของขบวนรถไฟนั้นจะสร้างโดยการเรียกโครงสร้างข้อมูลจากฐานข้อมูลดังตารางที่ 3.13 ซึ่งขบวนรถไฟนั้นจะมีความสัมพันธ์กับสถานีรถไฟและราง ซึ่งการจะสร้างขบวนรถไฟนั้นจะต้องระบุไอดีของสถานีและระบุไอดีของรางซึ่งจะต้องเป็นรางที่ถูกระบุไว้กับสถานีนั้น ๆ ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



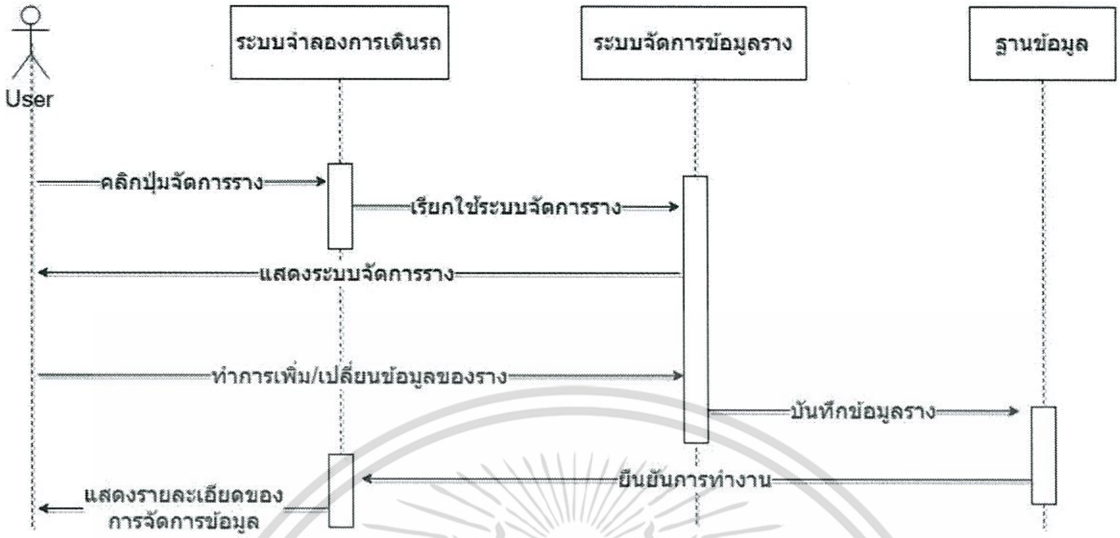
รูปที่ 3.8 ลักษณะของขบวนรถไฟ

3.2.7 Sequence Diagram

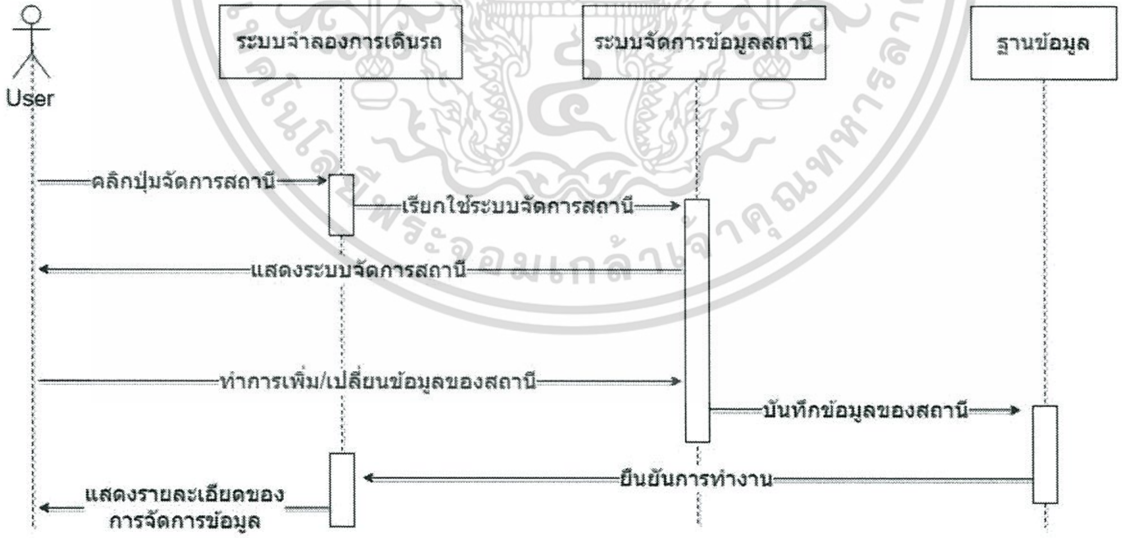


รูปที่ 3.9 Sequence Diagram ของระบบจำลองรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

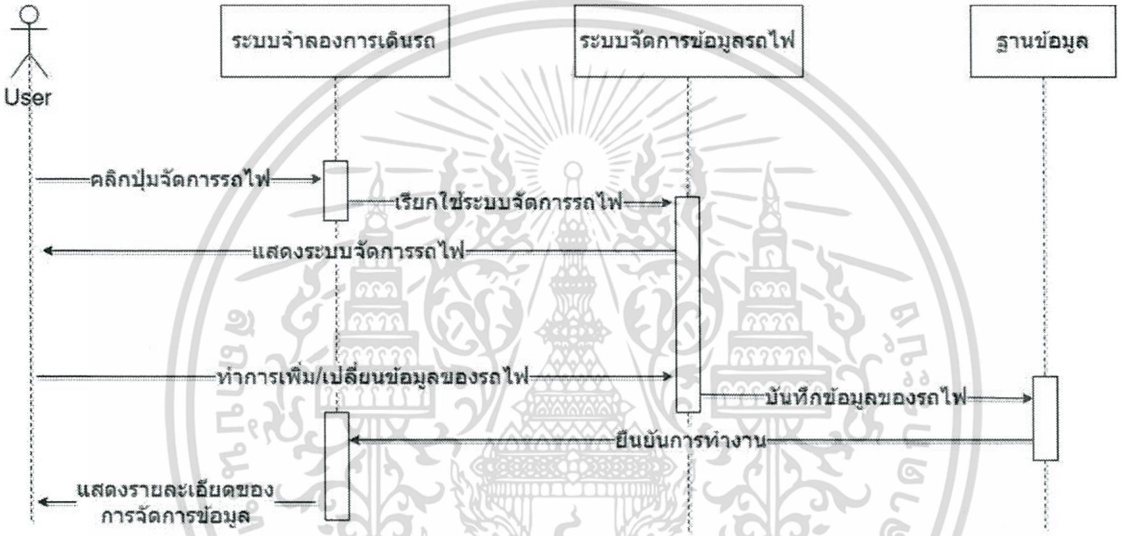


รูปที่ 3.10 Sequence Diagram ของระบบราง



รูปที่ 3.11 Sequence Diagram ของระบบสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 Sequence Diagram ของระบบรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 เริ่มต้นการใช้ระบบจำลองการควบคุมและการเดินรถ

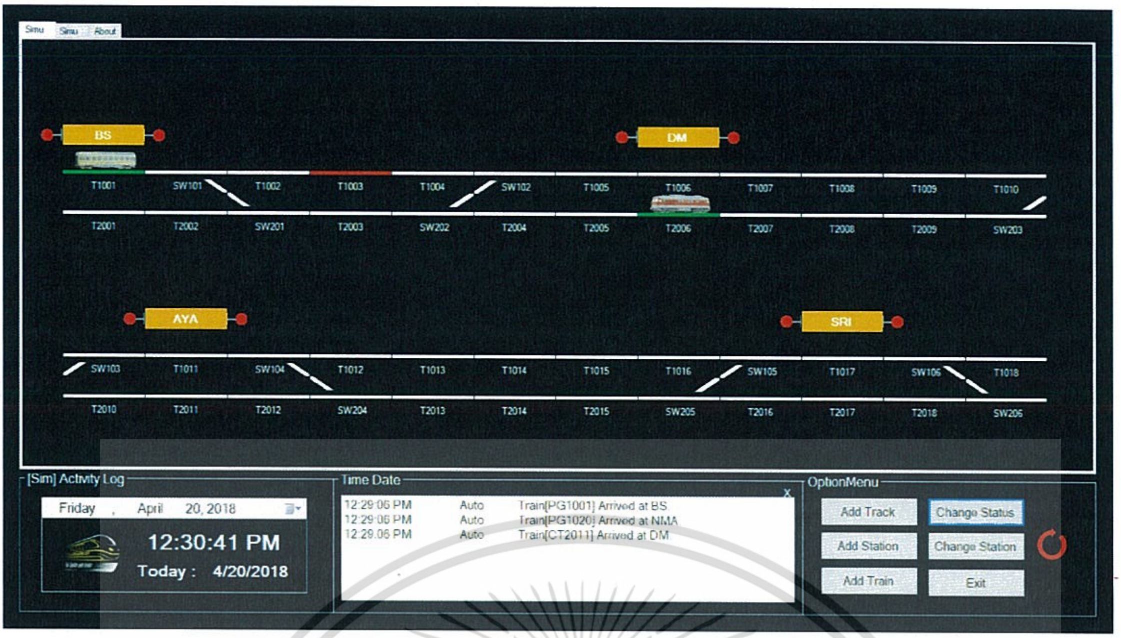
เมื่อเปิดโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและการเดินรถขึ้นมา โปรแกรมจะแสดงโลโก้ก่อนจะเข้าไปในส่วนการทำงานหลักของโปรแกรม

รูปที่ 4.1 รูปภาพแสดงโลโก้ของโปรแกรม

เมื่อโปรแกรมทำการโหลดข้อมูลและสร้างวัตถุ (Object) เสร็จเรียบร้อย โปรแกรมจะแสดงหน้าจอหลักของระบบจำลองการควบคุมและการเดินรถดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะประกอบไปด้วย

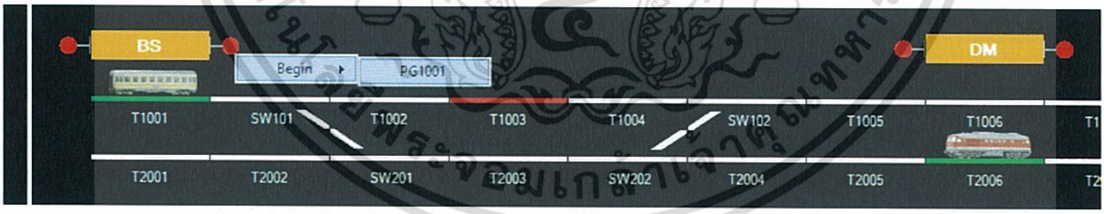
- วัตถุต่าง ๆ ที่โปรแกรมสร้างขึ้น เช่น ราง สถานี และขบวนรถไฟ
- ฟังก์ชันการจัดการข้อมูลของระบบจำลองการควบคุมและการเดินรถ
- ส่วนที่ใช้แจ้งการทำงานต่าง ๆ ในระบบ (Activity log)
- ส่วนที่ใช้แสดง วัน เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

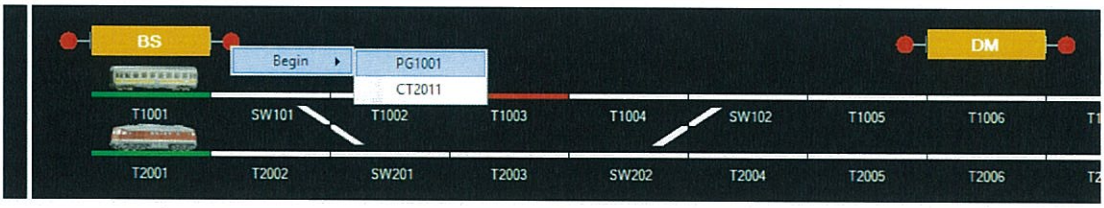


รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงผลหลัก

ให้ผู้ใช้กำหนดสถานีเริ่มต้นที่ต้องการให้ขบวนรถไฟออกจากสถานีซึ่ง ณ สถานีนั้นจะต้องมีขบวนรถไฟจอดประจำการอยู่ด้วย โดยให้ผู้ใช้คลิกที่สัญญาณไฟสีแดงซึ่งสัญญาณไฟสีแดงจะแยกออกเป็น 2 ทิศทาง โดยสัญญาณไฟด้านซ้ายจะกำหนดทิศทางให้ขบวนรถไฟวิ่งไปด้านซ้าย ส่วนสัญญาณไฟด้านขวาจะกำหนดทางให้ขบวนรถไฟวิ่งไปด้านขวา เมื่อคลิกที่สัญญาณไฟสีแดงจะมีคำสั่ง Begin ขึ้นมาและจะแสดงขบวนรถไฟที่จอดประจำอยู่ที่สถานีให้ผู้ใช้เลือกควบคุมดังรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4



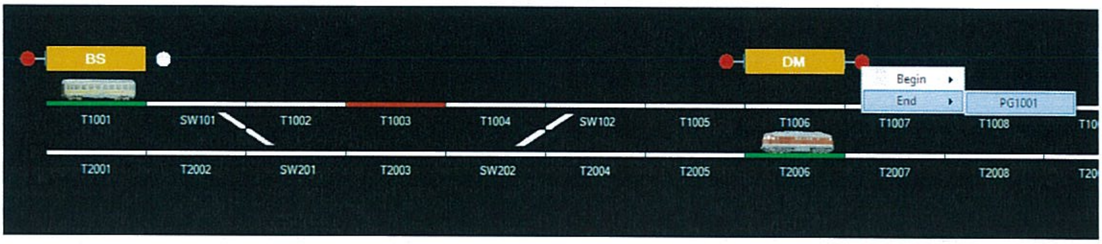
รูปที่ 4.3 กำหนดสถานีเริ่มต้น กรณีมี 1 ขบวนรถไฟให้เลือก



รูปที่ 4.4 เลือกสถานีเริ่มต้น กรณีมี 2 ขบวนรถไฟให้เลือก

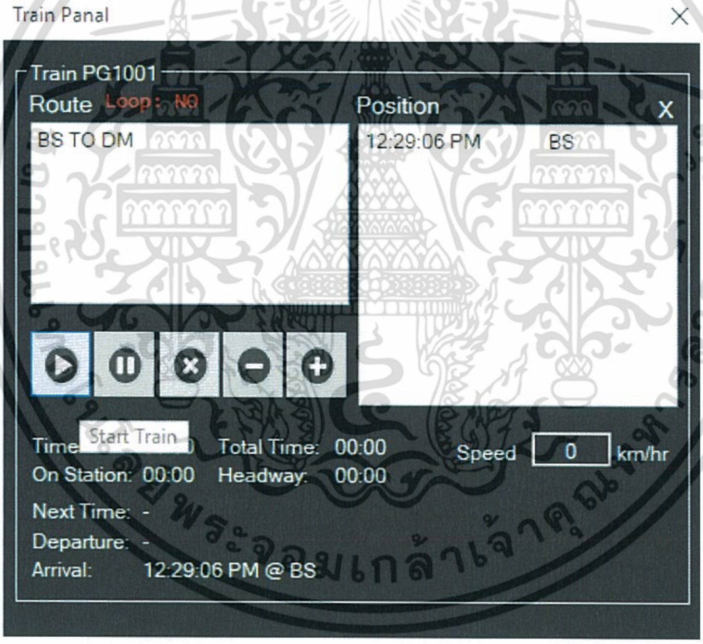
เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกสถานีเริ่มต้นและขบวนรถไฟแล้ว ถัดมาให้ทำการเลือกสถานีปลายทางที่ต้องการให้ขบวนรถไฟเคลื่อนขบวนไป ซึ่งผู้ใช้จะต้องคลิกที่สัญญาณสีแดงจากนั้นจะมีคำสั่ง End ขึ้นมาและจะแสดงขบวนรถไฟที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอนเลือกสถานีต้นทางดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เลือกสถานีปลายทาง

จากนั้นให้ผู้ใช้ทำการคลิกที่ขบวนรถไฟที่ได้ทำการเลือกไว้ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างสำหรับควบคุมรถไฟให้ทำการตรวจสอบว่าเลขไอดีรถตรงกับขบวนรถไฟที่ได้เลือกไว้หรือไม่ และตรวจสอบว่ามีการจองเส้นทางสำหรับขบวนรถไฟไว้หรือไม่ โดยหน้าต่างควบคุมรถไฟนั้นสามารถทำได้หลายอย่าง เช่น สั่งให้ขบวนรถไฟออกจากสถานี (จะต้องมีการจองเส้นทางก่อน) สั่งให้รถไฟหยุดการเดินรถ ยกเลิกการจองเส้นทาง ปรับความเร็วรถได้ แสดงตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟ แสดงเส้นทางที่ได้จองไว้ เป็นต้น ดังรูปที่ 4.6

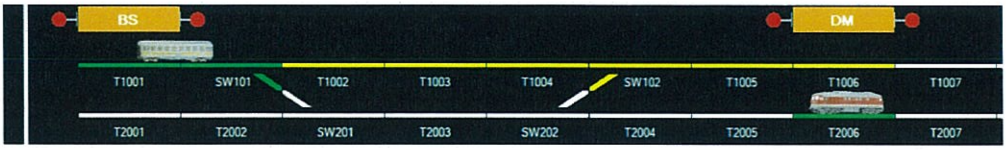


รูปที่ 4.6 หน้าต่างสำหรับควบคุมขบวนรถไฟ

เมื่อทำการสั่งให้ขบวนรถไฟเริ่มทำงาน ระบบจะแสดงเส้นทางที่ถูกจองไว้และขบวนรถไฟจะเคลื่อนขบวนออกจากสถานี โดยสำหรับการเคลื่อนขบวนรถไฟไปทางขวาระบบจะกำหนดให้ใช้เส้นทางด้านบนและสำหรับการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายระบบจะกำหนดให้ใช้เส้นทางด้านล่าง นอกเสียจากระหว่างทางมีการชำรุดหรือเกิดเหตุขัดข้องกับรางที่ต้องใช้สำหรับให้รถไฟเคลื่อนขบวน ซึ่งรูปแบบเส้นทางที่ระบบจะทำการจองนั้นจะมีทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ

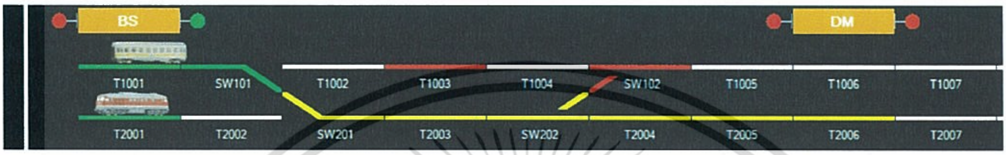
- การจองเส้นทางตรงหรือเส้นทางปรกติดังรูปที่ 4.7 ซึ่งการจองเส้นทางแบบนี้แสดงว่ารางทั้งหมดสามารถใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การจองเส้นทางแบบทางตรง

- การจองเส้นทางโดยผ่านสวิตช์หนึ่งตัวดังรูปที่ 4.8 ซึ่งการจองเส้นทางแบบนี้แสดงว่ารางบางช่วงเกิดปัญหาขัดข้องขึ้นซึ่งจะต้องทำการหลีกเลี่ยงเส้นทางที่ผ่านรางนั้นและยังไม่สามารถกลับไปยังรางเส้นบนได้



รูปที่ 4.8 การจองเส้นทางโดยการผ่านสวิตช์หนึ่งตัว

- การจองเส้นทางโดยผ่านสวิตช์สองตัวดังรูปที่ 4.9 ซึ่งการจองเส้นทางแบบนี้แสดงว่ารางบางช่วงเกิดปัญหาขัดข้องขึ้นซึ่งจะต้องทำการหลีกเลี่ยงเส้นทางที่ผ่านรางนั้น แต่สามารถกลับขึ้นไปยังเส้นทางด้านบนได้โดยผ่านสวิตช์ตัวที่สอง

รูปที่ 4.9 การจองเส้นทางโดยการผ่านสวิตช์สองตัว

สำหรับสถานะต่าง ๆ ของรางผู้ใช้สามารถสังเกตได้จากสีต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนรางโดยที่สามารถแบ่งออกเป็น 4 สี คือ สีขาว สีแดง สีเหลือง และสีเขียว ซึ่งแต่ละสีจะมีความหมายดังนี้

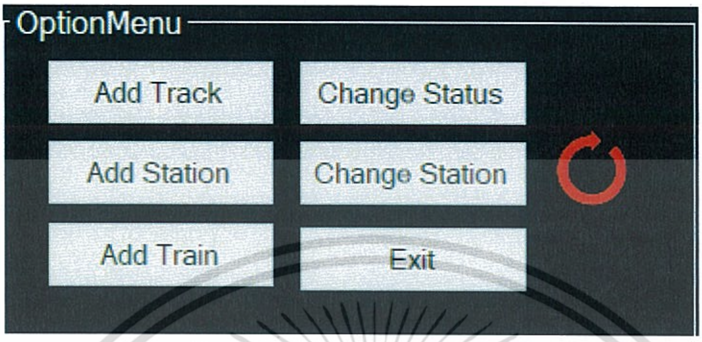
- สีขาว หมายถึง แสดงสถานะรางว่าง
- สีแดง หมายถึง แสดงสถานะรางไม่พร้อมใช้งานหรือไม่ว่าง
- สีเหลือง หมายถึง แสดงสถานะรางที่ถูกระบบจอง
- สีเขียว หมายถึง แสดงสถานะตำแหน่งที่รถไฟว่าขณะนี้อยู่บนรางใด

ผู้ใช้สามารถสังเกตได้ว่าขบวนรถจะเคลื่อนที่ตามเส้นสีเหลืองจนไปถึงสถานีปลายทางตามที่ผู้ใช้ได้กำหนดไว้ เมื่อถึงสถานีปลายทางแล้วผู้ใช้จึงจะสามารถกำหนดเส้นทางใหม่ให้กับขบวนรถไฟขบวนเดิมได้ เพราะผู้ใช้ไม่สามารถกำหนดเส้นทางใหม่ให้กับขบวนรถไฟขบวนเดิมในขณะที่ขบวนรถไฟยังเคลื่อนที่อยู่ และผู้ใช้สามารถจองเส้นทางข้ามสถานีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบจัดการข้อมูลของระบบจำลอง

หน้าต่างนี้ใช้สำหรับจัดการข้อมูลต่าง ๆ ของระบบจำลอง เช่น จัดการระบบราง จัดการระบบสถานีรถไฟ และจัดการระบบรถไฟ ผู้ใช้สามารถเลือกจัดการระบบต่าง ๆ ได้จากแถบ Option Menu

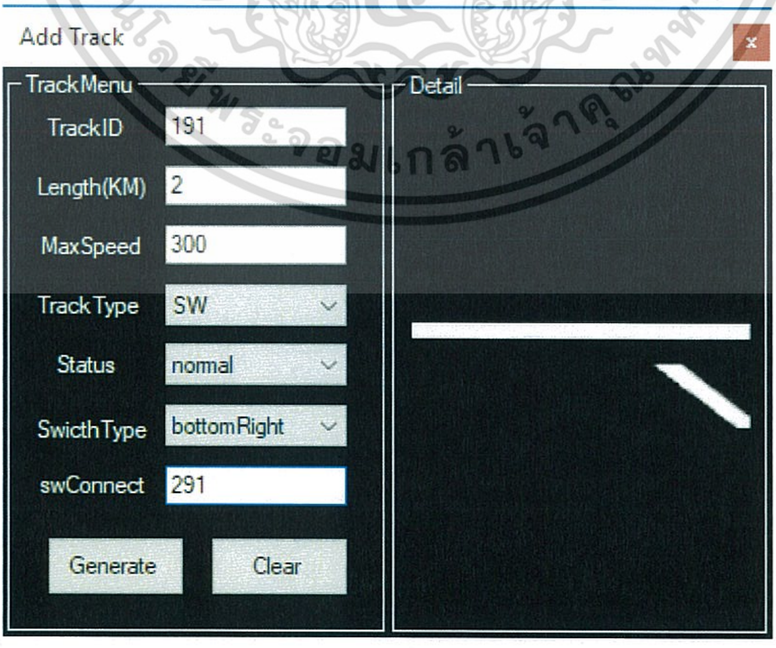


รูปที่ 4.10 ระบบจัดการข้อมูลของระบบจำลอง

4.4.1 การจัดการระบบราง

เป็นการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับราง ซึ่งระบบรางนั้นสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ

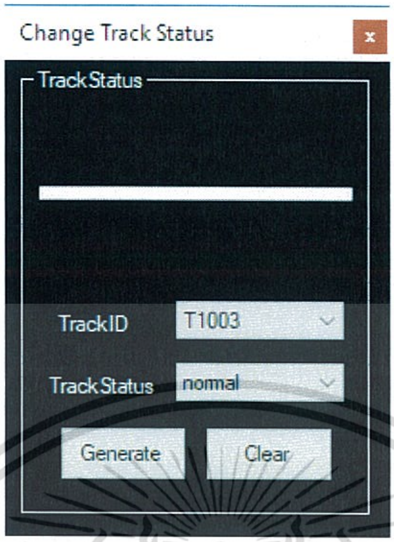
4.4.1.1 การเพิ่มราง ใช้สำหรับเพิ่มรางเข้าสู่ระบบ โดยผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของราง ได้แก่ ไอดี ความยาว ความสูงสุดที่รถไฟสามารถวิ่งได้ ชนิดของราง สถานะของราง และสำหรับรางแบบสวิตช์ผู้ใช้จะต้องกรอกชนิดของสวิตช์และสวิตช์อีกตัวที่ใช้เชื่อมเส้นทาง และข้อมูลที่ถูกเพิ่มเข้าระบบจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลด้วยเช่นกัน



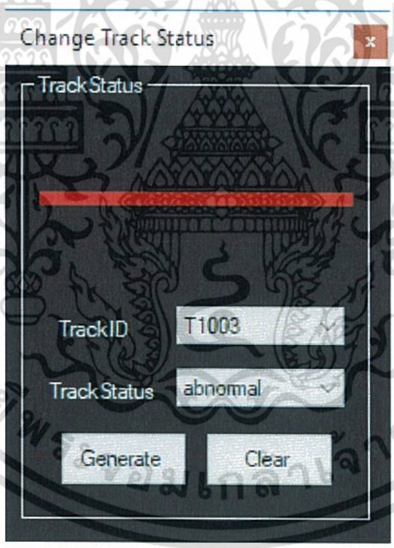
รูปที่ 4.11 หน้าต่างสำหรับเพิ่มราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2 การเปลี่ยนสถานะของราง ใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงสถานะของรางที่ต้องการเพื่อใช้สำหรับสังเกตการตัดสินใจและการทำงานของระบบจำลอง



รูปที่ 4.12 สถานะของรางแบบปรกติ

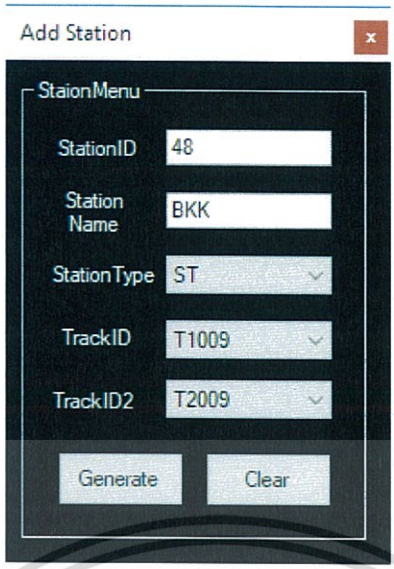


รูปที่ 4.113 สถานะของรางที่ผิดปรกติ หรือไม่พร้อมใช้งาน

4.4.2 การจัดการระบบสถานีรถไฟ

การจัดการระบบสถานีรถไฟนั้น มีไว้สำหรับเพิ่มสถานีรถไฟเข้าสู่ระบบจำลองและบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 หน้าต่างสำหรับเพิ่มสถานี

4.4.3 การจัดการระบบรถไฟ

เป็นการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับรถไฟ ซึ่งระบบรางนั้นสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ

4.4.3.1 การเพิ่มรถไฟ ใช้สำหรับเพิ่มขบวนรถไฟเข้าสู่ระบบ โดยผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของขบวนรถไฟ ได้แก่ ไอดี ความสูงสุดของขบวนรถไฟสามารถวิ่งได้ ชนิดของขบวนรถไฟ สถานีและราง ที่ต้องการให้เป็นจุดเริ่มต้นของขบวนรถไฟ และข้อมูลที่ถูกเพิ่มเข้าระบบจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลด้วยเช่นกัน

รูปที่ 4.15 หน้าต่างสำหรับเพิ่มขบวนรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3.2 **การเปลี่ยนตำแหน่งของขบวนรถไฟ** ใช้สำหรับเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของขบวนรถไฟเพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟในตำแหน่งของงงสถานีรถไฟหรือรางอื่น ๆ โดยจะต้องเลือก สถานีรถไฟและรางที่ต้องการ

รูปที่ 4.16 หน้าต่างสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งของขบวนรถไฟ

<u>หมายเหตุ</u> การจัดการข้อมูลของระบบจำลองทั้งหมดนั้นจะต้องทำการรีสตาร์ทโปรแกรมใหม่ทุกครั้งที่ได้มีการจัดการข้อมูล ยกเว้นการเปลี่ยนสถานะของรางนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องรีสตาร์ทโปรแกรมใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้นำเสนอในเรื่องของการพัฒนาโปรแกรมจำลองระบบการทำงานของระบบรถไฟความเร็วสูง โดยระบบสามารถจำลองรูปแบบการจองเส้นทางการเดินรถรวมไปถึงการจัดการต่าง ๆ ในระบบได้เสมือนจริง เช่น การกำหนดเส้นทางการเดินรถไฟในสภาวะปกติ การกำหนดความเร็วรถไฟในแต่ละขบวน เป็นต้น โดยคณะผู้จัดทำได้พัฒนาโปรแกรมจากเดิมที่เป็น ระบบแบบคงที่ (static) ให้สามารถปรับโครงสร้างพื้นฐานของระบบรางตามฐานข้อมูลได้ เพราะจากเดิมนั้น การปรับแต่งข้อมูลในแต่ละครั้งต้องมีการเขียนโปรแกรมใหม่ทั้งหมด ทำให้เกิดความยุ่งยากและเสียเวลาโดยไม่จำเป็น การเปลี่ยนโปรแกรมให้สามารถเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูลมาใช้ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมสามารถปรับข้อมูลเช่น ข้อมูลของระบบราง ข้อมูลของระบบสถานีรถไฟ และข้อมูลของระบบรถไฟได้ตามฐานข้อมูลโดยไม่จำเป็นที่จะต้องเขียนโปรแกรมใหม่ทั้งหมด นอกจากนี้คณะผู้จัดทำยังได้เพิ่มระบบการจัดการข้อมูล ซึ่งสามารถทำการเพิ่มหรือปรับแต่งข้อมูลของระบบต่าง ๆ ได้

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

- โค้ดของโปรแกรมเดิมบางส่วนมีความซ้ำซ้อน มีกระบวนการทำงานซ้ำกัน หรือไม่ได้มีประโยชน์ต่อการทำงาน ซึ่งคณะผู้จัดทำต้องจัดการให้ตัวโปรแกรมมีความสมบูรณ์ทำให้เป็นการเสียเวลาในการจัดการเป็นอย่างมาก
- จากข้อที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทางคณะผู้จัดทำจำเป็นตัดระบบบางส่วนออก ซึ่งส่งผลให้ระบบไม่สามารถทำการเรียกข้อมูลจากตารางเวลาการเดินรถมาใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์
- รายละเอียดเช่น ความเร็วของขบวนรถไฟ ความโค้งของราง ความชันของพื้นที่ ยังคงเป็นข้อมูลที่คณะผู้จัดทำได้ค้นหามาจากข้อมูลที่หาได้เท่าที่มี ซึ่งข้อมูลบางส่วนยังเป็นการคาดคะเนตามความเข้าใจของคณะผู้จัดทำ ซึ่งจะทำให้ระบบยังมีความคลาดเคลื่อน หากคณะผู้จัดทำได้ข้อมูลตามที่เป็นจริง จะทำให้ระบบจำลองนี้ทำงานได้สมจริงมากยิ่งขึ้น

5.3 แนวทางพัฒนาต่อไป

- เพิ่ม Event module หรือเหตุการณ์ที่ผิดปกติให้กับระบบจำลอง ซึ่งจะทำให้โปรแกรมสามารถจำลองสถานการณ์ในกรณีที่เหตุการณ์ไม่ปกติ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถนำไปฝึกหรือศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทำงานได้หรือตอบโจทย์กับผู้ที่สนใจในระบบการทำงานของระบบรถไฟได้เป็นอย่างดี
- เพิ่มระบบ login ให้กับโปรแกรม เพื่อทำการคัดกรองระหว่าง guest user และ admin
- เพิ่มระบบประเมินผู้ใช้ระบบจำลองในโหมดที่มีเหตุการณ์ที่ผิดปกติ เพื่อให้โปรแกรมสามารถเป็นตัวแบบทดสอบแก่ผู้ใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มระบบส่งออกข้อมูลสถิติในการเดินทางของรถไฟไปยังฐานข้อมูลอัตโนมัติ ตัวอย่างข้อมูลที่ส่งเช่น เวลาการเดินทางในแต่ละช่วงระหว่างสถานี ความเร็วในการเดินทางระหว่างสถานี ความเร็วเฉลี่ยเป็นต้น ระบบนี้จะช่วยในการประหยัดเวลาในการทำงานและสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ได้อีกด้วย
- ในส่วนของระบบการจัดการข้อมูลของระบบราง เมื่อมีการเพิ่มสวิตช์เข้าสู่ระบบควรมีการตรวจสอบสวิตช์อีกตัวที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันว่ามีสวิตช์ตัวนั้นอยู่ในระบบหรือไม่ ถ้าไม่มีสวิตช์ตัวนั้นอยู่ในระบบให้ทำการเพิ่มสวิตช์ตัวนั้นลงระบบด้วย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธนะพล สุศิวะ, ปิยฉัตร บุญมานำสิน และ พุธิตา สมุทรรัตน์. 2557. **ระบบอาณัติสัญญาณสำหรับรถไฟจำลอง (Simulation of Railway Signaling)**. กรุงเทพฯ : สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พุธิตา สมุทรรัตน์. 2560. **การศึกษาและการจำลองระบบควบคุมรถไฟและระบบอาณัติสัญญาณสำหรับรถไฟจำลอง (Study and Simulation of Train and Signaling - Simulation for Train Models)**. กรุงเทพฯ : สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มนัส วิเศษศรี. 2560. **ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟและระบบการจ่ายไฟฟ้าแก่ทางรถไฟ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://manatwisatsri.blogspot.com/2017/07/blog-post_13.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Department of Computer Engineering
(Information Engineering)
CE 6052

KMITL ENGINEERING PROJECT DAY 2018

Train Operation System Simulator

Mr. Supachai Dechraksa, Mr. Achira Repaichit, Asst.Prof.Dr. Vanvisa Chutchavong
Asst.Prof. Mayuree Lertwatechakul

Abstract

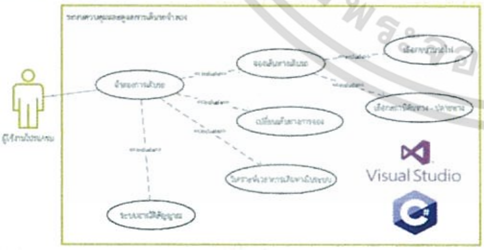
Train Operation System Simulator is a software that simulates the working environment and signaling system of the railway system. The simulator is developed for using as a teaching and training facility. The simulator can read the data of a railway system including stations, tracks, switches, signals and timetable from database. User may investigate the sequence of operation of a railway system in the automatic controlling mode. User may practice train dispatching skill by running simulator in practicing mode and setting a route for any coming train, user must set position of all switches according to the route and then control the signals in order to control the train movement correctly. All operation of a user will be recorded and shown in form of train arrival and departure time compared with the original timetable, additional with the remark of all wrong operations that occurred by the user.

Introduction

Since Thai government has signed a contact to develop a high-speed rail system with Chinese government, there is an urgent needs to increase the operator's worker according to Thai railway development projects. Thus, we need the most effective teaching facility as a simulator to explain how the railway system is operated and also the simulator could be used as a practicing facility to simulate an existing railway system environment.

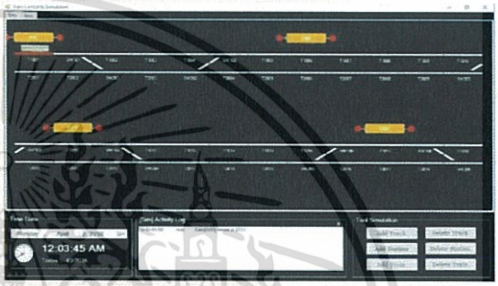
Methodology

This simulator software developed with C# and it able to construct a railway system from data kept in a database. Objects represent railway elements and train are shown as graphical objects which user can change their state only if it is not violate the railway system operation rules.



Results

Within the user interface, user can control train by setting start station and destination, setting train route, setting train speeds and switches. Then the simulation system will start.



In this interface, user can add track , train and station .

Conclusion

This project presents the development of a railway system simulator. The system can simulate train operation such as route reservation and signaling process along with train movement. The rail network could easily be maintained and changed through the data within a database. Practicing operations and results is stored as a log file that can be used to investigate how well a learner do on his practice.

References

[1] Joern Pachl, "Railway Operation and Control", VTD Rail Publishing, 2002
[2] PuThita SamooTrut, "Study and Simulation of Train and Signaling Simulation for Train Models, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,2017

ENGINEERS LADKRABANG

E-mail:klmayure@kmitl.ac.th

รูปที่ ก.1 โปสเตอร์โครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

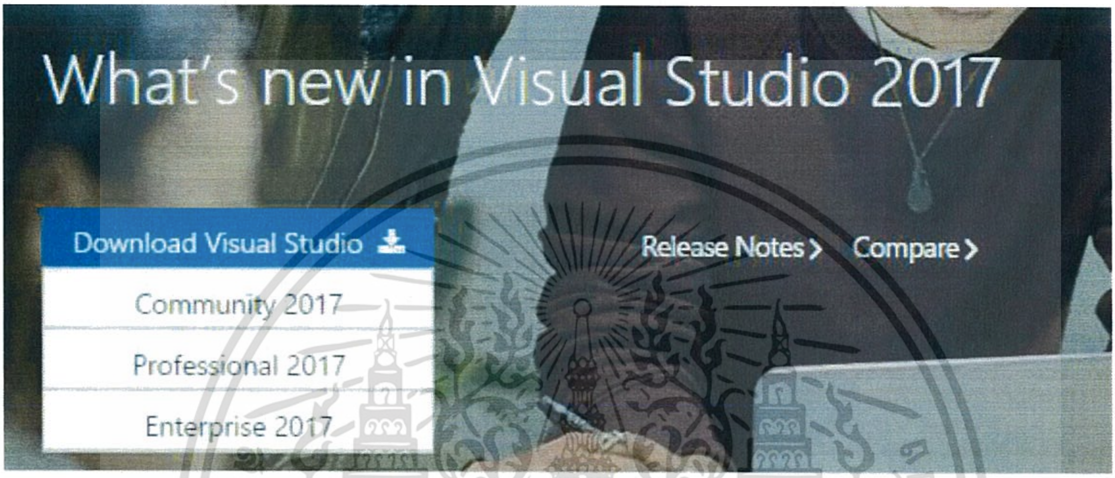
ภาคผนวก ข
การติดตั้งโปรแกรม Visual Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งโปรแกรม Visual Studio

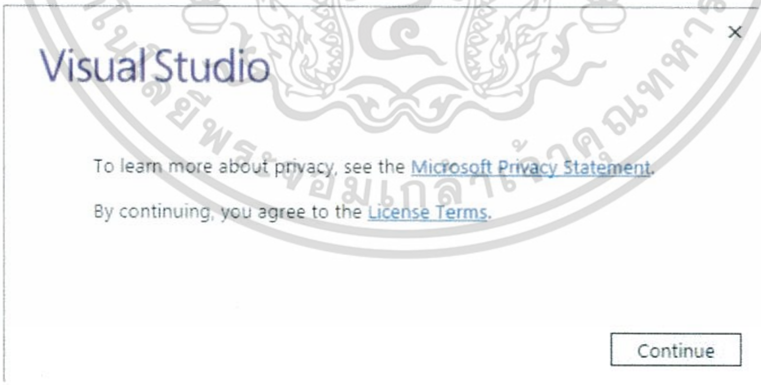
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Visual Studio

1. ดาวน์โหลด Visual Studio จากเว็บไซต์ https://www.visualstudio.com/
2. เลือกเวอร์ชั่นของโปรแกรมซึ่งจะมี 3 ชนิด โดยผู้จัดทำได้เลือกใช้ **community 2017 version**



รูปที่ ข.1 เวอร์ชั่นของโปรแกรม Visual Studio 2017

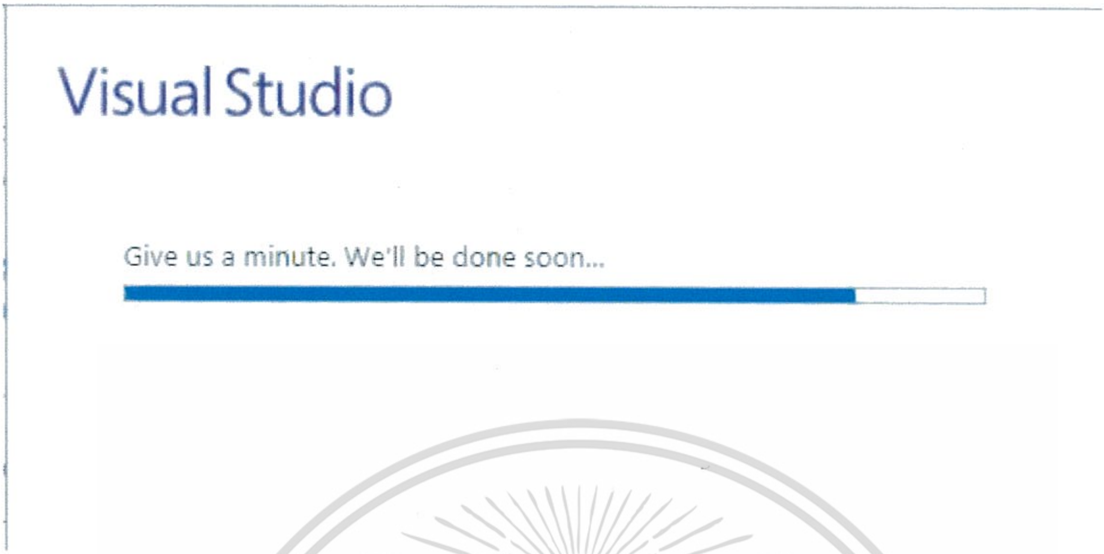
3. หลังจากดาวน์โหลดตัว Install แล้วให้คลิกที่ Continue เพื่อเริ่มการติดตั้ง



รูปที่ ข.2 เริ่มติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รอจนโปรแกรมติดตั้งเสร็จ



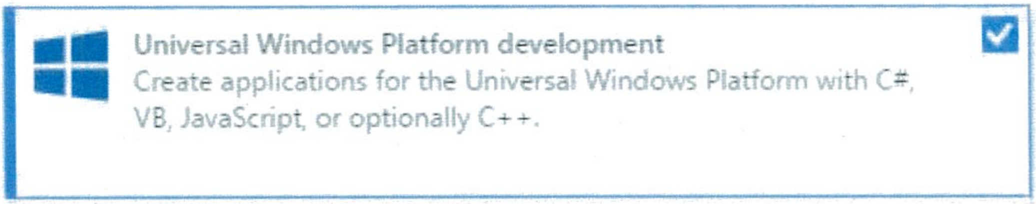
รูปที่ ข.3 ติดตั้งโปรแกรม

5. เลือก Package ที่ต้องการติดตั้งเพื่อใช้งาน

รูปที่ ข.4 เลือก Package และโมดูลต่าง ๆ สำหรับติดตั้ง

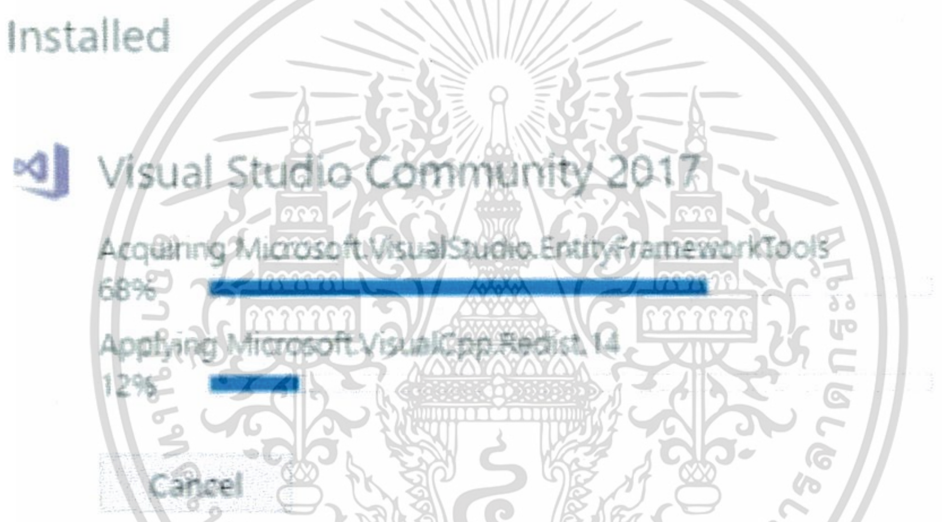
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการเลือก **Universal Widows Platform development**



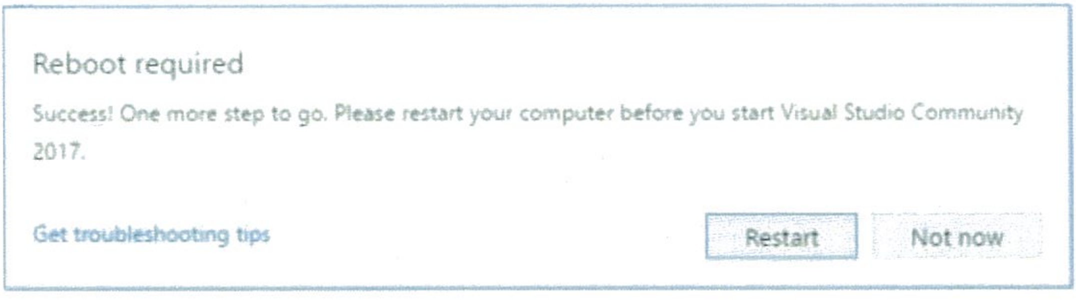
รูปที่ ข.5 เลือก Platform สำหรับ development

7. จากนั้นคลิกที่ Install เพื่อเริ่มการติดตั้ง module ของโปรแกรม



รูปที่ ข.6 ติดตั้งโมดูลต่าง ๆ ที่เลือกไว้

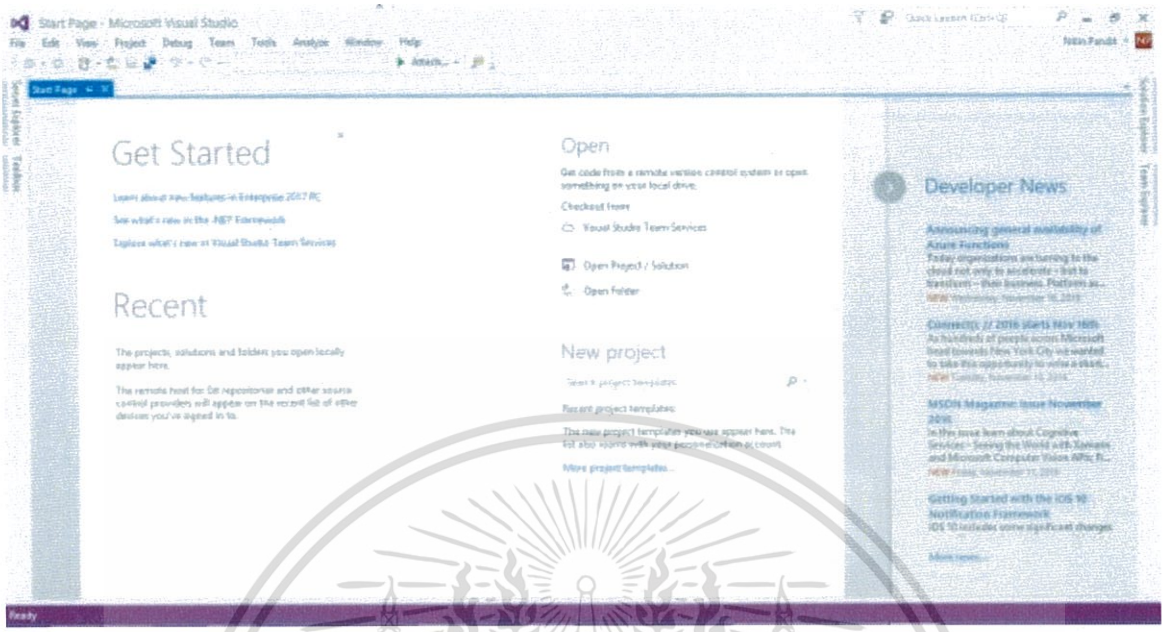
8. เมื่อโปรแกรมติดตั้งโมดูลเสร็จสมบูรณ์ให้ทำการรีสตาร์ทคอมพิวเตอร์



รูปที่ ข.7 แจ้งเตือนขออนุญาตรีสตาร์ทคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. โปรแกรมพร้อมใช้งาน



รูปที่ ข.8 โปรแกรม Visual Studio 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

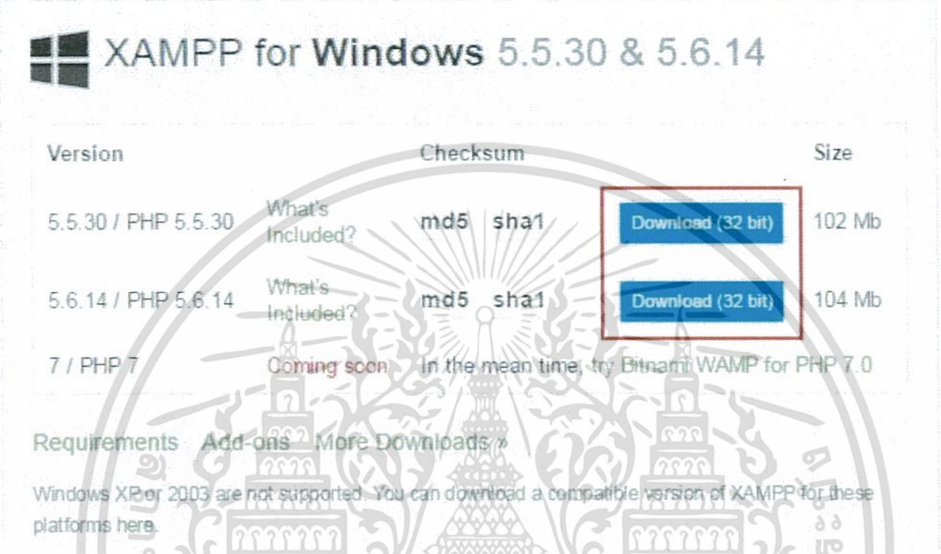
ภาคผนวก ค
การติดตั้งโปรแกรม XAMPP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งโปรแกรม XAMPP

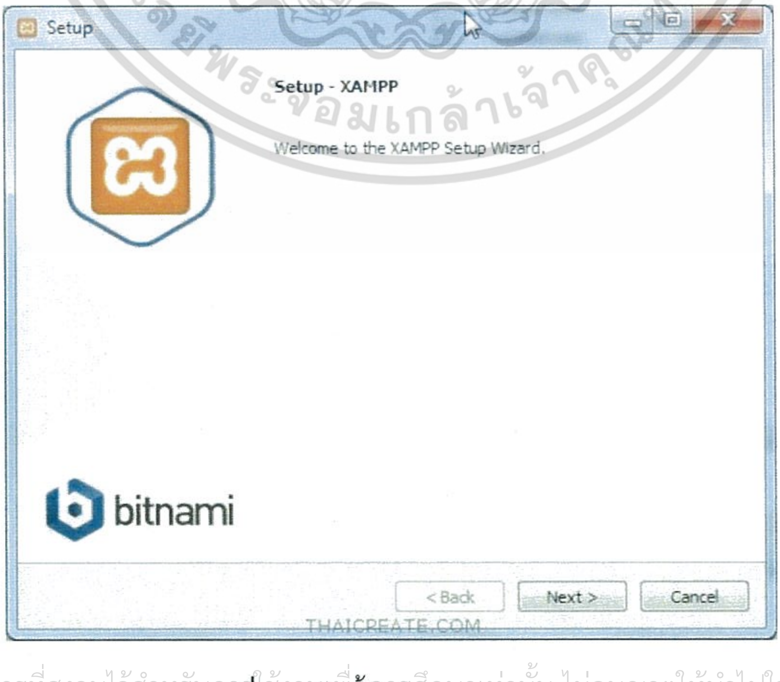
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม XAMPP

1. ดาวน์โหลดโปรแกรมจากเว็บไซต์ https://www.apachefriends.org/download.html
2. เลือกเวอร์ชั่นของโปรแกรม จากนั้นทำการดาวน์โหลด



รูปที่ ค.1 เวอร์ชั่นของโปรแกรม XAMPP

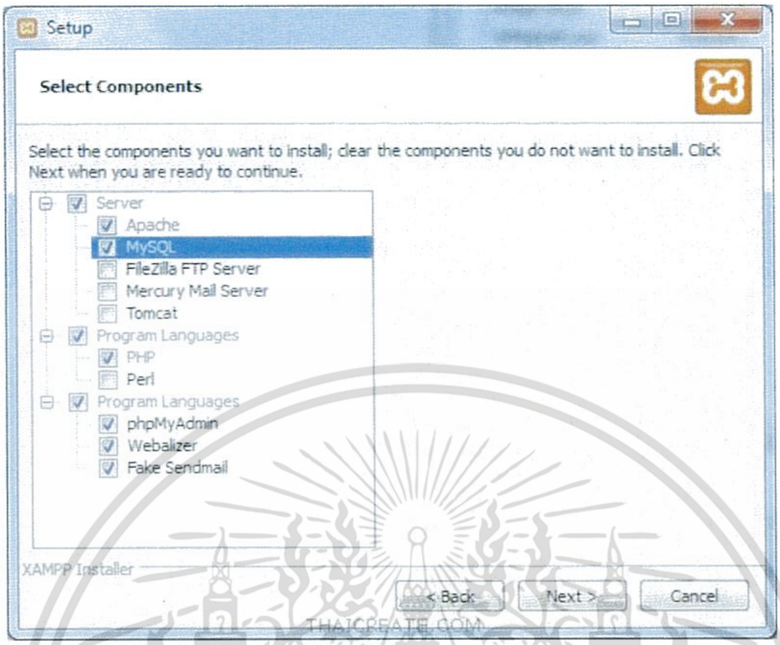
3. เปิดตัวตั้งโปรแกรม XAMPP



รูปที่ ค.2 ติดตั้งโปรแกรม XAMPP

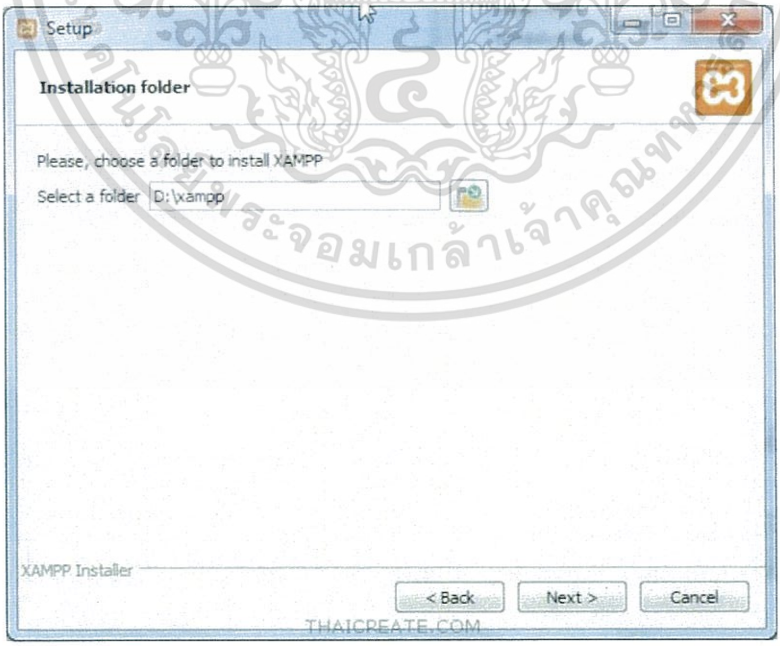
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือก Component ที่ต้องการติดตั้ง โดยผู้จัดทำได้เลือก **Apache, MySQL, PHP, phpMyAdmin**



รูปที่ ค.3 เลือก Component

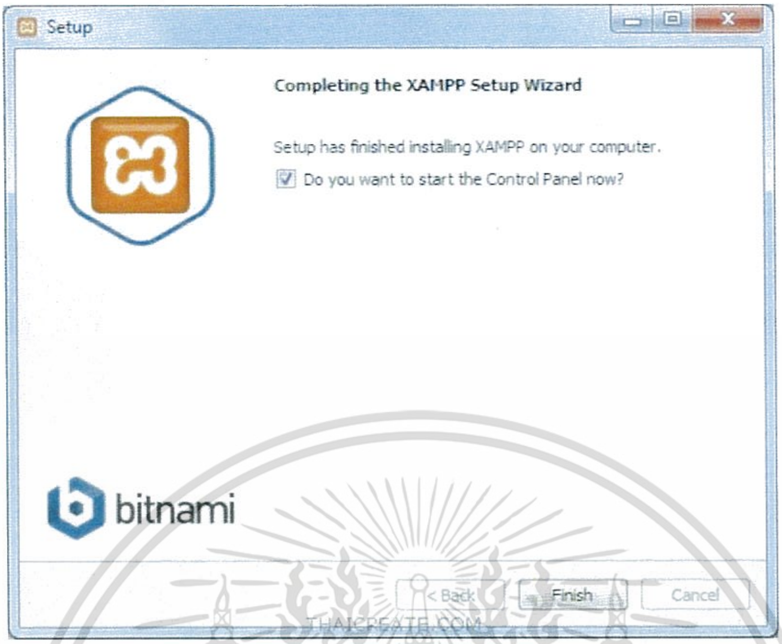
5. ทำการเลือกโฟลดอร์ (Path) สำหรับจัดเก็บไฟล์ของ XAMPP



รูปที่ ค.4 เลือกโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูลของ XAMPP

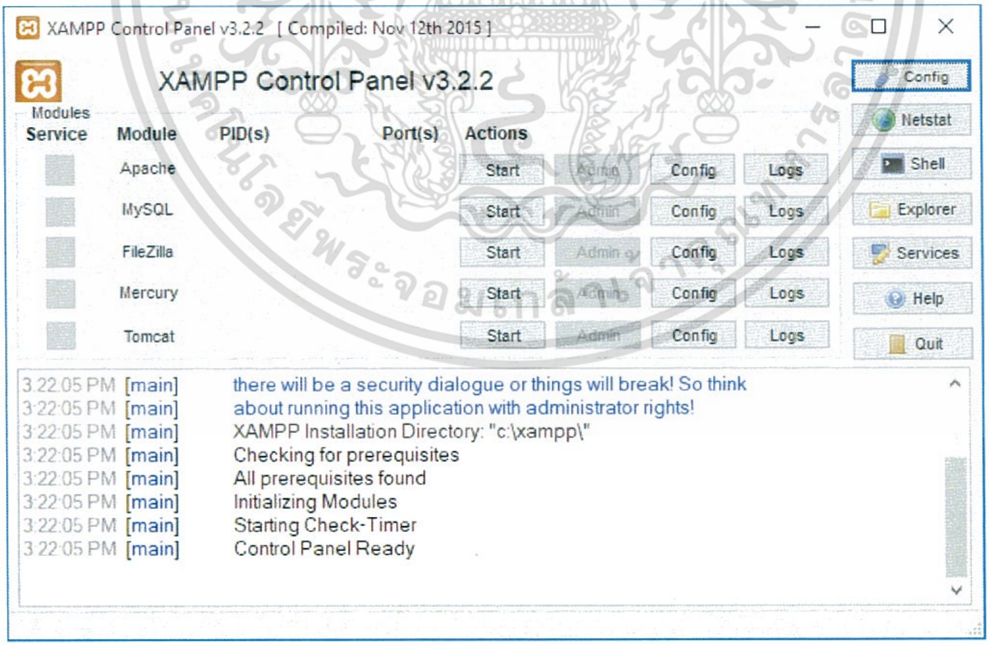
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ ค.5 ติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์

7. โปรแกรมพร้อมใช้งาน



รูปที่ ค.6 โปรแกรม XAMPP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

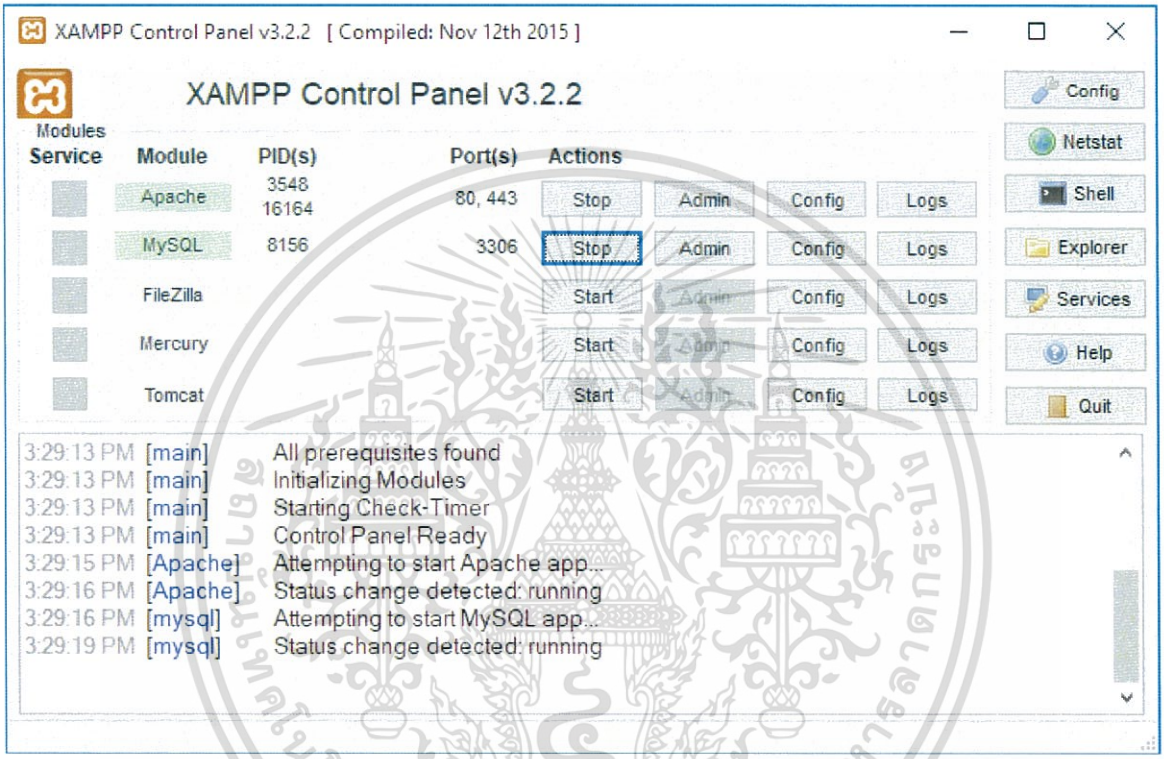
ภาคผนวก ง
การติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

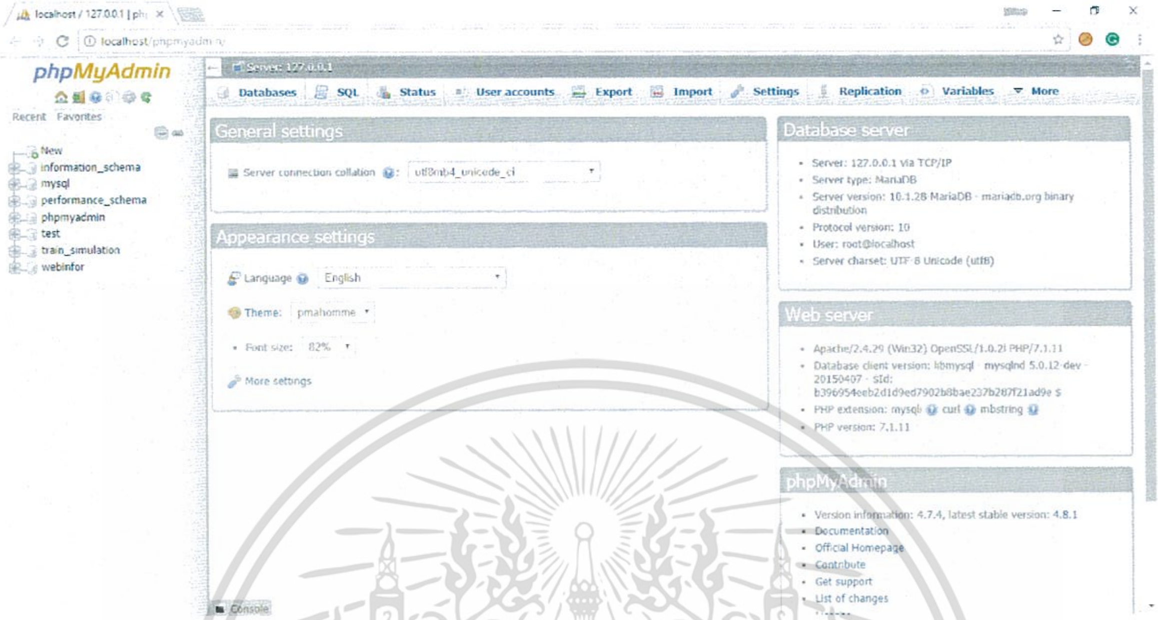
1. เปิดโปรแกรม XAMPP
2. ให้คลิกปุ่มเริ่ม (Start) ในหัวข้อ Apache และ MySQL



รูปที่ ง.1 เริ่มคำสั่งในโปรแกรม XAMPP

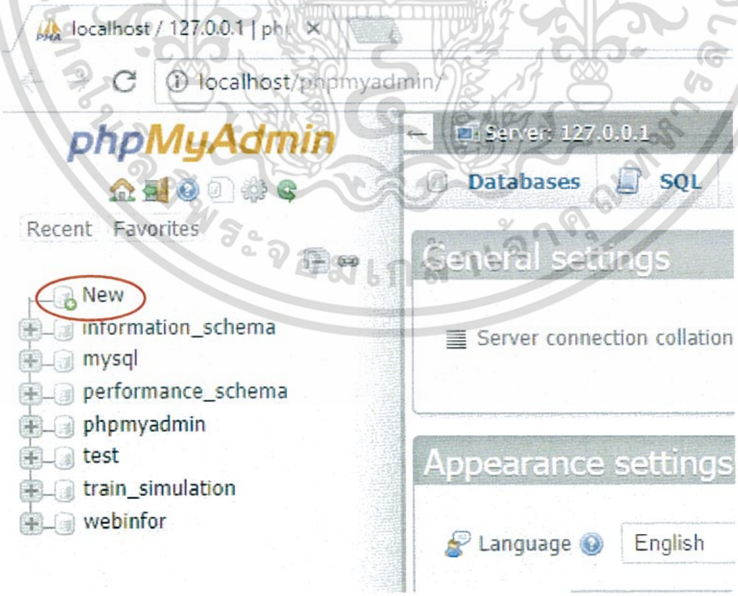
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปิด Brower ขึ้นมาและเข้าไปที่ http://localhost/phpmyadmin/ หรือคลิกที่ปุ่ม Admin ในหัวข้อ MySQL



รูปที่ ง.2 หน้าเว็บของระบบฐานข้อมูล MySQL

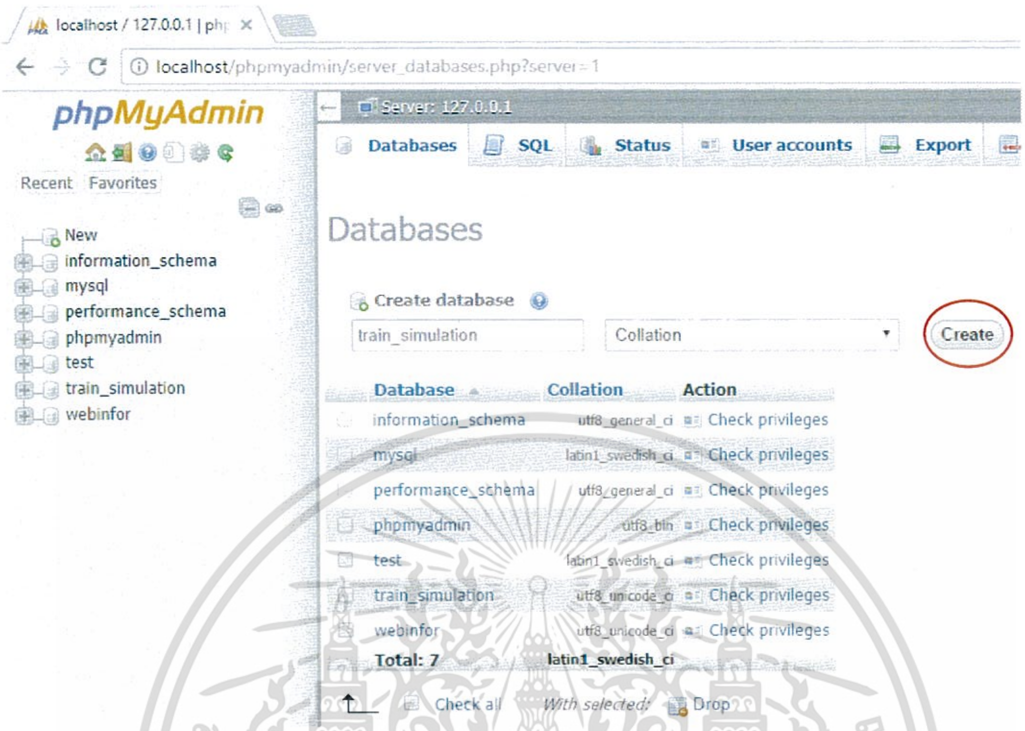
4. ให้คลิกที่ New เพื่อสร้างฐานข้อมูลตัวใหม่ขึ้นมา



รูปที่ ง.3 เริ่มต้นการสร้างฐานข้อมูล

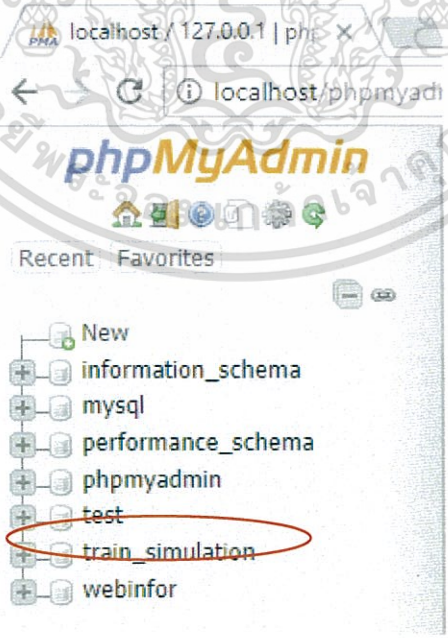
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ให้ใส่ชื่อฐานข้อมูลว่า “train_simulation” จากนั้นคลิกปุ่ม Create



รูปที่ ง.4 ใส่ชื่อฐานข้อมูล

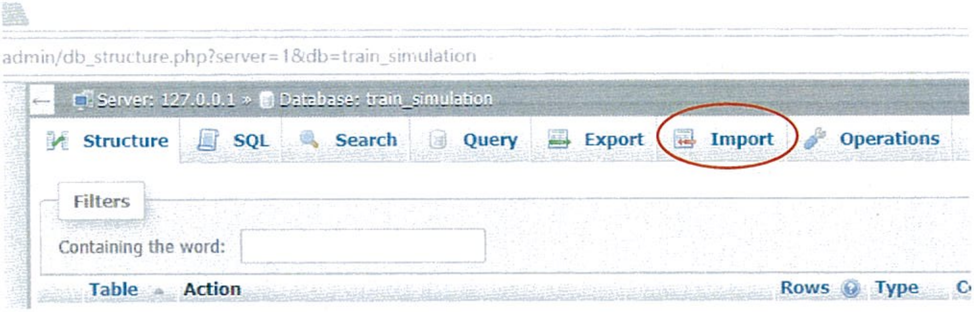
6. เมื่อสร้างฐานข้อมูลแล้วให้คลิกไปที่ชื่อฐานข้อมูลที่สร้างไว้



รูปที่ ง.5 เลือกฐานข้อมูลที่สร้างไว้

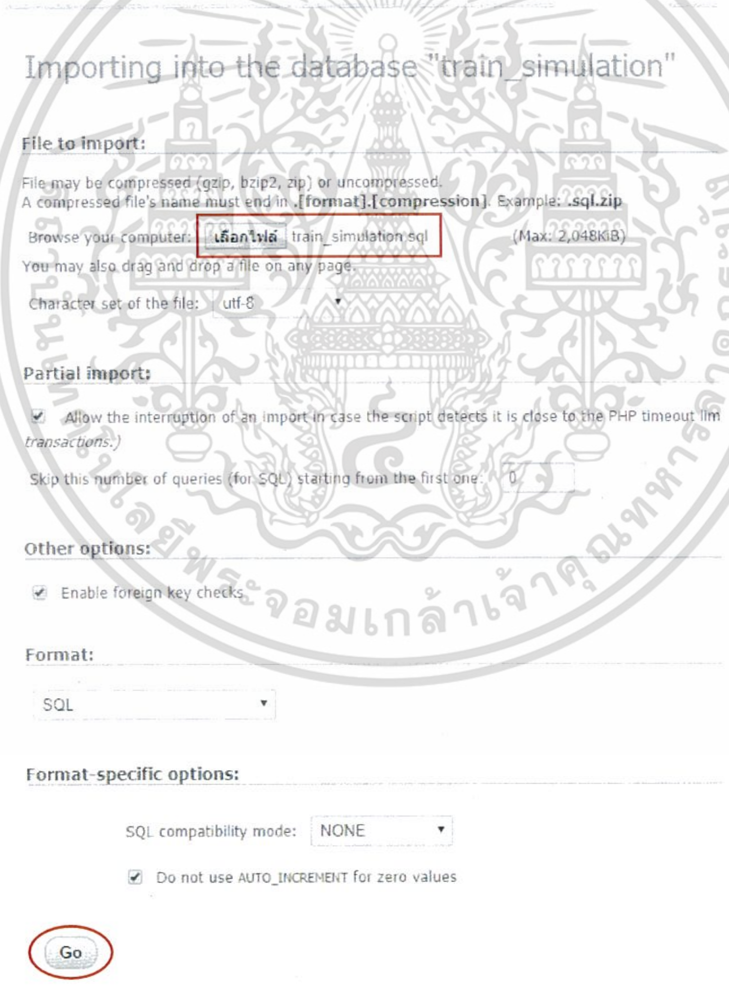
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ให้คลิกที่แถบคำสั่ง Import



รูปที่ ง.6 เลือกคำสั่ง Import

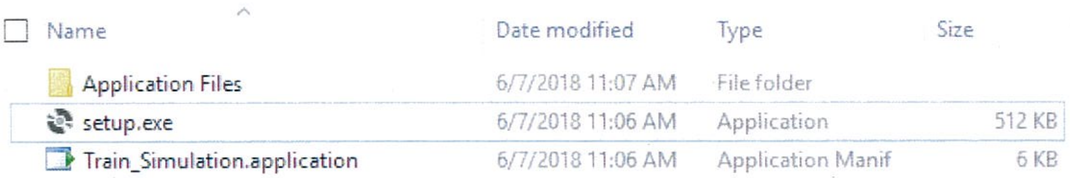
8. ทำการเลือกไฟล์ชื่อ train_simulation.sql และคลิกที่ปุ่ม GO



รูปที่ ง.7 นำเข้าไฟล์ฐานข้อมูล

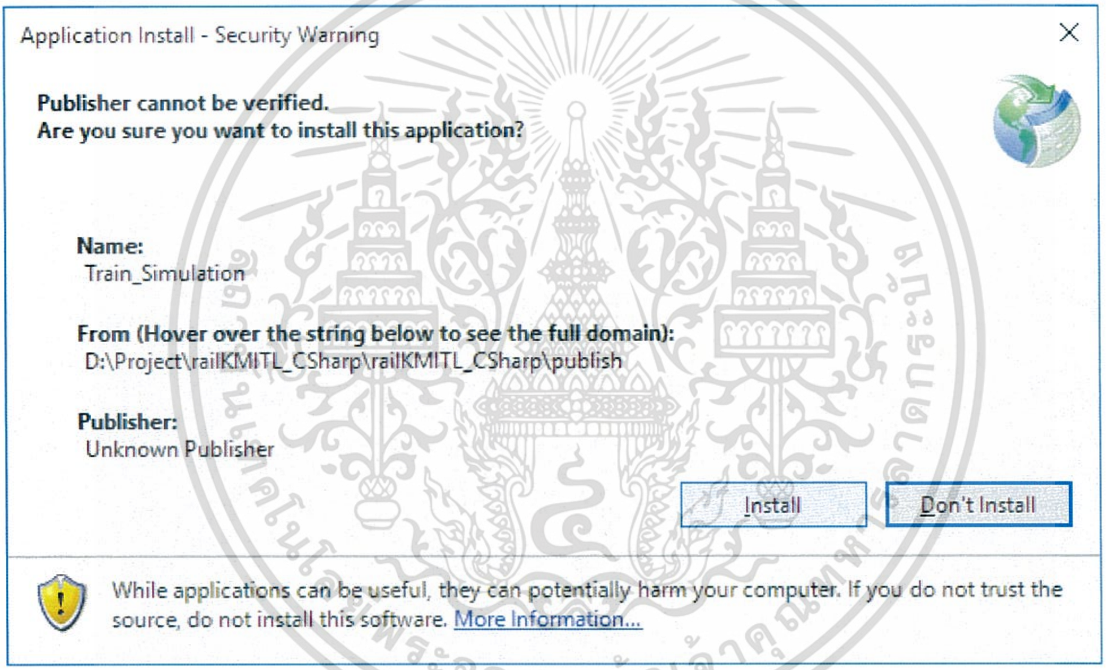
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เมื่อนำเข้าข้อมูลของฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้ติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ โดยให้เปิดไฟล์ setup.exe ในโฟลเดอร์ Train_Simulation ที่อยู่ในแผ่นซีดี (CD)



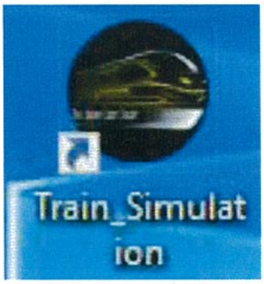
รูปที่ ง.8 ไฟล์ setup.exe

10. ทำการติดตั้งโปรแกรมให้เรียบร้อย โดยคลิกที่ปุ่ม Install



รูปที่ ง.9 ติดตั้งโปรแกรมระบบจำลองการควบคุมและดูแลการเดินรถ

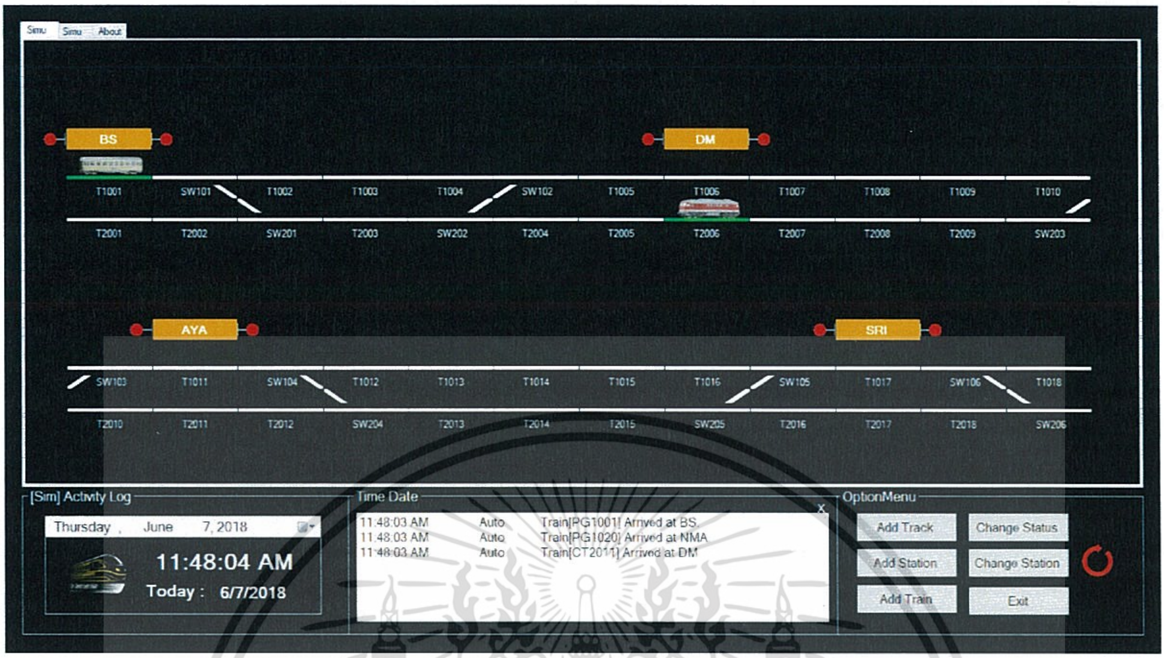
11. เมื่อติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะเปิดขึ้นมาให้อัตโนมัติ หรือให้เข้าที่ไฟล์ shortcut บนหน้า Desktop



รูปที่ ง.10 shortcut ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. โปรแกรมพร้อมใช้งาน



รูปที่ ง.11 หน้าต่างหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้