ระบบการวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟ
TRAIN TIMETABLING SYSTEM

สิรภพ สุมนวรางกูร
SIRAPOP SUMONVARANGKUL
สิรินทร์ เหลาธนู
SIRIN LAOTANOO

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบการวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟ

TRAIN TIMETABLING SYSTEM

สิรภพ สุมนวรางกูร

SIRAPOP SUMONVARANGKUL

สิรินทร์ เหลาธนู

SIRIN LAOTANOO

ง.00266007

TB00217

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRAIN TIMETABLING SYSTEM

SIRAPOP SUMONVARANGKUL

SIRIN LAOTANOO

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 INSITITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2017

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบการวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟ
Thesis Title	Train Timetabling System
ชื่อนักศึกษา	นายสิรภพ สุมนวรางกูร
	นายสิรินทร์ เหลาธนู
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา	2560

(.....)

ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(.....)

ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์

อาจารย์ร่วมที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบการวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟ		
Thesis Title	TRAIN TIMETABLING SYSTEM		
ชื่อนักศึกษา	นายสิรภพ สุมนวรางกูร	รหัสนักศึกษา	57011357
	นายสิรินทร์ เหลาธนู	รหัสนักศึกษา	57011370
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.มยุรี เลิศเวชกุล		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมการบริหารจัดการเวลาการเดินรถไฟ โปรแกรมสามารถจัดตารางการเดินรถไฟได้อย่างปลอดภัย ภายใต้ข้อกำหนดความปลอดภัยในการเดินรถ ซึ่งประกอบไปด้วยความเร็วขบวนรถ ชนิดของขบวนรถ เวลาจอดภายในแต่ละสถานี ให้สอดคล้องกับแผนการให้บริการเดินรถ โดยการจัดตารางการเดินรถนี้จะต้องคำนึงถึงระยะห่างของแต่ละขบวนรถ (Headway) เพื่อทำให้การเดินรถเป็นไปได้อย่างปลอดภัย ความสามารถของโปรแกรมประกอบด้วย การสร้างตารางเดินรถไฟแบบอัตโนมัติ โดยการรับข้อมูลแผนการเดินรถจากผู้ใช้ และการนำเสนอตารางการเดินรถไฟทั้งในรูปแบบแผนภาพกราฟรถไฟและรูปแบบตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	TRAIN TIMETABLING SYSTEM		
Student	Mr. Sirapop Sumonvarangkul	Student ID.	57011357
	Mr. Sirin Laotanoo	Student ID.	57011370
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Department	Computer Engineering		
Academic Year	2017		
Thesis Advisor	Asst.Prof. Mayuree Lertwatechakul		
Thesis Co-Advisor	Asst.Prof. Dr. Vanvisa Chutchavong		

ABSTRACT

This project presents train timetabling management system development. Train scheduling was considered by train speed, train service type to agree with a train service plan. Train scheduling will be done conformed to the minimum headway defined to preserve train operation safety. The application features consist of automatic train timetable generation and timetable management. Timetable could be shown in the form of a train-graph or a tabular form.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.มยุรี เลิศเวชกุลและ ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ แนะนำสิ่งต่างๆ ตลอดจนติดต่อประสานงานกับหน่วยงานอื่นที่ให้องค์ความรู้ที่นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์นี้ อีกทั้งยังคอยตรวจตราและสอบถามความคืบหน้าอยู่เป็นระยะ แสดงถึงความใส่ใจในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบรรดาเพื่อนนักศึกษาที่คอยแลกเปลี่ยนความรู้ คอยเป็นกำลังใจจนสามารถทำปริญญานิพนธ์นี้ออกมาสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ทุกคนมีส่วนเกี่ยว และเป็นแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำเสมอมา

สุดท้าย คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์นี้จะสามารถสร้างประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจ และนำไปต่อยอดเพื่อสร้างคุณประโยชน์ในโอกาสต่อไป

สิรภพ สุมนวรางกูร

สิรินทร์ เหลาธนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 จุดประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตโครงงาน 1

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ 2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.7 ระยะเวลาดำเนินงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและเครื่องมือที่ใช้ 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดตารางการเดินรถ 4

2.1.1 การวางแผนการจัดตารางการเดินรถ 4

2.1.2 กราฟของตารางการเดินรถ (Traffic Diagram) 4

2.1.3 การจัดตารางเวลาเดินรถ (Scheduled Running Time) 5

2.1.4 เฮดเวย์ และเวลาบัฟเฟอร์ (Headway and Buffer Time) 6

2.1.5 กระบวนการจัดตารางการเดินรถ (Scheduling Method) 7

2.2 สมการข้อจำกัดของการจัดตารางรถไฟ 8

2.2.1 ตัวแปร 8

2.2.2 สมการเป้าหมายหลัก 10

2.2.3 สมการจำกัดเวลารถไฟวิ่งเข้าสู่ราง 10

2.2.4 สมการจำกัดเวลารถไฟวิ่งออกจากราง 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.5 สมการขั้นต่ำของเวลาจอด (Dwell Time) 10
2.2.6 สมการจำกัด Headway สำหรับรถ 2 ขบวนในรางเดียวกัน 10
2.2.7 สมการจำกัด Headway สำหรับรถ 2 ขบวนที่สถานีเดียวกัน 11
2.2.8 สมการจำกัด เวลาสูงสุดของ Dwell time 11
2.2.9 สมการจำกัดจำนวนรถบนราง 11
2.2.10 สมการจำกัดจำนวนรถที่สถานี 11
2.3 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของรถไฟ 12
2.3.1 แรงที่ได้จากการเดินเครื่องหัวรถจักร 12
2.3.2 แรงต้าน 13
2.3.3 แรงหยุดรถไฟ 13
2.3.4 แรงลัพธ์ 13
2.4 ภาษาซีชาร์ป 14
2.4.1 จุดเด่นของภาษาซีชาร์ป 15
2.4.2 เครื่องมือช่วยพัฒนาโปรแกรม 15
2.5 ภาษา SQL 15

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ 16
3.1 ความต้องการของระบบ 16
3.2 การออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม 16
3.3 การออกแบบฐานข้อมูล 19
3.4 ลำดับการทำงานของระบบการจัดตารางเวลาเดินรถไฟ 24
3.5 Sequence Diagram 25

บทที่ 4 การทำงานของระบบ 27
4.1 ระบบสร้างตารางการเดินรถไฟ 27
4.2 ระบบแสดงตารางการเดินรถไฟ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 32
5.1 สรุปผลการทดลอง 32
5.2 ปัญหาที่พบ 32
5.2.1 ปัญหาที่เกี่ยวกับความรู้เรื่องระบบรถไฟ 32
5.2.2 ปัญหาเกี่ยวกับโปรแกรม 32
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและพัฒนาโครงงาน 32
5.3.1 ปัญหาที่เกี่ยวกับความรู้ระบบรถไฟ 32
5.3.2 ปัญหาเกี่ยวกับโปรแกรม 33
เอกสารอ้างอิง 34

ภาคผนวก 35
ภาคผนวก ก Poster 36
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม SQL SERVER 2012 38
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017 49
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม Train Timetable 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่1.1 ตารางเวลาการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบข้อจำกัด 9
ตารางที่ 2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจในขั้นตอนจัดตารางเวลา 9
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของ Use Case – Generate Train Trip 18
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของ Use Case – Show Timetable 18
ตารางที่ 3.3 ตาราง Plan 19
ตารางที่ 3.4 ตาราง ServicePlan 19
ตารางที่ 3.5 ตาราง ServiceRoute 19
ตารางที่ 3.6 ตาราง ServiceRouteStop 20
ตารางที่ 3.7 ตาราง PeriodTime 20
ตารางที่ 3.8 ตาราง Station 20
ตารางที่ 3.9 ตาราง Track 21
ตารางที่ 3.10 ตาราง TrackOccupyDuration 21
ตารางที่ 3.11 ตาราง TrainSetModel 21
ตารางที่ 3.12 ตาราง TrainService 22
ตารางที่ 3.13 ตาราง TrainServiceSequence 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กราฟตารางการเดินรถระหว่างเวลาและสถานีหรือ Time-Distance Graph 5
รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Tractive Effort Curve 12
รูปที่ 2.3 ภาพรวมของแรงในระบบการเคลื่อนที่ 14
รูปที่ 3.1 Use Case Diagram ของระบบ 17
รูปที่ 3.2 UML Database Diagram แสดงรูปแบบของตารางที่ถูกสร้างขึ้นในระบบฐานข้อมูล 23
รูปที่ 3.3 Flowchart Diagram แสดงการทำงานของโปรแกรม 24
รูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของระบบ Generate Timetable 25
รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ของระบบ Show Timetable 26
รูปที่ 4.1 หน้าต่างแสดงแผนการเดินรถ 28
รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟที่สร้างจากแผนการเดินรถไฟในรูปแบบตาราง 28
รูปที่ 4.3 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟที่สร้างจากแผนการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟ 29
รูปที่ 4.4 หน้าต่างแสดงการบันทึกข้อมูลตารางการเดินรถไฟลงฐานข้อมูล 29
รูปที่ 4.5 หน้าต่างหลักของระบบแสดงตารางการเดินรถไฟ 30
รูปที่ 4.6 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟในรูปแบบตาราง 30
รูปที่ 4.7 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟ 31
รูปที่ ก.1 Poster 37
รูปที่ ข.1 โปรแกรมติดตั้ง SQL Server 2012 39
รูปที่ ข.2 Installation 39
รูปที่ ข.3 Setup Support Rules 40
รูปที่ ข.4 Verify Setup Support Rules 40
รูปที่ ข.5 Installation Type 41
รูปที่ ข.6 Product Key 41
รูปที่ ข.7 License Terms 42
รูปที่ ข.8 Setup Rules 42
รูปที่ ข.9 Feature Selection 43
รูปที่ ข.10 Installation Rules 43
รูปที่ ข.11 Instance Configuration 44
รูปที่ ข.12 Disk Space Requirements 44
รูปที่ ข.13 Server Configuration 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ข.14 Database Engine Configuration 45
รูปที่ ข.15 Analysis Services Configuration 46
รูปที่ ข.16 Reporting Service Configuration 46
รูปที่ ข.17 Installation Configuration Rules 47
รูปที่ ข.18 Ready to Install 47
รูปที่ ข.19 Complete 48
รูปที่ ค.1 ตัวติดตั้ง Microsoft Visual Studio 2017 50
รูปที่ ค.2 หน้าต่างก่อนติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017 50
รูปที่ ค.3 ประเภทของการติดตั้ง Visual Studio 51
รูปที่ ค.4 ประเภทของการสร้างโปรแกรม 51
รูปที่ ค.5 หน้าต่างดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม 52
รูปที่ ค.6 ติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้น 52
รูปที่ ง.1 Restore File and Filegroups 54
รูปที่ ง.2 เลือกไฟล์จากเครื่อง 54
รูปที่ ง.3 select backup devices 55
รูปที่ ง.4 กำหนดชื่อฐานข้อมูล 55
รูปที่ ง.5 การติดตั้งฐานข้อมูลเสร็จสิ้น 56
รูปที่ ง.6 Server name 56
รูปที่ ง.7 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรแกรม 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันระบบรถไฟมีส่วนสำคัญในการขนส่งสินค้า เพราะสามารถบรรทุกสินค้าได้ครั้งละมากๆ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง โดยเฉพาะการขนส่งในระยะทางไกล และยังมีความปลอดภัยสูงเมื่อเทียบกันการคมนาคมแบบอื่น นอกจากนี้ระบบรถไฟยังมีบทบาทที่สำคัญในระบบขนส่งมวลชน ดังนั้นจะต้องมีการจัดตารางเวลาการเดินรถไฟ เพื่อให้ระบบรถไฟเพียงพอต่อความต้องการในการใช้บริการ ซึ่งรอบรถไฟแต่ละเที่ยวจะต้องคำนึกถึงเวลาในการเดินทาง และความปลอดภัยในการให้บริการ โดยการจัดตารางเวลาการเดินรถไฟไม่ให้เกิดการขัดแย้งของรถไฟเกิดขึ้นโดยเด็ดขาด ซึ่งการจัดตารางการเดินรถไฟมีตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงมากมาย ดังนั้นต้องมีการนำระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งาน เพื่อช่วยในการคำนวณตารางการเดินรถไฟ เพื่อความถูกต้องและรวดเร็ว และเป็นไปตามกฎข้อบังคับความปลอดภัยในการเดินรถไฟด้วย

1.2 จุดประสงค์

1) เพื่อให้แผนการเดินรถไฟทุกๆ เที่ยวมีการใช้เวลาและทรัพยากรที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเที่ยงตรงมากที่สุด

2) เพื่อป้องกันการขัดแย้งของรถไฟที่อาจจะเกิดขึ้นในการจัดตารางการเดินรถไฟ และเป็นไปตามกฎข้อบังคับความปลอดภัยในการเดินรถไฟ

3) เพื่อให้การบริหารจัดการตารางการเดินรถไฟเป็นไปได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1) ระบบสามารถสร้างตารางการเดินรถไฟตามแผนการเดินรถไฟ (Service Planning) ได้

2) ผู้ใช้สามารถเรียกดูตารางการเดินรถไฟได้ในรูปแบบกราฟและตารางได้

3) สามารถนำตารางการเดินรถไฟที่สร้างขึ้นไปใช้ในงานที่เกี่ยวของกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ระบบสามารถสร้างตารางการเดินรถไฟที่สามารถตรวจสอบเวลาการเดินรถไฟได้

2) ระบบสามารถตรวจสอบการขัดแย้งของรถไฟ และแก้ปัญหาความขัดแย้งนั้นได้ โดยที่เมื่อทำการสร้างตารางการเดินรถไฟ จากแผนการเดินรถไฟได้

3) ระบบสามารถสร้างตารางการเดินรถไฟได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.5.1 ฮาร์ดแวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เอาไว้สำหรับพัฒนา ทดสอบ และการใช้งานโปรแกรม 1 เครื่อง

1.5.2 ซอฟต์แวร์

1) Microsoft Visual Studio สำหรับพัฒนาโปรแกรม โดยใช้ภาษา C#

2) SQLite – SQL Database Engine ไว้สำหรับเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1) ศึกษาข้อมูลจากโครงงาน Timetabling เดิม

2) เก็บความต้องการจากผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายและกำหนดปัญหา

3) วิเคราะห์และออกแบบระบบ

- ออกแบบฐานข้อมูล
- ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรม (User Interface)
- ออกแบบโปรแกรม
- ทำเอกสารในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบ

4) เริ่มเขียนโปรแกรมโดยแบ่งโมดูลตามขั้นตอนที่ 4

5) ทดสอบระบบและแก้ไขปัญหาที่พบ

6) ทำรายงานและนำเสนอผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ระยะเวลาดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางเวลาการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินการ	2559					2560				
		ก.ย.	ส.ค.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ย.	พ.ค.
1	ศึกษา Timetable เดิม										
2	เก็บ Requirement										
3	System Analysis and Design										
4	Implementation										
5	Testing & Debugging										
6	Documentation										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานและเครื่องมือที่ใช้

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและเทคโนโลยีที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบการจัดตารางรถไฟ โดยเป็นความรู้ส่วนที่จำเป็นต่อการพัฒนาและทำความเข้าใจ แนวคิด และข้อจำกัดต่างๆ เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ระบบได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง ซึ่งทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้มีดังนี้

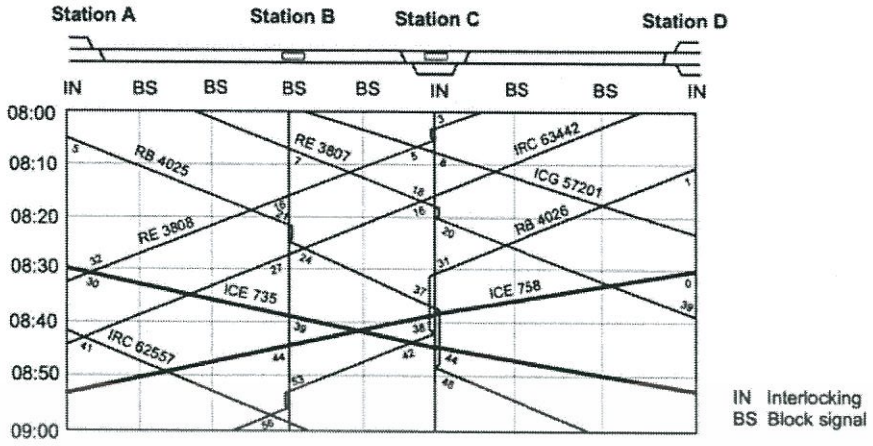
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดตารางการเดินรถ

2.1.1 การวางแผนการจัดตารางการเดินรถ ในการวางแผนการจัดตารางการเดินรถนั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในขั้นตอนการให้บริการการเดินรถแก่ผู้โดยสารและการขนส่งสินค้า โดยจะต้องพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่

- วันที่ให้บริการรถไฟ
- เส้นทางที่รถไฟที่ให้บริการในโครงข่าย
- แผนการหยุดรถ เวลาที่มาถึง และเวลาที่เดินทางออก (Planned Stop Locations)
- เวลาที่รถไฟใช้ในการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง (Running Times)

2.1.2 กราฟของตารางการเดินรถ (Traffic Diagram) กราฟของตารางการเดินรถมีเพื่อใช้วางแผนการจราจรของขบวนรถไฟและใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการควบคุมการเดินรถ ปริมาณจราจรบนเส้นทางจะถูกแสดงในรูปของกราฟระหว่างเวลาและระยะทาง (Time-distance diagram) ที่มีแกนเวลาและแกนสถานี (หรือระยะทาง) ที่ทุกสถานีจะมีเส้นลากผ่านในแนวขนานกับแกนเวลา การเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟจะถูกแสดงด้วยเส้นเรียกว่าเส้นรถไฟ (Train paths หรือ Time-distance graphs ที่มีหมายเลขขบวนรถกำกับที่เส้น ที่จุดตัดของเส้นสถานีกับเส้นรถไฟจะมีเวลาจริงกำกับไว้แสดงตัวเลขนาที โดยกราฟการเดินรถระหว่างเวลาและระยะทางนี้แสดงดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กราฟตารางการเดินรถระหว่างเวลาและสถานีหรือ Time-Distance Graph

กราฟตารางการเดินรถอาจแสดงในรูปที่แกนสถานีอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้แล้วแต่แบบแผนของหน่วยงานรถไฟว่าเลือกใช้แบบใด และในไดอะแกรมก็จะแสดงกราฟการเดินรถของสถานี (Station traffic diagram) เพิ่มด้วย ซึ่งแสดงผังการจัดวางทางที่สถานีและที่เขตบังคับสัมพันธ์ (Interlockings) โดยเส้นกราฟ 1 เส้นใช้แทนหนึ่งเส้นทาง โดยแนวเส้นทางนี้จะขนานกับเส้นเวลาในไดอะแกรมจราจร

2.1.3 การจัดตารางเวลาเดินรถ (Scheduled Running Time) ในการจัดตารางการเดินรถไฟหนึ่งขบวน มีองค์ประกอบที่ใช้เป็นปัจจัยสำคัญในการจัดตารางการเดินรถได้แก่

- เวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างจุดจอดที่กำหนดไว้ (Running time)
- เวลาที่จอดรถไฟ (Dwell Time)
- เวลากู้คืน (Recovery time)
- เวลาหยุดรอที่กำหนดไว้ (Scheduled Waiting time)

เวลาที่ใช้ในการเดินรถ หรือ Running Time นั้น ระหว่างจุดจอดคือระยะเวลาที่สั้นที่สุดที่รถไฟใช้วิ่งจากการคำนวณเวลาที่ใช้เดินทาง ส่วนเวลาฟื้นคืนหรือ Recovery time นั้นมีไว้เพื่อให้รถไฟที่เดินทางนั้นมีความล่าช้าได้ในบางครั้ง โดยจะต้องทำการเพิ่ม Recovery time เข้าไปใน Running time โดย Recovery time นั้นมี 2 แบบคือ

- Regular Recovery Time เป็นเวลาที่เพิ่มไปในทุกเส้นทางรถไฟ (Train path) เป็นเปอร์เซ็นต์ของ Running time ในบางหน่วยงานจะกระจาย Regular Recovery time เท่าๆ กันตลอดเส้นทางรถไฟ แต่บางหน่วยงานก็เน้นที่สถานีใหญ่ระหว่างทางและที่สถานีปลายทาง แต่ในกรณีของสถานีใหญ่ บางครั้งก็จะไม่เพิ่ม Recovery time เข้าไปใน Running time ในช่วงที่ประชิดเข้าสู่สถานีแต่จะกลับไปเพิ่มใน Dwell time ที่สถานีแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Special Recovery Time ใช้เพื่อชดเชยความล่าช้าที่เกิดจากงานก่อสร้างและซ่อมบำรุงทางที่อยู่ในสภาพชำรุด โดยจะเพิ่มเป็นเวลาที่สำรองคงที่เข้าไปใน Running time ในช่วงเส้นทางที่มีความล่าช้า

Scheduled Waiting Time หรือการจัดตารางเวลาที่ใช้สำหรับหยุดรอขบวนรถ จะต้องทำการกำหนดไว้และเพิ่มเวลานี้เข้าไป เพื่อเหตุผลในการจัดการเดินรถ เช่น เพื่อจัดให้ขบวนรถโดยสาร 2 ขบวนมาจอดที่สถานีให้ผู้โดยสารเปลี่ยนต่อขบวนรถหรือปลี่ยนเส้นทางได้ หรือเพื่อรอขบวนรถหลีกหรือหรือสวนทาง เวลาหยุดรอขบวนรถนี้จะถูกเพิ่มเข้าไปใน Dwell time ของจุดจอดตามตารางเดินรถ แต่ในบางครั้งก็เพิ่มเข้าไปใน Running time ได้เช่นเดียวกัน

เวลากลับรถ (Reversing time) คือเวลาที่ต้องการในการจัดเตรียมขบวนรถที่มาถึงเพื่อออกเดินทางต่อ รวมถึงเวลาในการเปลี่ยนตู้ควบคุมและเปลี่ยนชานชาลา โดยวัดจากเวลาระหว่างที่ผู้โดยสารทั้งหมดออกจากขบวนรถจนกระทั่งขบวนรถพร้อมสำหรับออกเดินทาง ในกรณีที่การมาถึงและออกจากชานชาลาเป็นเวลาเดียวกัน (ชานชาลาตรงกันข้าม) ระยะเวลาหยุดรับส่งผู้โดยสารจะคาบเกี่ยวกับระยะเวลากลับรถ

2.1.4 เฮดเวย์ และเวลาบัฟเฟอร์ (Headway and Buffer Time) การพิจารณาเฮดเวย์ (Headway) หรือเวลาระหว่างขบวนรถนั้นสามารถพิจารณาโดยจำกัดไว้ 2 เรื่องคือ headway ที่กำหนดไว้ที่สถานี และ headway ที่กำหนดไว้ในส่วนของเส้นทางระหว่าง 2 สถานี ในการจัดตารางการเดินรถ การกำหนด headway ให้กับสถานีเป็นวิธีที่นิยมใช้มากกว่า ในหลักการนี้สามารถแบ่ง Line headway ออกเป็น 4 แบบคือ

- Headway ระหว่างรถ 2 ขบวนที่มีกำหนดออกจากสถานีบนเส้นทางเดียวกัน เรียกว่า depart-depart headway ($t_{dd, X}$)
- Headway ระหว่างรถ 2 ขบวนที่มาถึงสถานีจากเส้นทางเดียวกัน เรียกว่า arrive-arrive headway ($t_{aa, X}$)
- Headway ระหว่างการมาถึงสถานีของรถขบวนหนึ่งและการออกจากสถานีของรถขบวนอีกขบวนที่วิ่งทิศทางตรงกันข้ามและวิ่งอยู่บนเส้นทางเดียวกัน เรียกว่า arrive-depart headway ($t_{ad, X}$)
- Headway ระหว่างการออกจากสถานีของรถขบวนหนึ่งกับการมาถึงของรถอีกขบวนที่วิ่งทิศทางตรงกันข้ามและอยู่บนเส้นทางเดียวกัน เรียกว่า depart-arrive headway ($t_{da, X}$)

จุดที่มีการกำกับเวลามักจะไม่ใช่ที่ตำแหน่งเสาสัญญาณ แต่เป็นที่เส้นสถานีในกราฟการเดินรถ การกำหนด headway ที่สถานีทำให้เกิดความแตกต่างระหว่าง headway ที่สองสถานีที่อยู่ข้างเคียงกัน การจัด headway ระหว่างรถ 2 ขบวนนั้น ต้องคิดทั้ง headway ที่ต่ำที่สุดในแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทาง รวมเข้ากับ buffer time เพื่อชดเชยความล่าช้าจากสาเหตุต่างๆที่อาจเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม buffer time ก็ยังเป็นเพียงเวลาส่วนน้อยที่สุดระหว่าง Blocking time stairways ของรถ 2 ขบวน

โดยทั่วไป มักจะมีความสับสนระหว่าง Buffer time กับ Recovery time โดย Recovery time เป็นการขยาย Running time ของรถไฟให้มีความยาวมากขึ้น เพื่อให้รถสามารถชดเชยความล่าช้าที่เกิดขึ้นเล็กน้อย ส่วน Buffer time ใช้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความล่าช้าเล็กน้อยที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อไปยังรถขบวนอื่น จึงเป็นเหมือนเป็นการลดจำนวนขบวนรถที่สามารถจัดลงในตารางเดินรถ

ระยะเวลาของ Buffer time ขึ้นกับระดับคุณภาพการจราจรที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปแล้วการหาค่า Buffer time ขึ้นกับรูปแบบของ Line headway ส่วนใหญ่จะใช้หลักการต่อไปนี้

- ใช้ Buffer time ระยะยาวเมื่อรถขบวนที่สองมีศักดิ์ (Priority) สูงกว่ารถขบวนแรก
- ใช้ Buffer time ระยะสั้นเมื่อรถขบวนแรกมีศักดิ์สูงกว่ารถขบวนที่สอง
- ใช้ Buffer time ปานกลางเมื่อรถทั้งสองขบวนมีศักดิ์เท่ากัน

การกำหนด Buffer time ที่ชัดเจนลงในเส้นกราฟรถไฟแต่ละขบวนสามารถทำได้ในขั้นตอนการจัดตารางการเดินรถ โดยที่ลำดับรถแต่ละขบวนไม่เปลี่ยนแปลง บนเส้นทางที่รถไฟส่วนใหญ่จะไม่ได้วิ่งตามตารางการเดินรถหรือมีรถขบวนเสริมซึ่งไม่ได้อยู่ในตารางการเดินรถ หากมีจำนวนมากก็จะต้องจัดการเดินรถโดยไม่มี Buffer time ให้แต่ละขบวน ในกรณีนี้จะพบในการเดินรถสินค้าและในพื้นที่สถานีขนาดใหญ่ที่มีเส้นทางเชื่อมต่อหลายเส้นทาง ในการเดินรถแบบนี้ก็สามารถใช้ Buffer path ที่มีความกว้างคั่นระหว่างกลุ่มของเส้นกราฟรถไฟ

2.1.5 กระบวนการจัดตารางการเดินรถ (Scheduling Method) กระบวนการจัดตารางการเดินรถสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ทำด้วยมือ (Manual scheduling) กับ ทำด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-based scheduling) ในหน่วยงานรถไฟหลายหน่วยงานนั้นก็จะใช้การจัดตารางเดินรถด้วยมือเปล่ามาเป็นเวลานานมากกว่า 150 ปี หลังจากช่วงทศวรรษที่ 1990s ก็มีคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพมาทำหน้าที่จัดตารางการเดินรถ

- การจัดการตารางเดินรถด้วยมือ (Manual Scheduling) ในการจัดตารางเดินรถด้วยมือนั้น เริ่มจากการสร้างเส้นกราฟรถไฟจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง จากนั้นทำอ่านค่า Running time จากตารางที่เตรียมไว้ก่อน ซึ่งจะมีค่า Running time ระหว่างทุกสถานีและเวลาที่ใช้เพิ่มในการเร่งและเบรกสำหรับการจอดที่สถานี โดย Running time เหล่านี้จะรวมถึง Regular recovery time เอาไว้ด้วย ส่วน Special recovery time ในกรณีการซ่อมบำรุงทางจะต้องทำการเพิ่มต่างหาก ตาราง Running time นี้มักมีความยุ่งยากในการคำนวณ จึงมักใช้คอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณให้ ส่วนในขั้นต่อไปนั้นคือการหา Minimum line headways ซึ่งมักไม่ใช้การหากราฟ Blocking times แบบเต็มรูปแบบ แต่จะใช้วิธีง่ายกว่านั้นคือ Blocking time ของตอนบล็อค โดยทำการคำนวณเพื่อเพิ่มเวลาเข้าไปใน Running time ที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนบล็อคนั้น เช่น รถไฟในทวีปยุโรปมักจะเพิ่มเวลา 1 นาทีเข้าไป นอกจากนี้จะทำการเพิ่ม Buffer time เข้าไป ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 1-3 นาที

ตัวอย่างรถไฟในเยอรมันมักจะเพิ่ม Minimum buffer time ตามนี้

- 1 นาที เมื่อรถขบวนแรกมีศักดิ์ (priority) สูงกว่ารถขบวนที่สอง
- 2 นาที เมื่อรถทั้งสองขบวนมีศักดิ์เท่ากัน
- 3 นาที เมื่อรถขบวนที่สองมีศักดิ์ (priority) สูงกว่ารถขบวนแรก

- การจัดตารางการเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์ โปรแกรมจัดตารางเดินรถบางระบบนั้นใช้หลักการเหมือนกับการจัดตารางด้วยมือ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์คือการคำนวณ Blocking time stairway สามารถทำได้ง่าย บางหน่วยงานรถไฟใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองระบบที่พัฒนามาสำหรับการวิเคราะห์ความจุมาใช้จัดตารางการเดินรถด้วย แต่การที่มีรากฐานมาจากการจำลองระบบจึงทำให้บางครั้งก็ยากในการตรวจหาตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งของเส้นรถไฟซึ่งต้องมีการเพิ่ม Buffer time เข้าไป หลายบริษัทที่พัฒนาซอฟต์แวร์จำลองระบบรถไฟได้เพิ่มโมดูลการจัดตารางเดินรถเข้าไปในซอฟต์แวร์เพื่อตอบสนองความต้องการของหน่วยงานรถไฟ ซึ่งโมดูลสามารถคำนวณและแสดง Blocking time stairways ให้กับเส้นรถไฟที่จำลองขึ้นในลักษณะที่คล้ายกับโปรแกรมที่ใช้จัดตารางเดินรถ ความขัดแย้งในการจัดตารางจึงสามารถมองเห็นได้จากบนจอคอมพิวเตอร์จากการซ้อนทับกันของ blocking time stairways

การจัดตารางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์แบบนี้ต้องการฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อนซึ่งไม่ใช่แค่ Track layout ความเร็วสูงสุด ความต้านทานของเส้นทาง แต่ต้องมีข้อมูลสัญญาณทั้งหมดด้วยเพื่อใช้คำนวณ Blocking times ผู้จัดตารางการเดินรถสามารถแก้จุดที่เกิดความขัดแย้งได้ด้วยการเลื่อนหรือปรับเส้น Time-distance curves

2.2 สมการข้อจำกัดของการจัดตารางรถไฟ

2.2.1 ตัวแปร ในการจัดตารางรถไฟนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจสอบข้อกำหนดและข้อจำกัดต่างๆ ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการจัดตารางรถไฟ และจะต้องสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยตัวแปรที่ใช้มีดังตารางที่ 2.1และตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบข้อจำกัด

สัญลักษณ์	ความหมาย
i	หมายเลขรถไฟ
j	หมายเลขราง
k	ลำดับรางที่รถวิ่ง
u	หมายเลขสถานี
l	จำนวนของรถไฟทั้งหมดโดย $\|l\| = n$
J	จำนวนของรางทั้งหมดโดย $\|J\| = m$
U	จำนวนของสถานีทั้งหมดโดย $\|U\| = m + 1$
t	เวลาใดๆ ตั้งแต่ $1, 2, 3, \dots, T$
$O(i)$	ทิศทางที่รถวิ่ง โดยให้ $O(i) = 0$ สำหรับรถ Inbound และ $O(i) = 1$ สำหรับ Outbound
$\sigma(i,k)$	ลำดับรางที่ k สำหรับรถแต่ละคัน โดย $\sigma(i,k) = k$ สำหรับ Inbound และ $\sigma(i,k) = m + 1 - k$ สำหรับ Outbound
$\beta(i,k)$	ลำดับรางที่เหลือสำหรับรถแต่ละสาย โดย $\beta(i,k) = k$ สำหรับ Inbound และ $\beta(i,k) = m - k$ สำหรับ Outbound
r_i	เวลาที่วางแผนไว้ให้รถไฟ i จะออกจากสถานีแรก
$P_{i,j}$	เวลา Free running time สำหรับรถไฟ i เพื่อวิ่งผ่านราง j
$d_{i,j}$	เวลาจอดขั้นต่ำของรถไฟ i ก่อนจะเข้าสู่ราง j
$đ_{i.j}$	เวลาจอดสูงสุดของรถไฟ i ก่อนจะเข้าสู่ราง j
h_j	เวลาขั้นต่ำของ Headway ของรถไฟสองขบวนที่ราง j
g_u	เวลาขั้นต่ำของ Headway ของรถไฟสองขบวนที่สถานี u
M	ตัวแปรอื่นๆ

ตารางที่ 2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจในขั้นตอนจัดตารางเวลา

สัญลักษณ์	ความหมาย
$s_{i,j}$	เวลาที่รถไฟ i จะเข้าสู่ราง j
$e_{i,j}$	เวลาที่รถไฟ i จะออกจากราง j
$y_{i,l',j}$	= 1 ถ้ารถไฟ i เริ่มเดินทางก่อนรถไฟ i' ที่ราง j ,0 ถ้าไม่ตรงเงื่อนไข
$\delta_{i,j,t}$	= 1 ถ้ารถไฟ i อยู่ที่ราง j ณ เวลา t , 0 ถ้าไม่ตรงเงื่อนไข
$\varepsilon_{i,u,t}$	= 1 ถ้ารถไฟ i อยู่ที่สถานี u ณ เวลา t , 0 ถ้าไม่ตรงเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สมการเป้าหมายหลัก

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{n} e_{i,\sigma(i,m)} \quad (2.1)$$

เป็นสมการเป้าหมาย คือเวลาที่ใช้โดยรวมทั้งหมดที่น้อยที่สุดของรถไฟทุกๆ ขบวน

2.2.3 สมการจำกัดเวลารถไฟวิ่งเข้าสู่ราง

$$s_{i,\sigma(i,1)} \geq r_{i,} \quad \forall i \in I. \quad (2.2)$$

สำหรับรถไฟทุกขบวน เวลาที่รถแต่ละขบวนจะเข้าสู่รางใดๆ จะต้องมากกว่าเวลาที่ออกจากรางแรกของรถไฟขบวนนั้นๆ

2.2.4 สมการจำกัดเวลารถไฟวิ่งออกจากราง

$$e_{i,\sigma(i,k)} = p_{i,\sigma(i,k)} + s_{i,\sigma(i,k)}, \ \forall i \in I, \ k = 1,2,\dots,m. \quad (2.3)$$

เวลาที่รถขบวนใดๆ จะออกจากราง j เท่ากับเวลาที่เข้าราง j บวกกับเวลา Free running time

2.2.5 สมการขั้นต่ำของเวลาจอด (Dwell Time)

$$s_{i,\sigma(i,k)} \geq e_{i,\sigma(i,k-1)} + d_{i,\sigma(i,k)}, \ \forall i \in I, \ k = 1,2,\dots,m. \quad (2.4)$$

เวลาที่รถไฟ i จะเข้าสู่รางต่อไปจะต้องมากกว่าเวลาที่ออกจากรางก่อนหน้านี้บวกกับเวลาจอด

2.2.6 สมการจำกัด Headway สำหรับรถ 2 ขบวนในรางเดียวกัน

$$s_{i,j} \geq e_{i\prime,j} + h_j \text{ หรือ } s_{i\prime,j} \geq e_{i,j} + h_j, \ \forall i, i' \in I, i \neq i', j \in J \quad (2.5)$$

เวลาที่รถขบวน i จะเข้าสู่ราง j ต้องมากกว่าเวลาที่รถขบวนอื่น เข้าสู่ราง j บวกกับ Headway

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 สมการจำกัด Headway สำหรับรถ 2 ขบวนที่สถานีเดียวกัน

$$e_{i,\sigma(i,k)} \geq e_{i',\sigma(i',k')} + g_u \text{ หรือ } e_{i',\sigma(i',k,)} \geq e_{i,\sigma(i,k)} + g_u ,$$
$$\forall i, i' \in I , i \neq i', \beta(i,k) = \beta(i',k') = u. \quad (2.6)$$

เวลาที่รถขบวน i จะออกจากราง j ต้องมากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถขบวนอื่นจะออกจากรางเดียวกันบวกกับ Headway ที่สถานี u

2.2.8 สมการจำกัด เวลาสูงสุดของ Dwell time

$$s_{i,\sigma(i,k)} \leq e_{i,\sigma(i,k)} + \vec{d}_{i,\sigma(i,k)} \ \forall i \in I, k = 1,2,\dots,m. \quad (2.7)$$

เวลาที่รถขบวน i จะเข้าสู่ราง j ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ เวลาที่ออกจากรางก่อนหน้าบวกกับ Maximum dwell time

จากสมการ (2.5) สามารถสร้างสมการได้อีก 2 สมการโดยเพิ่มตัวแปร M และ $y_{i,l',j}$

$$s_{i,j} \geq e_{i',j} + h_j - M \times y_{i,l',j} \quad (2.8)$$

หากรถขบวนอื่นนอกจาก i จะเข้าสู่ราง j พร้อมกัน ให้เลื่อนไปก่อน M หากขบวน i ออกวิ่งมาก่อนและสามารถมองมุมกลับได้เป็นสมการต่อไป

$$s_{i',j} \geq e_{i,j} + h_j - M \times (1 - y_{i,l',j}) \quad (2.9)$$

2.2.9 สมการจำกัดจำนวนรถบนราง

$$\sum_i \delta_{i,j,t} \leq 1 , \ \forall j \in J, t = 1,2,\dots,T. \quad (2.10)$$

ณ เวลา t ใดๆ บนราง j จะต้องมีรถไฟไม่เกิน 1 ขบวน

2.2.10 สมการจำกัดจำนวนรถที่สถานี

$$\sum_i \varepsilon_{i,u,t} \leq 1, \ \forall u \in U, t = 1,2,\dots,T \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

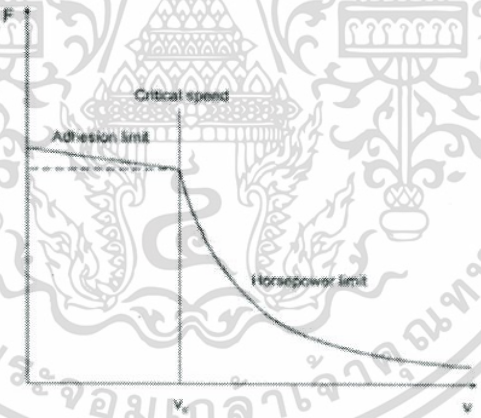
ณ เวลา $\mathbf{t}$ ใดๆ ที่สถานี $\mathbf{u}$ จะต้องมีรถไฟไม่เกิน 1 ขบวน

2.3 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของรถไฟ

การเคลื่อนที่ของสิ่งใดๆ ย่อมมีสมการที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์การเคลื่อนที่นั้นๆ ซึ่งการเคลื่อนที่ของรถไฟในระบบนี้ก็เช่นกัน

ในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการเดินรถไฟ จำเป็นจะต้องคิดค่าตัวแปรหลายชนิด โดยแรงที่นำมาคิดในการคำนวณนั้น ได้มาจากสมการแรงการฉุดลาก (Tractive Effort) ซึ่งมีแรงต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการคำนวณดังต่อไปนี้

2.3.1 แรงที่ได้จากการเดินเครื่องหัวรถจักร แรงฉุดลากที่มาจากต้นกำลังของรถไฟที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟ จะขึ้นกับปัจจัย 2 ประการ คือ แรงที่ถ่ายถอดลงรางได้ ผ่านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างล้อและราง กับกำลังสูงสุดของต้นกำลัง คือเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ โดยปัจจัยทั้ง 2 ประการ สามารถสร้างเป็นกราฟแรงขับเคลื่อน (Tractive Effort Curve) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังฉุดลากและความเร็วของขบวนรถไฟรถไฟ โดยมีรูปแบบของความสัมพันธ์แสดงดังรูป



รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Tractive Effort Curve

และความสัมพันธ์นี้จะแบ่งออกเป็นช่วงๆ ดังนี้

$$\begin{aligned} P(v) &= 50000 && [0 \le v < 4.2] \\ &= 56100 - 1440v && [4.2 \le v < 24.9] \\ &= 33300 - 525v && [24.9 \le v < 45] \end{aligned} \qquad (2.12)$$

โดยตัวแปร P คือตัวแปรที่ใช้แทนแรงในหน่วยนิวตันและ v คือค่าความเร็วในหน่วยเมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แรงต้าน ความต้านทานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถไฟเกิดขึ้นจากปัจจัย 2 ประการ คือ ความต้านทานจากทางซึ่งเป็นผลมาจากความลาดชันและความโค้งของทางรถไฟและความต้านทานจากรถไฟเอง ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียพลังงานในรูปต่างๆ เช่น แรงเสียดทานระหว่างการเคลื่อนที่ของรถไฟ พลังงานจลน์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของรถไฟ แรงต้านที่เกิดจากลม เป็นต้น ใช้สมการด้วยทั่วไป ดังนี้

$$Q(v) = 2000 + 20v + 3.5v^2 \tag{2.13}$$

โดย ตัวแปร Q คือตัวแปรที่ใช้แทนแรงต้านและ v คือค่าความเร็วในหน่วยเมตรต่อวินาที

2.3.3 แรงหยุดรถไฟ แรงที่เกิดจากการหยุดรถไฟ โดยสมการแรงต้านจะใช้สมการพื้นฐานคือ

$$B = mg\beta \tag{2.14}$$

โดยให้ B คือแรงหยุดรถไฟ หน่วยเป็นนิวตัน m คือค่ามวลรถไฟ หน่วยเป็นนิวตัน g คือค่าแรงโน้มถ่วง มีค่าเป็น 9.8 และ β เป็นสัมประสิทธ์ค่าแรงเสียดทาน ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่า 0.09

2.3.4 แรงลัพธ์ เมื่อนำตัวแปรข้างต้นมารวมกัน จะได้สมการแรงลัพธ์เมื่อรถออกวิ่ง ดังนี้

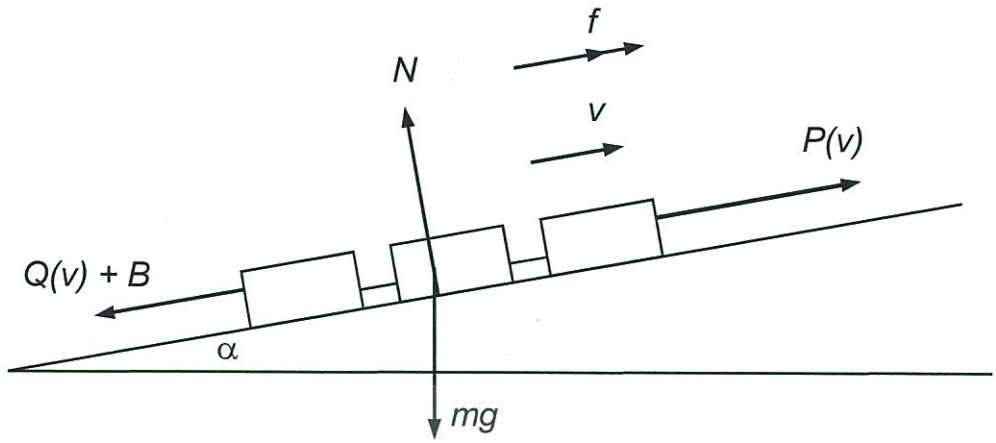
$$mf = P(v) - Q(v) - B \tag{2.15}$$

และสมการแรงลัพธ์เมื่อทำการเบรครถไฟ ดังนี้

$$mf = -Q(v) - B \tag{2.16}$$

โดยที่ $\boldsymbol{f}$ เป็นตัวแปรความเร่ง มีค่าเป็นบวกเมื่อรถออกวิ่ง แต่จะมีค่าเป็นลบเมื่อทำการเบรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพรวมของแรงในระบบการเคลื่อนที่

เมื่อคำนวณหาแรงทั้งหมดในระบบได้แล้วจึงทำการคำนวณหาระยะทางที่ใช้ในการหยุดรถ โดยคำนวณจากค่าความเร็วรถ ณ เวลานั้นๆ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$S(v) = \int_0^v \frac{udu}{au^2+bu+c} \tag{2.17}$$

โดย S เป็นระยะทางที่ใช้ในการหยุดรถไฟ ดังนั้น a b และ c มีค่า ดังนี้

$$a = \frac{q_2}{m} \; ; b = \frac{q_1}{m} \; ; c = \frac{q_0}{m+g\beta} \tag{2.18}$$

2.4 ภาษาซีชาร์ป

เป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบ multi-paradigm ซึ่งมีรูปแบบภาษาที่ตายตัว และเป็นรูปแบบบังคับในการเขียน มีฟังก์ชัน และยังเป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่มีคุณสมบัติเป็นแบบออบเจ็คด้วย ซึ่งมันถูกพัฒนาโดยบริษัท Microsoft ภายใต้ .NET framework โดยในการพัฒนาภาษา C# นี้ มีความตั้งใจให้มันเขียนง่าย ทันสมัย เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปและเป็นแบบออบเจ็ค C# เป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป การพัฒนานั้นนำทีมโดย Anders Hejlsberg และเวอร์ชันล่าสุดคือ C# 6.0 ซึ่งถูกเผยแพร่ในปี 2015

ในระหว่างการพัฒนาของ .NET Framework คลาสและไลบรารี่ต่างๆ ถูกเขียนขึ้นโดยระบบการจัดการโค้ดสำหรับการคอมไพล์ที่เรียกว่า *Simple Managed C (SMC)* ในเดือนมกราคม 1999 Anders Hejlsberg ได้ก่อตั้งทีมเพื่อสร้างภาษาใหม่ในเวลานั้น ทีเรียกว่า *Cool* ซึ่งเป็นคำย่อของ "C-like Object Oriented Language" ในเวลาที่โครงการ .NET ของ Microsoft ถูกเผยแพร่ในเดือนกรกฎาคม 2000 ในการประชุมของกลุ่มนักพัฒนามืออาชีพ ภาษาได้ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น C# และคลาสไลบรารี่และ ASP.NET ได้ถูกเชื่อมเข้ากับ C#

เอกสารนี้มีไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 จุดเด่นของภาษาซีชาร์ป เนื่องจากในปัจจุบัน ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมขึ้นข้างมีอยู่หลากหลายให้เลือกใช้ แต่นักเขียน โปรแกรมส่วนใหญ่ก็ยังเลือกใช้ภาษา C# ในการเขียนโปรแกรม เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

- C# เขียนง่าย : เนื่องจากถูกพัฒนาขึ้นจากภาษา C และ C++ ทำให้นักเขียนโปรแกรมที่มีความคุ้นเคยกับการเขียนโปรแกรมแล้วสามารถท าเข้าใจได้อย่างรวดเร็วไม่ยาก และ นอกจากนั้นแล้วยังมีชุดเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถเขียนโปรแกรมได้สะดวกรวดเร็วมาก ยิ่งขึ้น นั้นก็คือ Visual C# นั่นเอง

- C# แข็งแกร่ง : เพราะ C# เป็นภาษาใหม่ ซึ่งถูกพัฒนามาจากภาษา C++ และ Java จึงทำให้มีการปรับปรุงข้อผิดพลาดเดิมและพัฒนาความสามารถใหม่ๆ เพิ่มเติม

- C# ได้รับความนิยมมากขึ้น : เนื่องจากเป็นภาษาที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์ซึ่งเป็นบริษัทผู้พัฒนาโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่และมีอิทธิพลอย่างมาก หากพบปัญหามีฝ่ายสนับสนุนที่จะช่วยตอบคำถามในการใช้งาน อีกทั้งยังมีนักพัฒนาอีกมากคอยช่วยเหลือแลกเปลี่ยนแนวคิดกัน มีแหล่งข้อมูลจำนวนมากให้เราเรียนรู้และค้นคว้า

2.4.2 เครื่องมือช่วยพัฒนาโปรแกรม การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C# นั้น จะมีเครื่องมือที่ช่วยคอยอำนวยความสะดวกสบายให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างง่ายดาย รวดเร็ว และผู้เขียนโปรแกรมสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้นอีกด้วย ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวก็คือ โปรแกรม Visual Studio

Visual Studio เป็นซอฟต์แวร์ประเภท IDE (Integrated Development Environment) ซึ่งเป็นการนำแนวความคิดการทำงานแบบรวมศูนย์มาใช้ คือ การทำให้วงจรการพัฒนาระบบทั้งหมดทำงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และง่ายดาย เริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ ออกแบบจนถึงการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นๆ

2.5 ภาษา SQL

structured query language คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตราฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (open system) หมายถึงเราสามารถใช้คำสั่ง SQL กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้ และคำสั่งงานเดียวกันเมื่อสั่งงานผ่านระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้เราสามารถเลือกใช้ฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดยึดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้คำสั่งเพียงไม่กี่คำสั่ง โปรแกรม SQL จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาระบบ

3.1 ความต้องการของระบบ

โปรแกรมวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟนี้ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อออกแบบและจำลองตารางการเดินรถไฟ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สร้างตารางการเดินรถไฟได้ โดยตารางการเดินรถไฟที่โปรแกรมนี้สร้างขึ้นมาจะสามารถป้องกันความขัดแย้งของรถไฟที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และเป็นไปตามกฎข้อบังคับความปลอดภัยในการเดินรถไฟ จึงทำให้มั่นใจได้ว่าตารางการเดินรถไฟที่ได้จัดทำขึ้นมานั้นสามารถนำไปใช้จริงได้โดยไม่เกิดอันตรายแก่ผู้โดยสาร โดยผู้ใช้งานคือเจ้าหน้าที่จัดตารางการเดินรถ (Timetable Administrator) ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดการตารางการเดินรถไฟ โดยตอนแรกเจ้าหน้าที่จัดตารางการเดินรถไฟจะต้องทำการสร้างแผนการเดินรถไฟ (Service Planning) ไว้ในฐานข้อมูลก่อน จากนั้นก็โปรแกรมก็จะจัดการสร้างตารางการเดินรถตามแผนการเดินรถไฟที่เจ้าหน้าที่จัดตารางเดินรถกำหนดไว้ ต่อมาโปรแกรมจะทำการประมวลผลโดยจำลองการเดินรถไฟ แล้วตรวจสอบว่ารถไฟแต่ละขบวนใช้เวลาเท่าไหร่ในการวิ่งในแต่ละรอบ รวมไปถึงเวลาที่ขบวนรถจอดภายในแต่ละสถานี แล้วเมื่อทำการสร้างตารางการเดินรถไฟเสร็จสมบูรณ์ ผู้ใช้ก็จะสามารถนำตารางการเดินรถไฟเพื่อนำไปใช้จริงได้

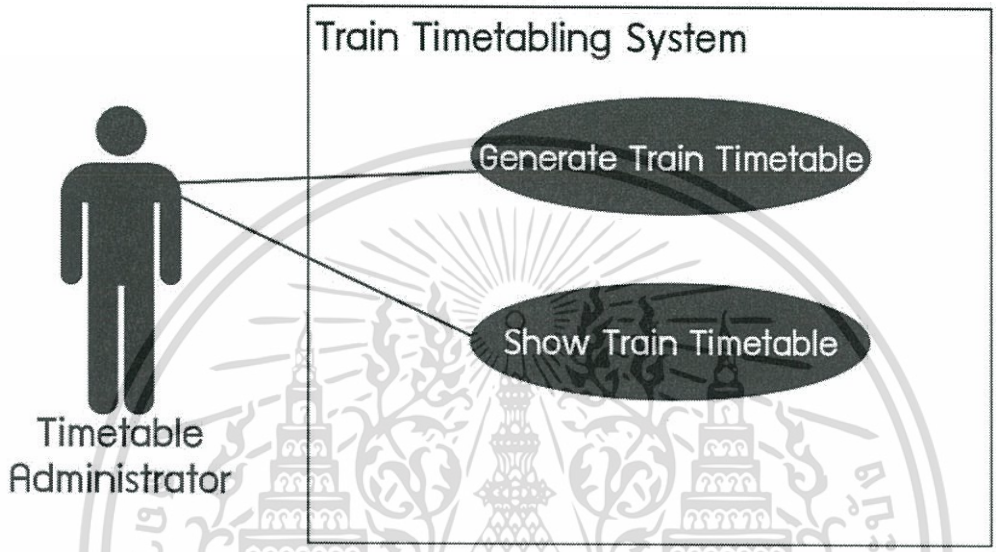
3.2 การออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

ผู้พัฒนาได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับภาษาทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ จึงสนใจในการศึกษาภาษาC# ทำให้ผู้พัฒนาได้เลือกใช้ภาษานี้ในการออกแบบโปรแกรมเป็นหลัก ส่วนการออกแบบฐานจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ผู้พัฒนาได้เลือกใช้ SQL Server ในการจัดเก็บข้อมูลเพราะว่ามีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก จึงเป็นฐานข้อมูลที่มีความเป็นสากลซึ่งสามารถนำมาใช้กับโปรแกรมได้จริง หลังจากศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของภาษา C# และ SQL แล้วผู้พัฒนาจึงนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งผนวกกับความรู้ในการจัดตารางการเดินรถไฟ ผู้พัฒนาโปรแกรมการจัดตารางรถไฟขึ้นมา

โปรแกรมจัดตารางการเดินรถไฟนี้มีการทำงานอยู่ 2 ส่วนหลักคือ การสร้างตารางการเดินรถไฟ โดยผู้ใช้งานจะเลือกแผนการเดินรถในการสร้างก่อน แล้วระบบโปรแกรมก็จะดึงข้อมูลแผนการเดินรถที่ผู้ใช้เลือก แล้วระบบจะทำการสร้างตารางการเดินรถไฟตามแผนการเดินรถไฟ และสามารถมั่นใจได้ว่าตารางการเดินรถไฟนี้ สามารถเดินรถได้อย่างปลอดภัยภายใต้กฎข้อบังคับการเดินรถไฟ และตารางการเดินรถไฟที่สร้างออกมาจะสามารถแสดงผลในรูปแบบกราฟและรูปแบบตารางได้ และเมื่อผู้ใช้บันทึกแผนการเดินรถนี้ลงสู่ฐานข้อมูล ผู้ใช้สามารถนำตารางเดินรถนี้ไปใช้งานในส่วนต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก็คือส่วนของการแสดงผลของการเดินรถในวันนั้นได้ โดยผู้ใช้ต้องเลือกวันที่และเส้นทางที่ต้องการแสดงตารางการเดินรถไฟ แล้วระบบจะแสดงผลของตารางเดินรถไฟในวันนั้นและเส้นทางที่ผู้ใช้เลือก โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลตารางเดินรถได้ทั้งตารางและกราฟ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 Use Case Diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของ Use Case – Generate Train Timetable

Use Case ID:	TTB_01
Use case Name:	Generate Train Timetable
Actors:	Timetable Administor
Description:	ผู้ใช้สร้างตารางการเดินรถไฟจากแผนการเดินรถไฟ
Precondition:	ต้องมีแผนการเดินรถภายในฐานข้อมูลอย่างน้อย 1 แผน
Postcondition:	ตารางการเดินรถไฟ
Normal Flow:	1. ผู้ใช้เลือกแผนการเดินรถไฟที่ต้องการสร้างตารางการเดินรถไฟ 2. ผู้ใช้คลิกปุ่ม Generate Train Timetable เพื่อดูตารางเดินรถจากแผนการเดินรถนั้น 3. ถ้าไม่ต้องการใช้ตารางการเดินรถไฟนั้น ผู้ใช้สามารถคลิกปุ่ม Clear Data 4. ผู้ใช้คลิกปุ่ม Insert to Database เมื่อต้องการบันทึกค่าของตารางการเดินรถไฟนั้น
Exception:	-
Notes and Issue:	-

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของ Use Case – Show Timetable

Use Case ID:	TTB_02
Use case Name:	Show Train Timetable
Actors:	Timetable Administor
Description:	แสดงตารางการเดินรถไฟในวันที่ผู้ใช้ต้องการดู
Precondition:	ผู้ใช้ต้องสร้างตารางการเดินรถไฟไว้ก่อนแล้ว
Postcondition:	-
Normal Flow:	1. ผู้ใช้เลือกวันที่ต้องการดูตารางการเดินรถไฟ 2. ผู้ใช้เลือกเส้นทางที่ต้องการแสดงผล 3. ผู้ใช้คลิกปุ่ม Show Time Table 4. ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการสร้างผลได้ทั้งตารางและกราฟจาก Display Mode
Exception:	-
Notes and Issue:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

รูปแบบตารางที่ถูกสร้างขึ้นในระบบฐานข้อมูล รวมไปถึงแอททริบิวต์ของแต่ละตาราง ถูกแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 Plan

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
service_plan_id	int	PK	หมายเลขประจำแผนการเดินรถ
Service_plan_name	varchar(255)		ชื่อของแผนการเดินรถ

ตารางที่ 3.4 ServicePlan

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
service_plan_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำแผนการเดินรถ
service_route_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำเส้นทางเดินรถ
service_type	varchar(255)	PK	ชื่อของประเภทการเดินรถ
period_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำตารางช่วงเวลา
train_set_model_id	int		หมายเลขประจำรุ่นของรถไฟ
frequency	int		จำนวนขบวนรถในแต่ละช่วงเวลา
date	date		วันที่ต้องการจัดขบวนพิเศษ

ตารางที่ 3.5 ServiceRoute

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
service_route_id	int	PK	หมายเลขประจำเส้นทางเดินรถ
service_route_name	varchar(255)		ชื่อของเส้นทางเดินรถ
origin_station_id	int	FK	หมายเลขประจำสถานีเริ่มต้น
destination_station_id	int	FK	หมายเลขประจำสถานีปลายทาง
direction	varchar(255)		กำหนดเส้นทางว่าเป็นขาเข้าหรือขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ServiceRouteStop

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
service_route_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำเส้นทางเดินรถ
station_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำสถานี

ตารางที่ 3.7 PeriodTime

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
period_id	int	PK	หมายเลขประจำช่วงเวลา
day	varchar(255)		กำหนดประเภทของวัน เช่น จันทร์
start_time	time		กำหนดเวลาเริ่มต้น เช่น 6:00
end_time	time		กำหนดเวลาสิ้นสุด เช่น 6:59

ตารางที่ 3.8 Station

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
station_id	int	PK	หมายเลขประจำสถานี
station_name	varchar(255)		ชื่อสถานี
station_type	varchar(255)		ประเภทของสถานี
line	varchar(255)		ชื่อเส้นทาง
sequence	int		ลำดับสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 Track

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
track_id	int	PK	หมายเลขประจำราง
station_id	int		หมายเลขประจำสถานี
line	varchar(255)		ชื่อของเส้นทางเดินรถ
sequence	int		ลำดับของราง
length	int		ความยาวของราง
direction	varchar(255)		กำหนดรางว่าเป็นขาเข้าหรือขาออก
max_speed	int		ความเร็วสูงสุดที่วิ่งได้ในราง

ตารางที่ 3.10 TrackOccupyDuration

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
track_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำราง
train_set_model_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำรุ่นรถไฟ
station_id	int	FK	หมายเลขประจำสถานี
duration	int		เวลาทั้งหมดที่รถไฟวิ่งในราง
max_speed	int		ความเร็วสูงสุดที่รถไฟวิ่งได้
station_type	varchar(255)		ประเภทของสถานี

ตารางที่ 3.11 TrainSetModel

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
train_set_model_id	int	PK	หมายเลขประจำรุ่นรถไฟ
train_set_model_name	varchar(255)		ชื่อรุ่นรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

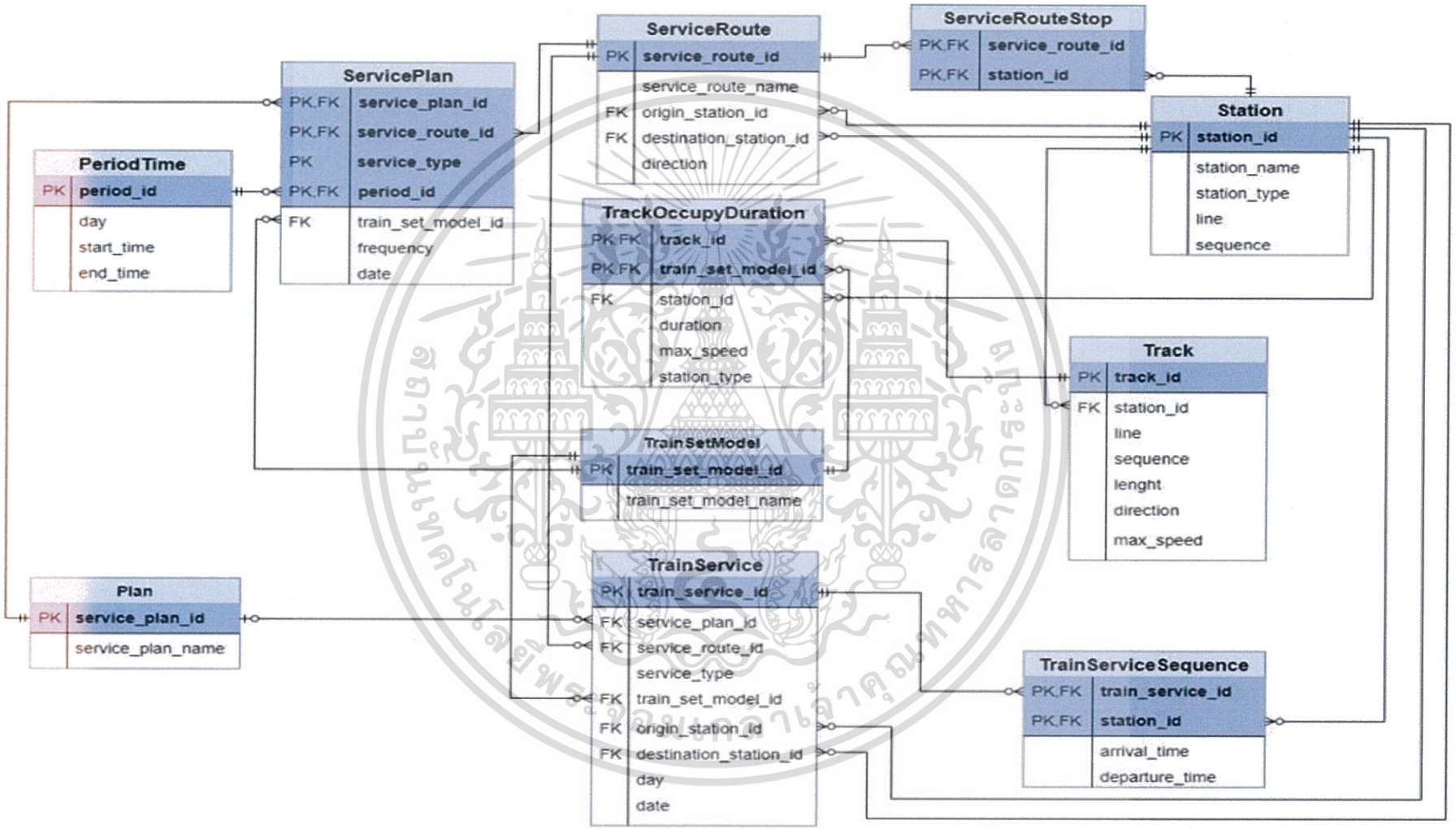
ตารางที่ 3.12 TrainService

ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
train_service_id	int	PK	หมายเลขประจำตารางเดินรถ
service_plan_id	int	FK	หมายเลขประจำแผนการเดินรถ
service_route_id	int	FK	หมายเลขประจำเส้นทางเดินรถ
service_type	varchar(255)	FK	ประเภทของการเดินรถ
train_set_model_id	int	FK	หมายเลขประจำรุ่นรถไฟ
origin_station_id	int	FK	หมายเลขประจำสถานีเริ่มต้น
destination_station_id	int	FK	หมายเลขประจำสถานีปลายทาง
day	varchar(255)		ประเภทของวัน เช่น monday
date	date		กำหนดวัน-เดือน-ปี

ตารางที่ 3.13 TrainServiceSequence

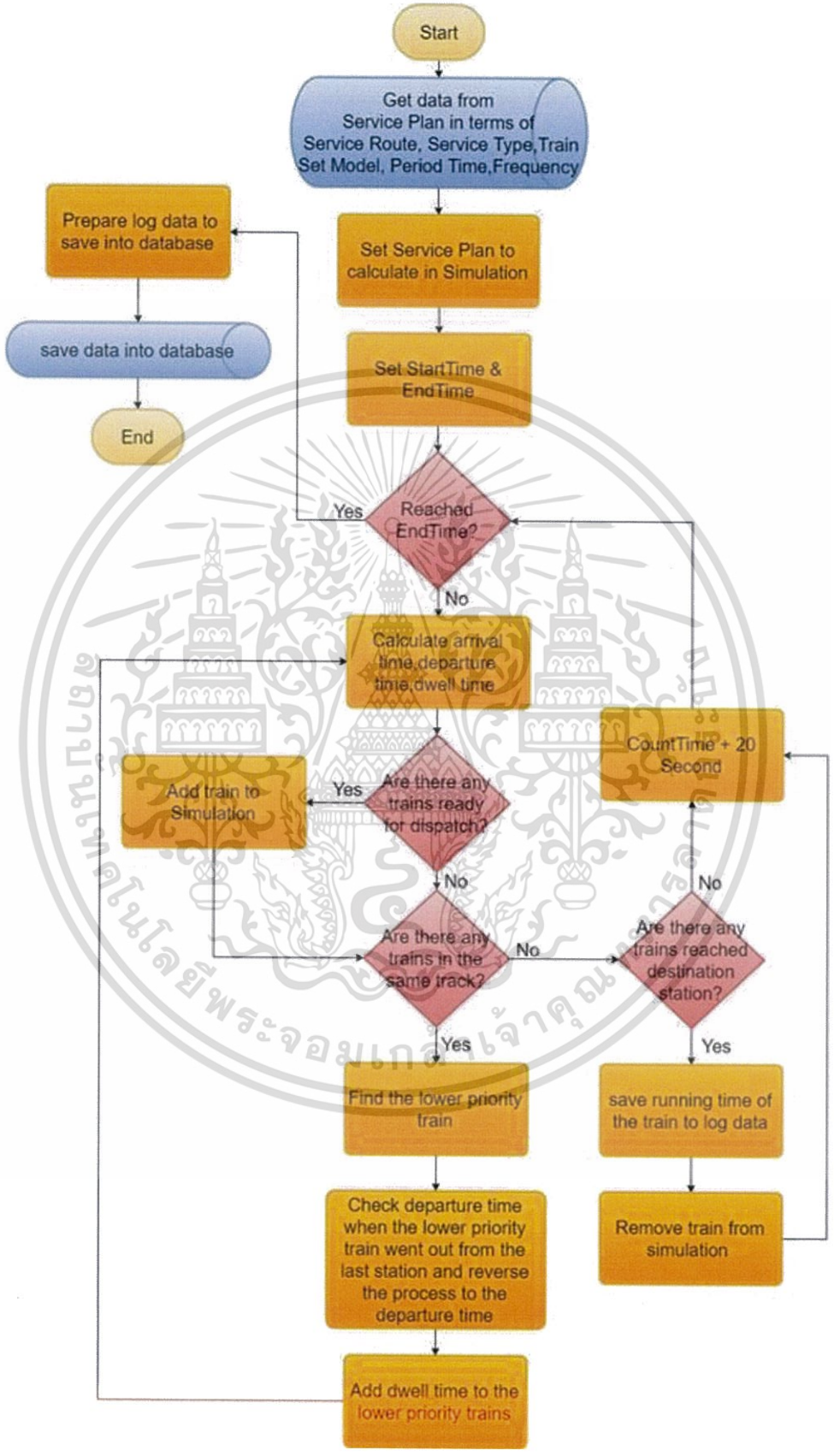
ชื่อคอลัมน์ (Column Name)	ชนิดข้อมูล (Data Type)	ความสัมพันธ์ (Relation)	รายละเอียด (Detail)
train_service_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำตารางเดินรถ
station_id	int	PK,FK	หมายเลขประจำสถานี
arrival_time	time		เวลาที่รถไฟเข้าสู่สถานี
departure_time	time		เวลาที่รถไฟออกจากสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 UML Database Diagram แสดงรูปแบบของตารางที่ถูกสร้างขึ้นในระบบฐานข้อมูล

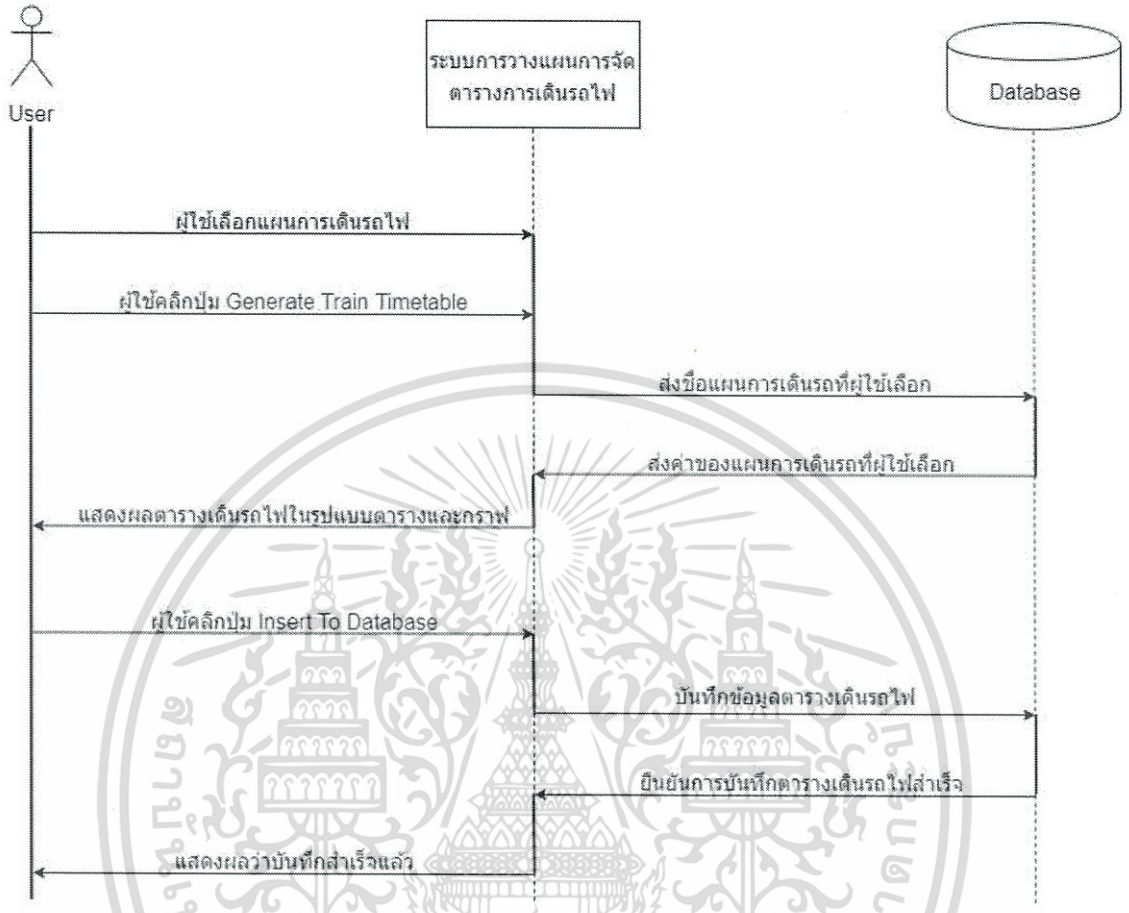
3.4 ลำดับการทำงานของระบบการจัดตารางเวลาเดินรถไฟ



รูปที่ 3.3 Flowchart Diagram แสดงการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Sequence Diagram



รูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของระบบ Generate Timetable

ขั้นตอนการทำงานของระบบ Generate Timetable

1) ผู้ใช้ทำการเลือกแผนการเดินรถที่ต้องการสร้างตารางเวลาการเดินรถไฟ
2) ผู้ใช้ทำการคลิกปุ่ม Generate Train Timetable
3) ระบบจะทำการส่งชื่อของแผนการเดินรถไฟที่ผู้ใช้เลือกไปยังฐานข้อมูล
4) ฐานข้อมูลจะส่งข้อมูลของแผนการเดินรถไฟกลับมายังระบบ
5) ระบบจะคำนวณและแสดงผลตารางการเดินรถไฟในรูปแบบตารางและกราฟ
6) ผู้ใช้ทำการคลิกปุ่ม Insert To Database
7) ระบบจะบันทึกตารางเดินรถไฟลงในฐานข้อมูล
8) ยืนยันการบันทึกตารางเดินรถไฟสำเร็จ
9) แสดงผลว่าบันทึกตารางเดินรถไฟสำเร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 Sequence Diagram ของระบบ Show Timetable

ขั้นตอนการทำงานของระบบ Show Timetable

1) ผู้ใช้ทำการเลือกวันที่และเส้นทางต้องการดูแผนการเดินรถไฟและคลิกปุ่ม Show Timetable
2) ระบบจะส่งค่าของวันที่และเส้นทางที่ผู้ใช้เลือกไปยังฐานข้อมูล
3) ฐานข้อมูลจะส่งค่าแผนการเดินรถไฟที่มีในวันและเส้นทางนั้นกลับมายังระบบ
4) ระบบจะคำนวณและแสดงแผนการเดินรถไฟในรูปแบบตารางและกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทำงานของระบบ

หลังจากที่ได้ศึกษาถึงความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับการจัดตารางเวลาการเดินรถไฟและการพัฒนาโปรแกรม จากนั้นจึงนำความรู้ที่ได้มาสร้างระบบการวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟจนสำเร็จลุล่วง ในส่วนนี้จะนำเสนอการใช้แอพพลิเคชันตามที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 โดยมีการทำงานหลัก คือ

1.) ระบบสร้างตารางการเดินรถไฟ

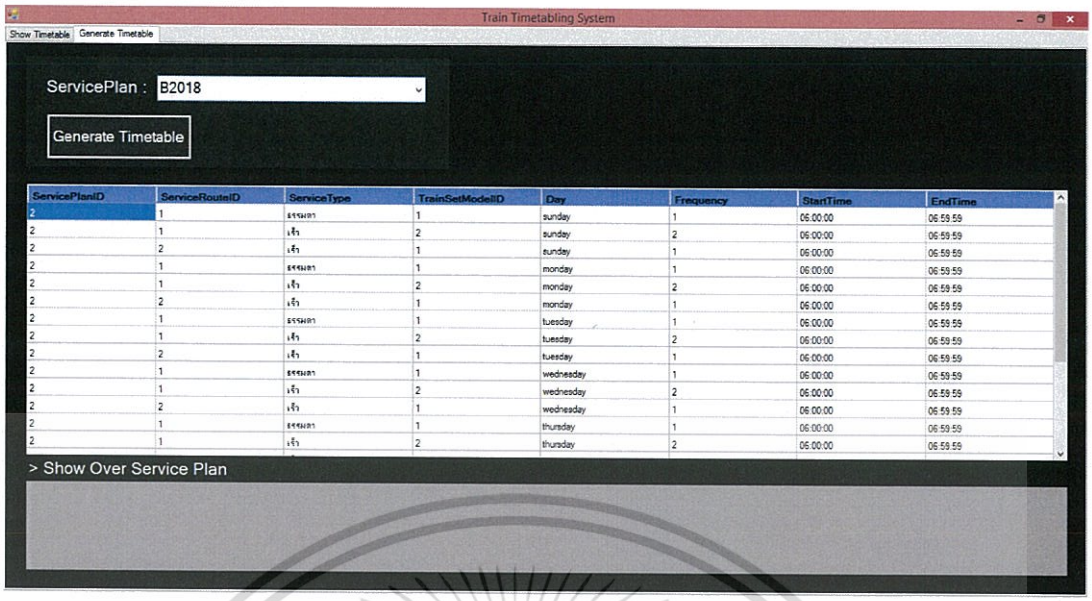
2.) ระบบแสดงตารางการเดินรถไฟ

4.1 ระบบสร้างตารางการเดินรถไฟ

ระบบสร้างตารางการเดินรถไฟ ทำหน้าที่ในการสร้างตารางการเดินรถไฟให้มีความสอดคล้องกับแผนการเดินรถไฟ ซึ่งตารางการเดินรถไฟที่สร้างโดยแอพพลิเคชั่น จะมีความถูกต้องและเร็ว และผู้ใช้ยังมั่นใจได้ว่าสามารถนำตารางเดินรถไฟนี้ไปใช้ได้จริง เพราะว่าการสร้างตารางเดินรถไฟนี้ ได้พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ในการจัดตารางการเดินรถไฟ เช่น ความเร็วของรถไฟ ระยะเวลาของการจอดในแต่ละสถานี และเป็นไปตามกฎข้อบังคับความปลอดภัยในการเดินรถไฟ ถ้าการจัดตารางการเดินรถไฟจากแผนการเดินรถ เกิดการขัดแย้งกันของรถไฟขึ้น ระบบจะทำการเลื่อนเวลาออกจากสถานีสุดท้ายของคันที่มีความสำคัญน้อยกว่า (Lower priority) ก่อนที่จะเกิดความขัดแย้งของรถไฟแล้วระบบคำนวณตารางการเดินรถไฟ ณ เวลานั้นใหม่

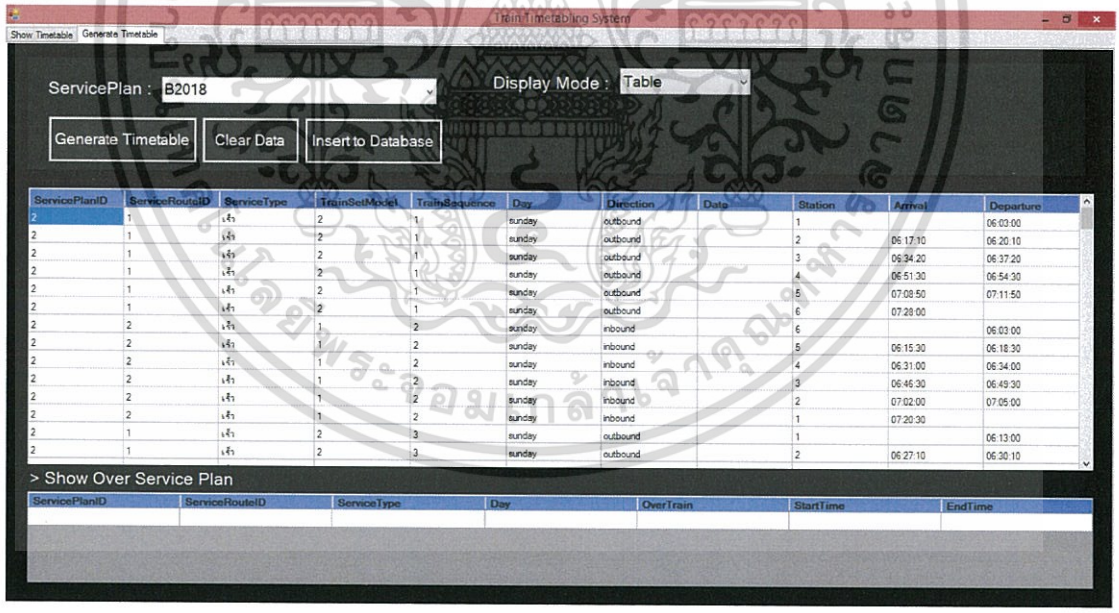
การสร้างตารางเดินรถไฟ ผู้ใช้ต้องสร้างแผนการเดินรถไว้ในฐานข้อมูลอยู่ก่อนแล้ว และผู้ใช้จะต้องทำการเลือกแผนการเดินรถไฟที่ต้องการสร้าง แล้วทำการคลิกปุ่ม Generate Timetable ระบบจะทำการดึงข้อมูลแผนการเดินรถที่ผู้ใช้เลือกมาทำการสร้างตารางการเดินรถไฟแล้วแสดงผลในรูปแบบตาราง ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 หน้าต่างแสดงแผนการเดินรถ

เมื่อผู้ใช้ทำการคลิกปุ่ม Generate Timetable ระบบจะทำการดึงข้อมูลแผนการเดินรถที่ผู้ใช้เลือกมาทำการสร้างตารางการเดินรถไฟแล้วแสดงผลในรูปแบบตาราง ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟที่สร้างจากแผนการเดินรถไฟในรูปแบบตาราง

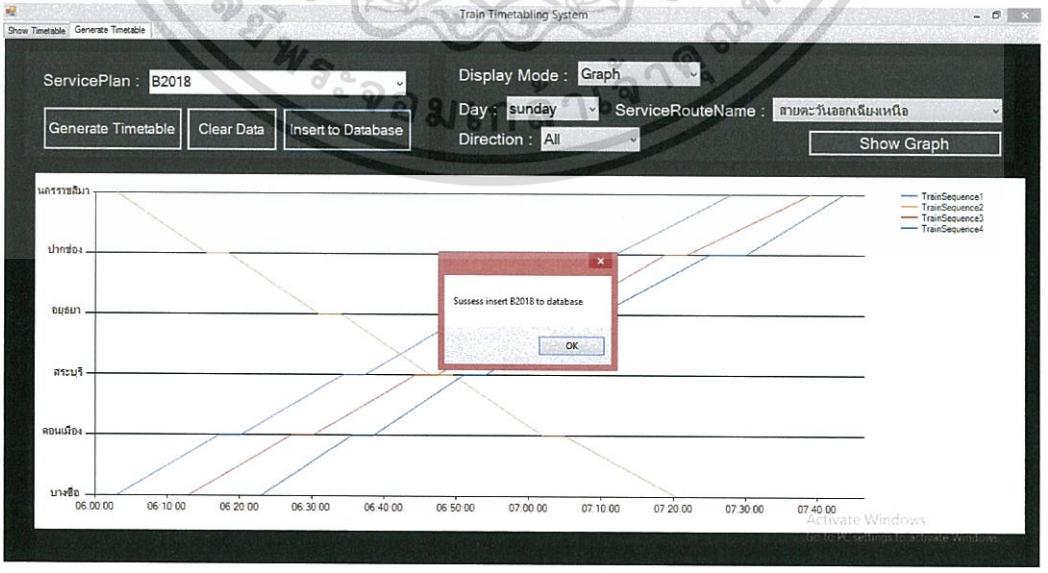
ผู้ใช้ยังสามารถดูตารางการเดินรถที่ได้ในรูปแบบกราฟ โดยทำการเลือก Display Mode เป็น Graph แล้วทำการเลือกวัน แล้วระบบจะทำการหาเส้นทางในวันนั้นที่มีตารางการเดินรถ แล้วจึงแสดงเส้นทางที่มีให้ผู้ใช้เลือก และทิศทางของการเดินรถ (ขาเข้า – ขาออก) แล้วคลิกปุ่ม Show Graph ระบบจะแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟ ซึ่งแนวตั้งจะแสดงสถานี ส่วนแนวนอนจะแสดงเวลา และจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าเส้นทางการเดินรถไฟของเส้นสีน้ำเงิน (TrainSequence4) ณ สถานีปากช่องจะจอดในสถานีนานกว่าปกติ เมื่อเทียบกับการจอดรถในสถานีอื่นๆ เกิดจากการแก้ปัญหาความขัดแย้งของรถไฟที่เกิดขึ้นระหว่างสถานีปากช่องและสถานีนครราชสีมา ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.3 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟที่สร้างจากแผนการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟ

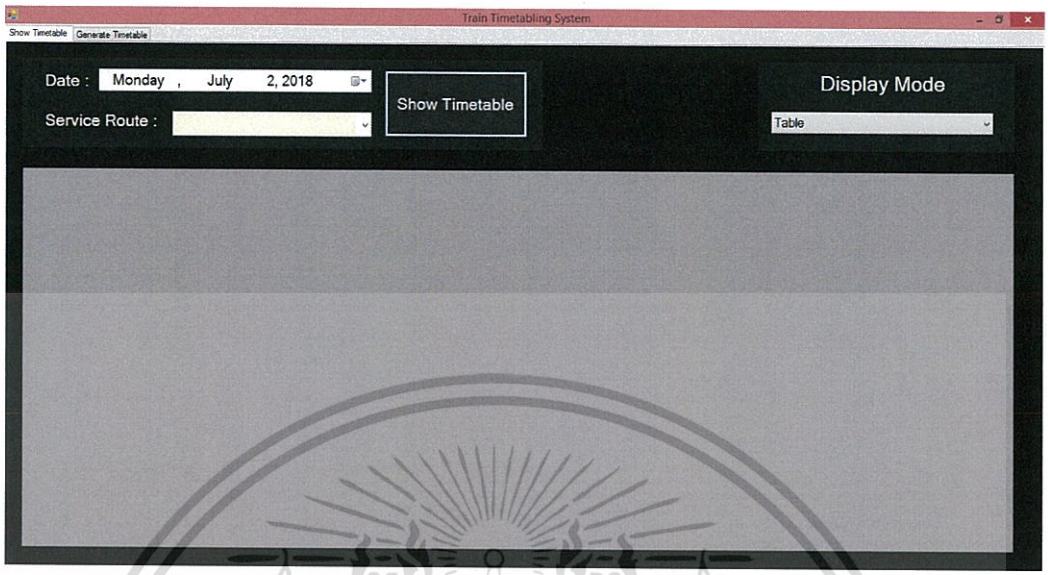
ถ้าผู้ใช้ไม่ต้องการตารางการเดินรถนี้ก็สามารถทำการลบตารางการเดินรถไฟที่ได้จากแผนการเดินรถไฟนี้ โดยคลิกที่ปุ่ม Clear Data แล้วทำการสร้างตารางการเดินรถไฟจากแผนการเดินรถไฟใหม่ หรือผู้ใช้ต้องการบันทึกตารางการเดินรถไฟ ก็คลิกที่ปุ่ม Insert to Database ระบบจะบันทึกตารางการเดินรถไฟไว้ และสามารถนำไปใช้กับระบบแสดงตารางเดินรถไฟต่อไป ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4 หน้าต่างแสดงการบันทึกข้อมูลตารางการเดินรถไฟลงฐานข้อมูล

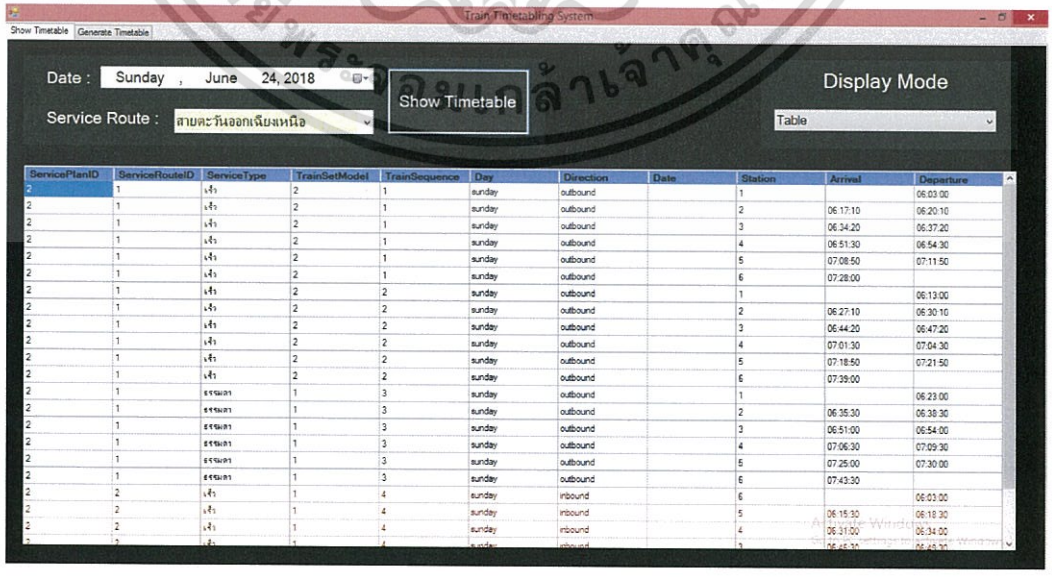
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบแสดงตารางการเดินรถไฟ



รูปที่ 4.5 หน้าต่างหลักของระบบแสดงตารางการเดินรถไฟ

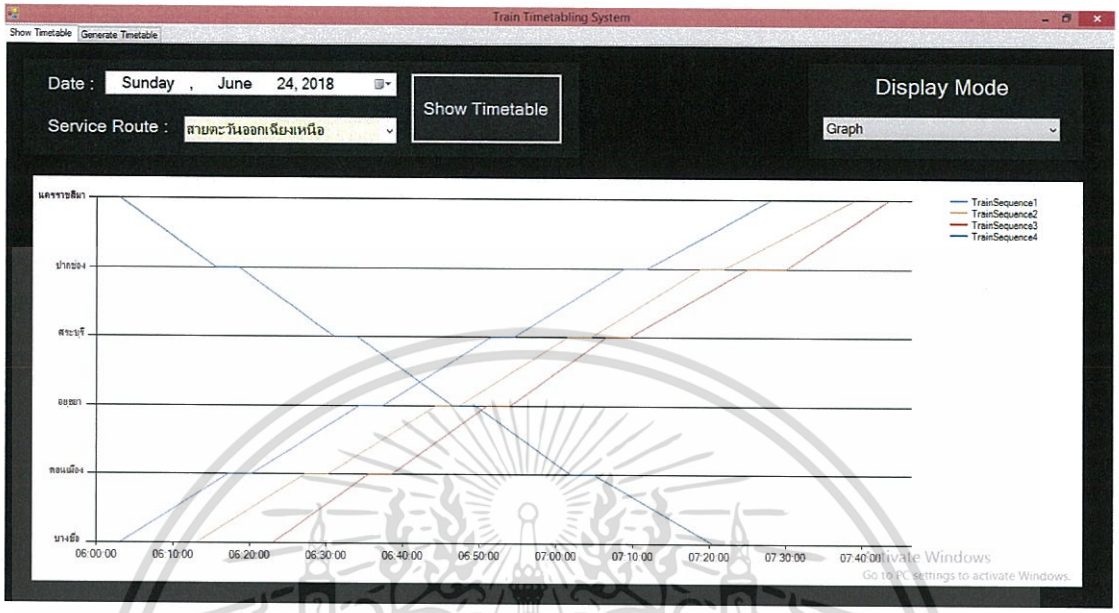
เมื่อผู้ใช้สร้างตารางการเดินรถไฟ ด้วยระบบการสร้างตารางการเดินรถไฟแล้ว ผู้ใช้จึงจะสามารถเรียกดูตารางการเดินรถไฟในแต่ละวันได้ ด้วยระบบการแสดงตารางการเดินรถไฟ โดยผู้ใช้ต้องทำการเลือกวันที่ต้องการดูตารางการเดินรถไฟ แล้วระบบจะทำการหาเส้นทางที่มีการสร้างตารางการเดินรถไฟไว้ แล้วทำการแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้เลือกในช่องของ Service Route เมื่อผู้ใช้เลือกเส้นทางแล้ว ให้ทำการคลิกปุ่ม Show Timetable ระบบแสดงผลของตารางการเดินรถไฟในรูปแบบตาราง ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟในรูปแบบตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้ต้องการดูตารางการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟ ก็ทำการเลือก Display Mode เป็น Graph ก็จะได้ตารางการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7 หน้าต่างแสดงตารางการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินโครงงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

โปรแกรมวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟ สามารถประมวลผลและจัดตารางการเดินรถไฟที่เป็นไปตามแผนการเดินรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และรวดเร็ว โดยปราศจากความขัดแย้งของรถไฟและอยู่ภายใต้กฎข้อบังคับความปลอดภัยในการเดินรถไฟ โดยแอพลิเคชันนี้สามารถแสดงผลตารางการเดินรถไฟในรูปแบบกราฟและตารางได้

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ปัญหาที่เกี่ยวกับความรู้เรื่องระบบรถไฟ การออกแบบโปรแกรมส่วนประมวลผลนั้นต้องการความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของระบบรถไฟหลากหลายมาก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องสมการคำนวณความเร็วหรือแรงในการขับเคลื่อนของรถไฟ สมการฟิสิกส์เกี่ยวกับความเสียดทานและความเอียงรางที่ส่งผลต่อความเร็วของรถไฟ ซึ่งเป็นส่วนที่ผู้จัดทำต้องเรียนรู้ในระยะเวลาการทำโครงงานนี้และอาจทำความเข้าใจได้ไม่ครบตามที่ควรจะเป็น จึงทำให้โปรแกรมนี้อาจจะไม่สามารถคำนวณได้อย่างเที่ยงตรงแม่นยำ

5.2.2 ปัญหาเกี่ยวกับโปรแกรม จากการทดลองใช้งาน พบว่าโปรแกรมวางแผนจัดตารางการเดินรถไฟนี้มีการใช้ตัวแปรหลายตัวที่เป็นค่าคงที่ ส่งผลให้การทำงานบางส่วนนั้นไม่ยืดหยุ่นเท่าที่ควร ส่งผลให้ฟังก์ชันการทำงานบางอย่างนั้นไม่สามารถทำได้ เช่น การเพิ่มระยะเวลาการจอดในแต่ละสถานีซึ่งถูกกำหนดมาตั้งแต่แรก

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและพัฒนาโครงงาน

5.3.1 ปัญหาที่เกี่ยวกับความรู้ระบบรถไฟ ปัญหานี้สามารถแก้ได้โดยสอบถามกับผู้เชี่ยวชาญด้านระบบรถไฟ โดยติดต่อกับผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเชิญมาให้ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับระบบรถไฟให้มากขึ้นกว่านี้ นอกจากนี้ยังสามารถหาความรู้เพิ่มเติมได้จากอินเตอร์เน็ตตามเว็บไซต์ต่างๆ ที่รวบรวมองค์ความรู้ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ปัญหาเกี่ยวกับโปรแกรม ปัญหานี้สามารถแก้ได้โดยการศึกษาการพัฒนาแอพพลิเคชันให้มากขึ้น และพัฒนาแอพพลิเคชันให้มีความสามารถในการทำงานและมีประสิทธิภาพให้มากกว่าเดิม โดยทำให้ค่าตัวแปรต่างๆ สามารถปรับได้ตามที่ควรจะเป็น หรือตามที่ผู้ใช้ต้องการ

ในการพัฒนาโครงงานนั้น ผู้ใช้เล็งเห็นถึงการเชื่อมต่อกันระหว่างแอพพลิเคชันที่สามารถทำงานร่วมกันได้ ยกตัวอย่างเช่นแอพพลิเคชันการวางแผนการเดินรถที่สามารถทำงาน และส่งผลลัพธ์ให้กับแอพพลิเคชันการจัดตารางเวลาการเดินรถไฟ จากนั้นเมื่อได้ตารางเวลาการเดินรถไฟแล้วจึงส่งต่อให้แอพพลิเคชันจำลองการเดินรถได้ต่อ หากผู้จัดทำสามารถเชื่อมต่อระบบเหล่านี้เข้าด้วยกันได้ ก็จะทำให้แอพพลิเคชันเหล่านี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Kroon L.G., Dekker R., Vromans M.J.C.M. (2007) Cyclic Railway Timetabling: A Stochastic Optimization Approach. In: Geraets F., Kroon L., Schoebel A., Wagner D., Zaroliagis C.D., editors, *Algorithmic Methods for Railway Optimization*, number 4359 in Lecture Notes in Computer Science, pages 41-66. Springer, Berlin, Heidelberg.

[2] Zhou, X., & Zhong, M. (2007). Single-track train timetabling with guaranteed optimality: Branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(3), 320-341.

[3] The Mathematical Association. 2547. Tractive effort, acceleration, and braking. [Online]. http://www.m-a.org.uk/what_use/tractiveeffortaccelerationandbraking.doc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

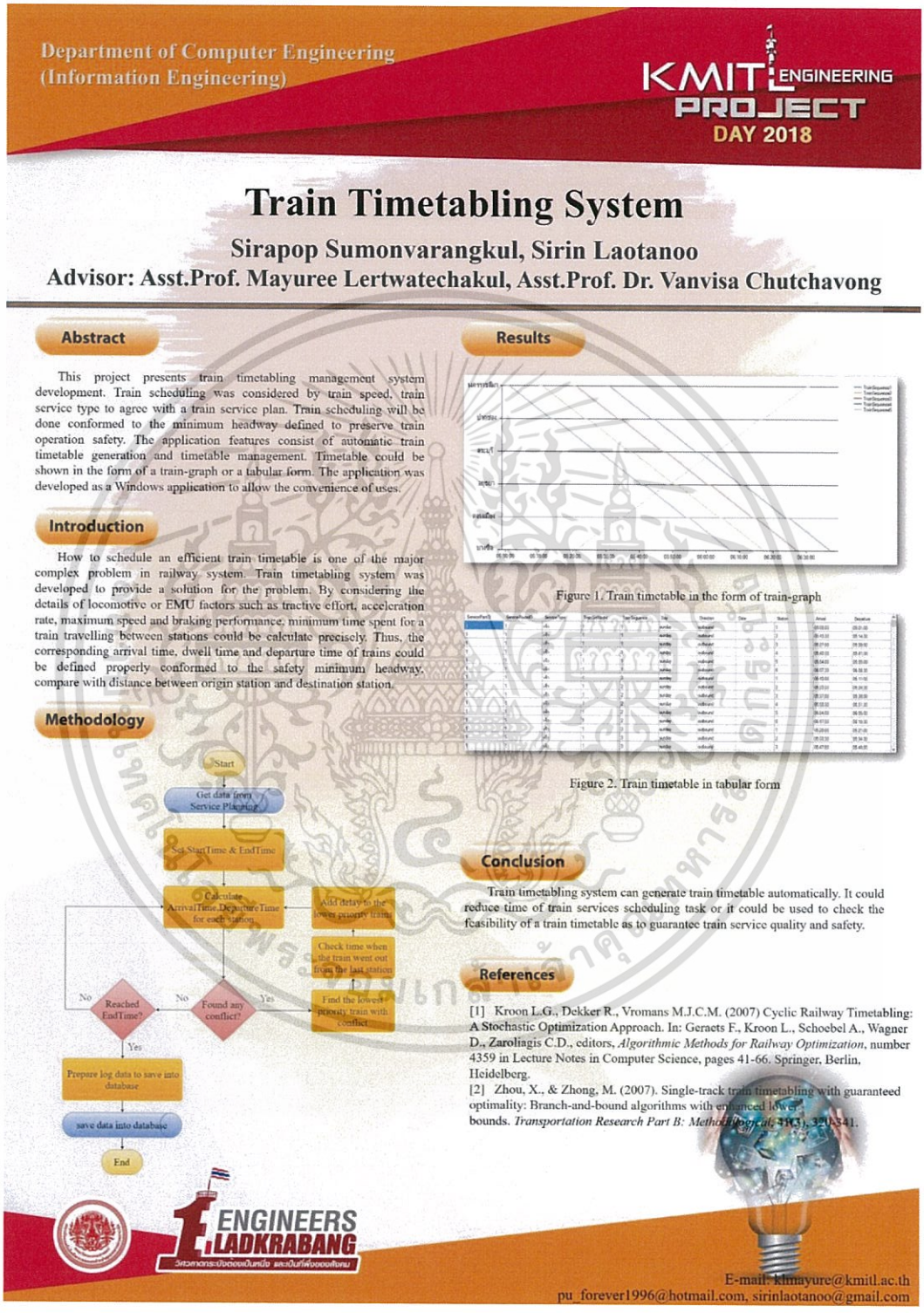
ภาคผนวก ก

Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster



รูปที่ ก.1 Poster

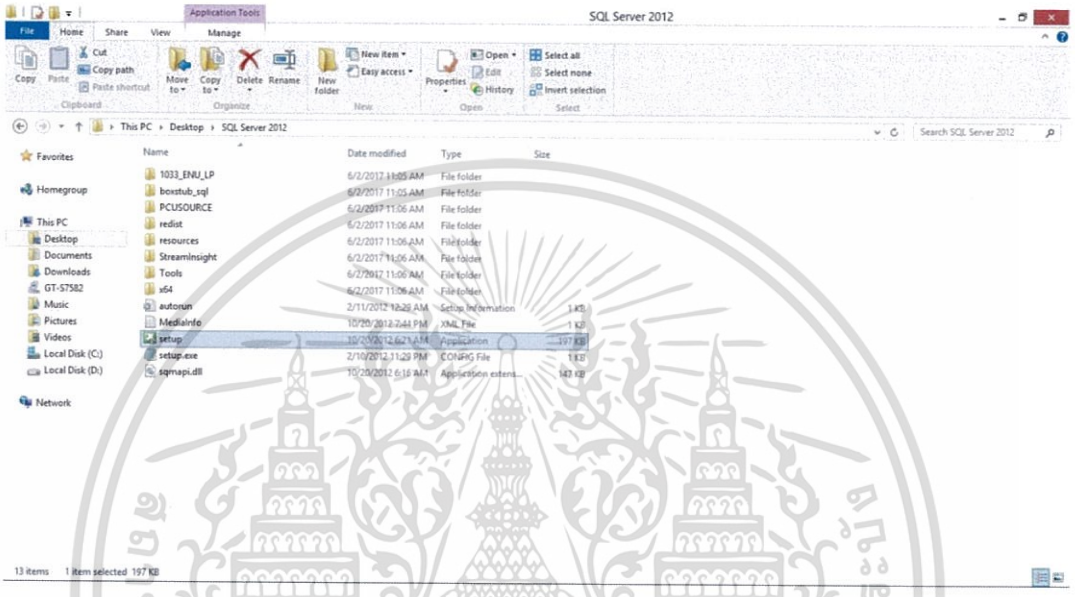
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม SQL SERVER 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม SQL SERVER 2012

1) ทำการดับเบิล คลิกที่ไฟล์ setup.exe เพื่อเริ่มทำการติดตั้ง



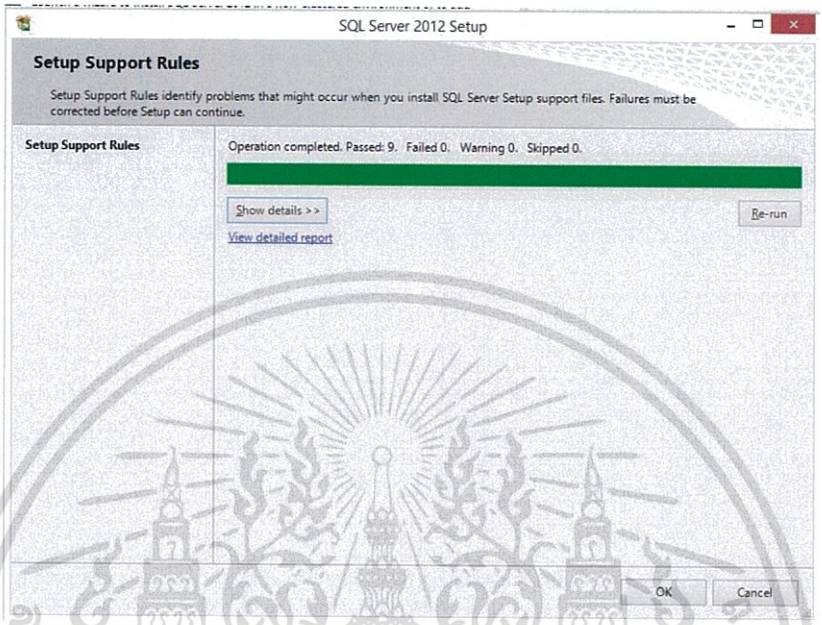
รูปที่ ข.1 โปรแกรมติดตั้ง SQL Server 2012

2) เลือก New SQL Server stand-alone installation or add features to an existing installation

รูปที่ ข.2 Installation

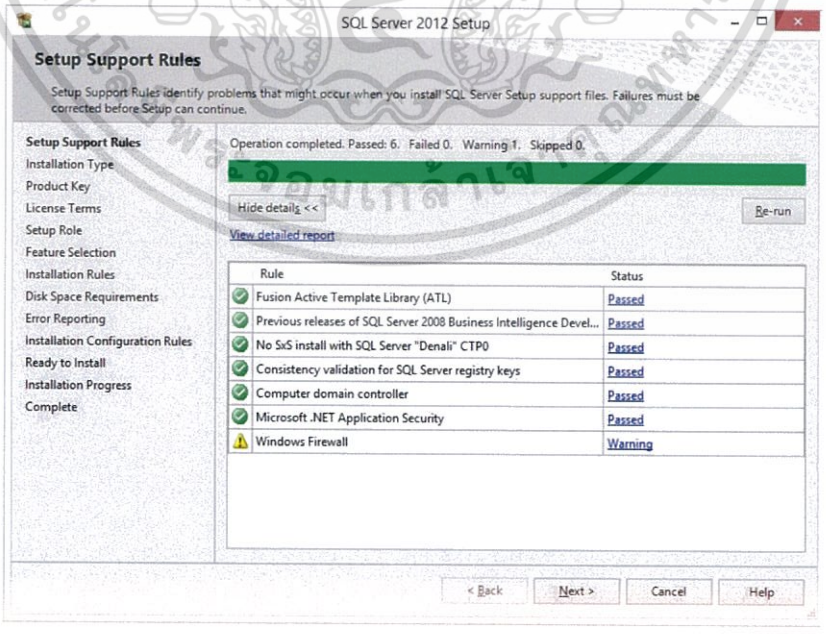
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) โปรแกรมจะตรวจสอบความพร้อมของเครื่องปัจจุบันว่ามีการติดตั้ง Software ที่จำเป็นจะต้องใช้ร่วมกับ SQL Server 2012 คลิก OK



รูปที่ ข.3 Setup Support Rules

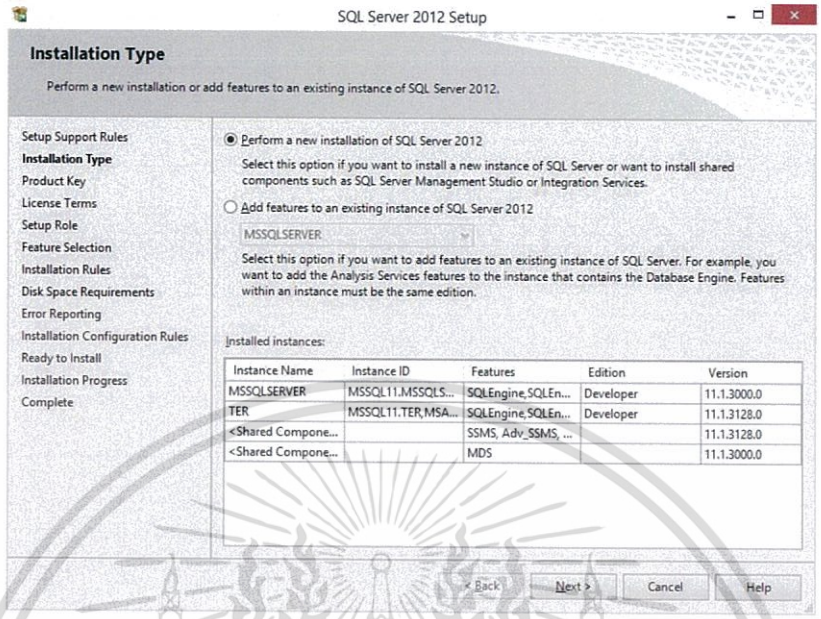
4) คลิก Next >



รูปที่ ข.4 Verify Setup Support Rules

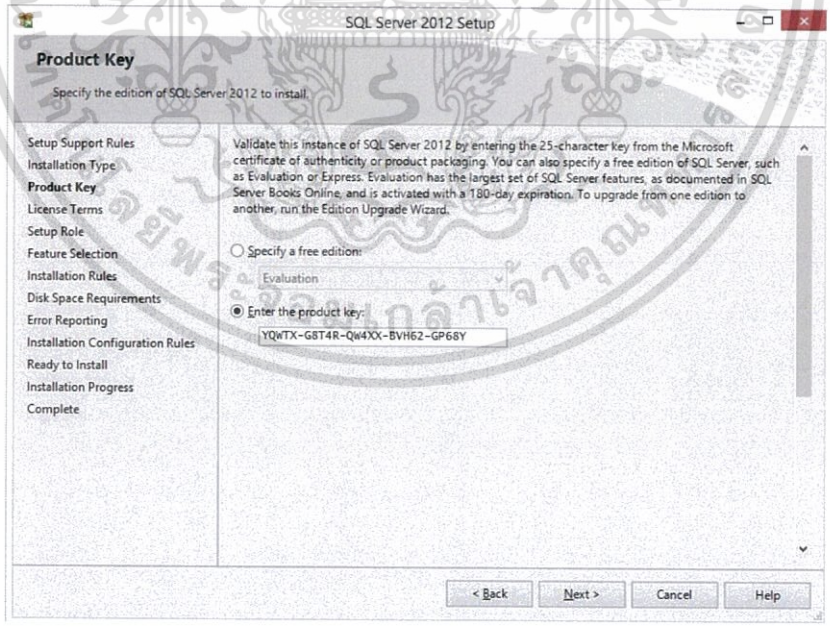
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เลือก Perform a new installation of SQL Server 2012 แล้วคลิก Next >



รูปที่ ข.5 Installation Type

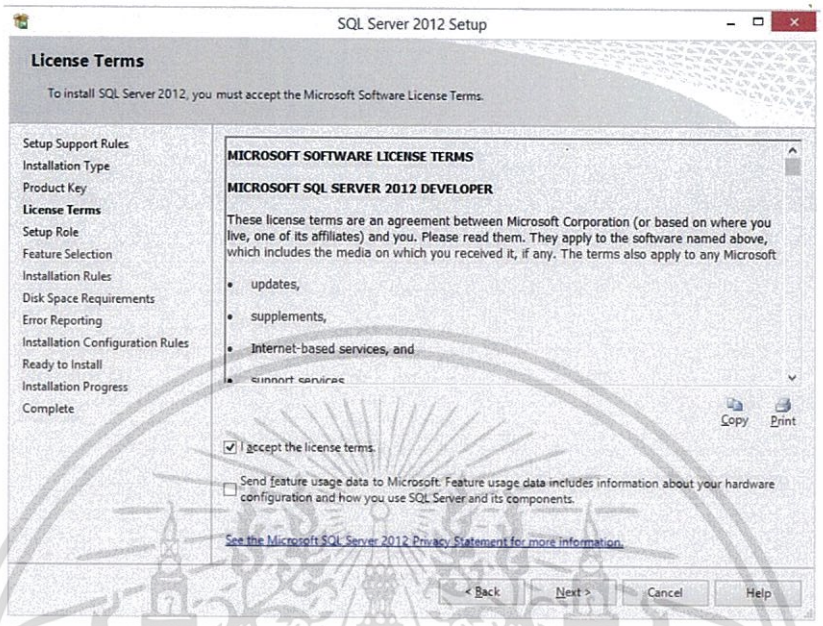
6) กรอก Product Key คือ YQWTX-G8T4R-QW4XX-BVH62-GP68Y



รูปที่ ข.6 Product Key

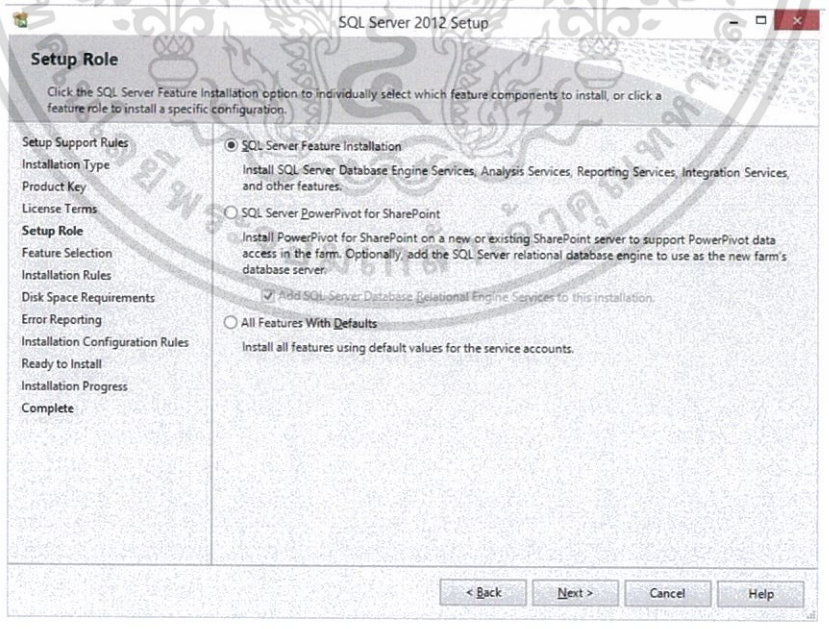
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) คลิกเลือก I accept the license terms.และคลิก Next > ตามลำดับ



รูปที่ ข.7 License Terms

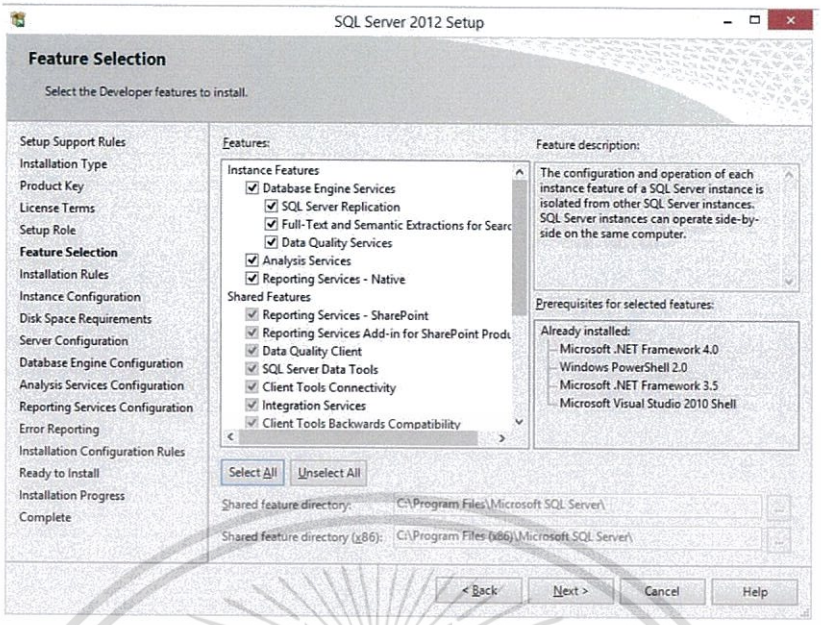
8) เลือก SQL Server Feature Installation จากนั้นคลิก Next > ตามลำดับ



รูปที่ ข.8 Setup Rules

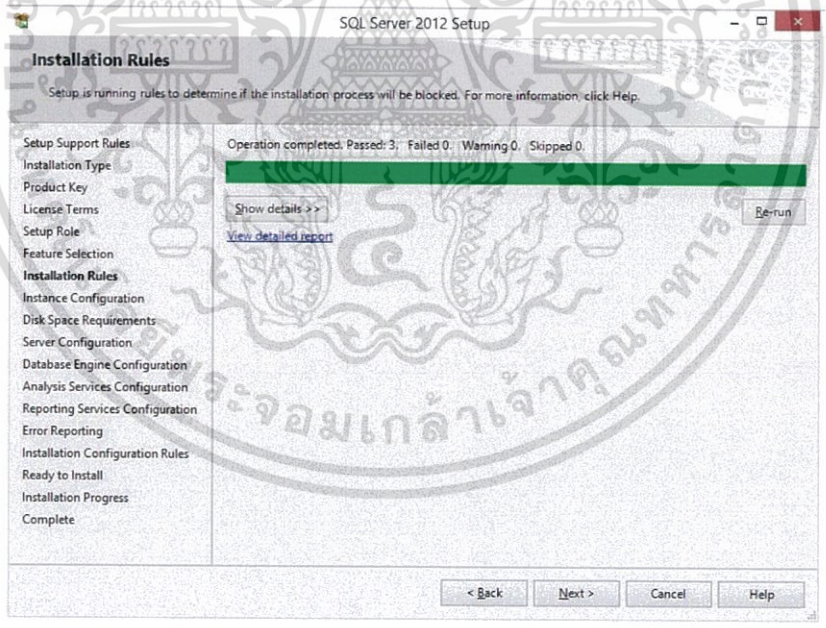
9) เลือก Select All จากนั้นคลิก Next > ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 Feature Selection

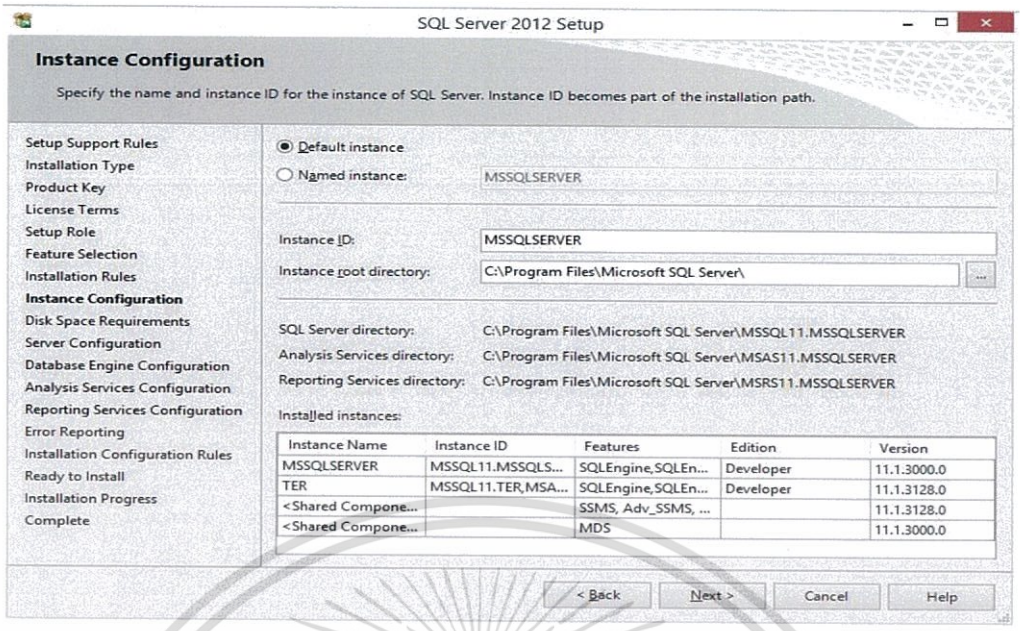
10) เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วให้คลิก Next >



รูปที่ ข.10 Installation Rules

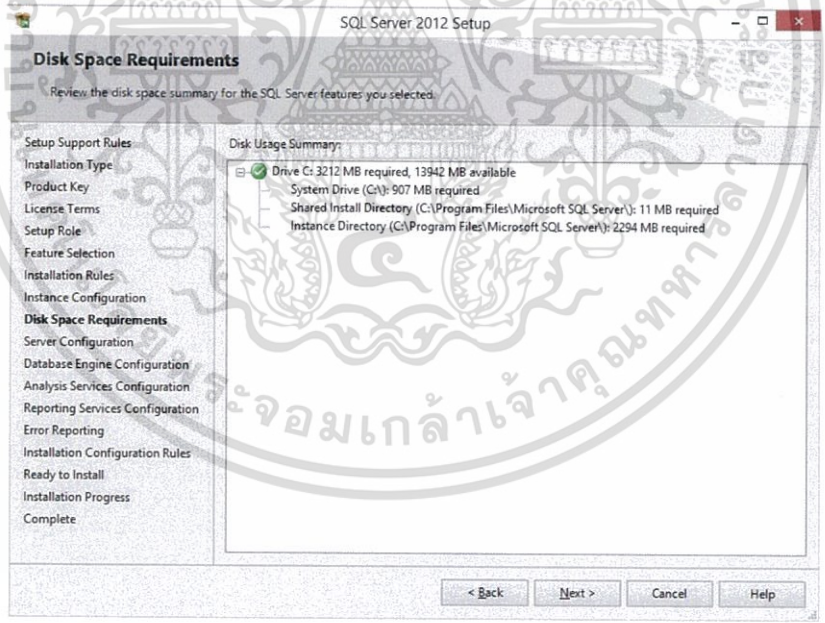
11) เลือก Default instance และคลิก Next > ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 Instance Configuration

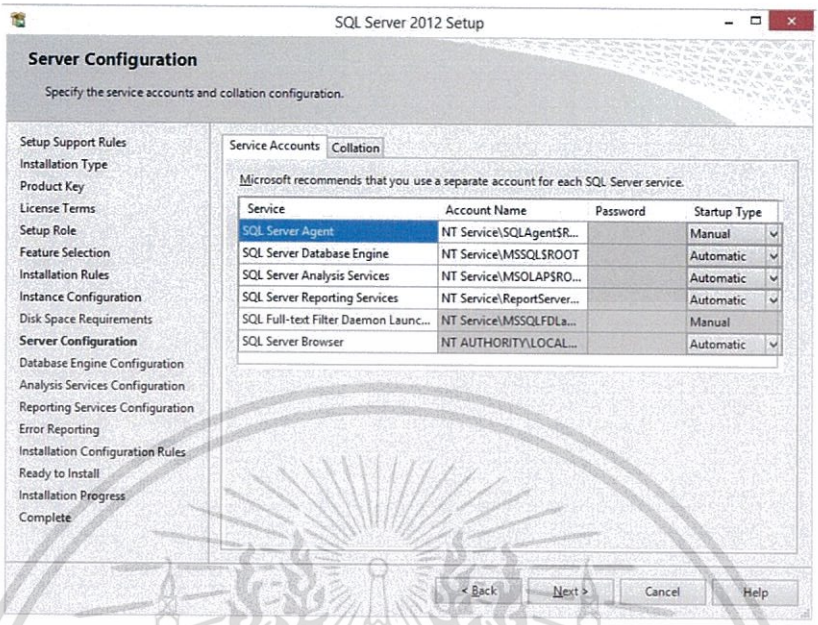
12) หน้านี้โปรแกรมแจ้งว่าต้องการพื้นที่ว่างใน Hard Disk 3212 MB คลิก Next >



รูปที่ ข.12 Disk Space Requirements

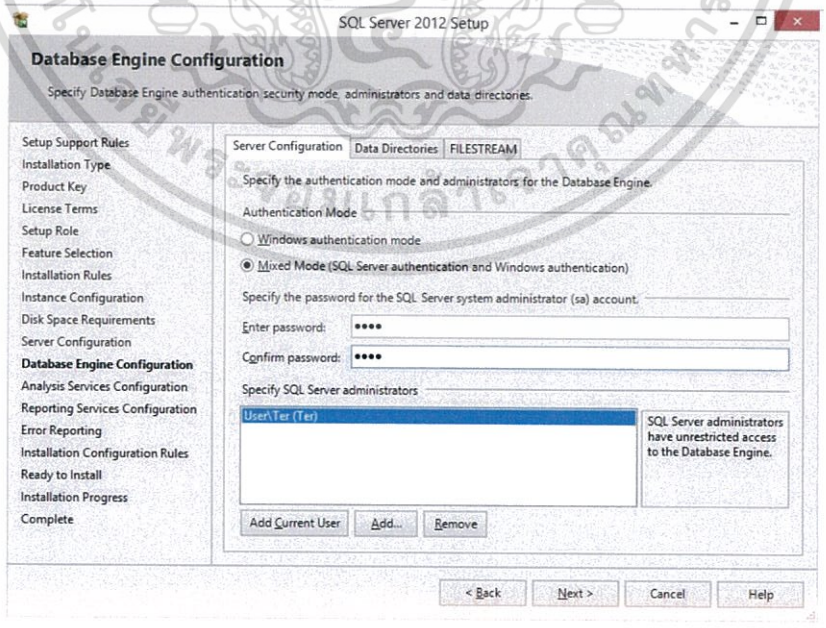
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) คลิก Next >



รูปที่ ข.13 Server Configuration

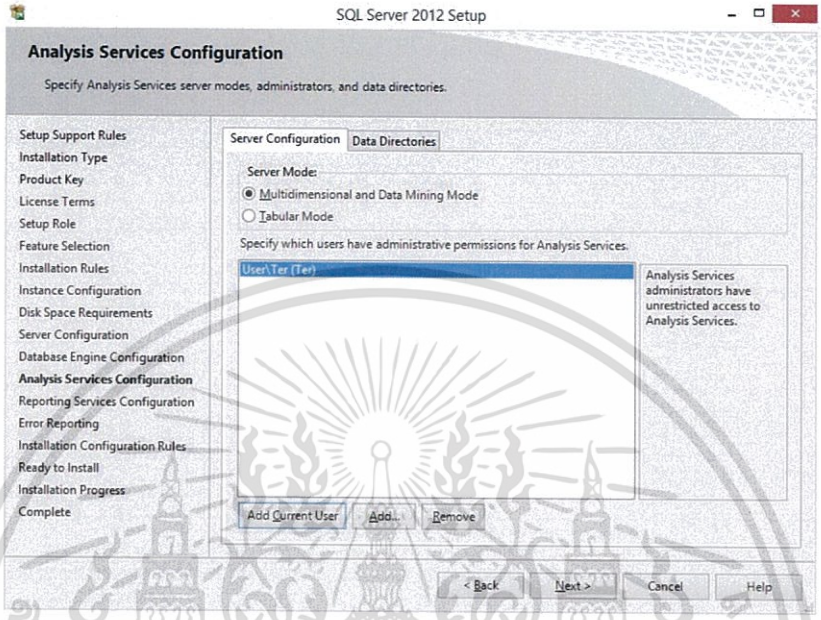
14) เลือกเป็น Mixed Mode (SQL Server authentication and Windows authentication) กำหนด Password สำหรับ user ที่ชื่อว่า sa จากนั้นคลิก Add Current User และคลิก Next > ตามลำดับ



รูปที่ ข.14 Database Engine Configuration

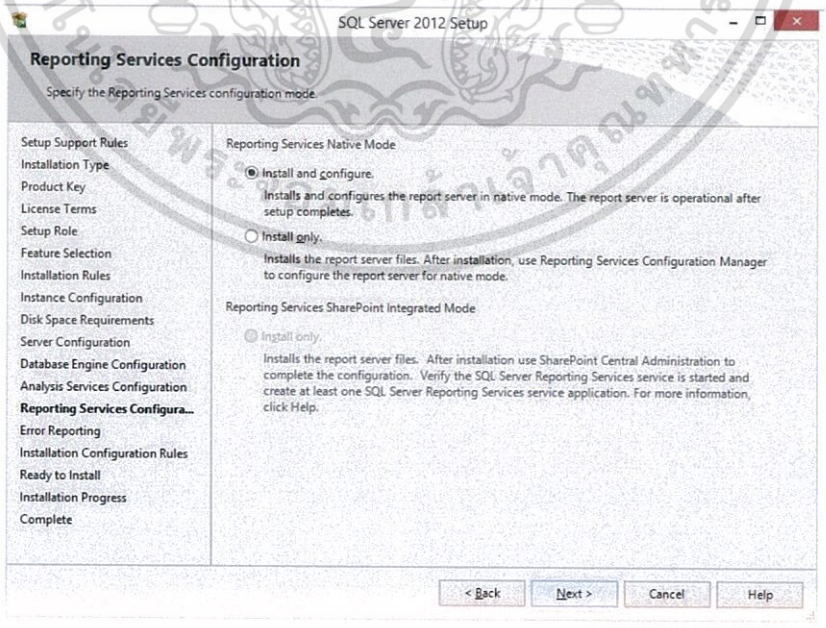
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) เลือก Multidimensional and Data Mining Mode จากนั้นคลิก Add Current User และคลิกNext > ตามลำดับ



รูปที่ ข.15 Analysis Services Configuration

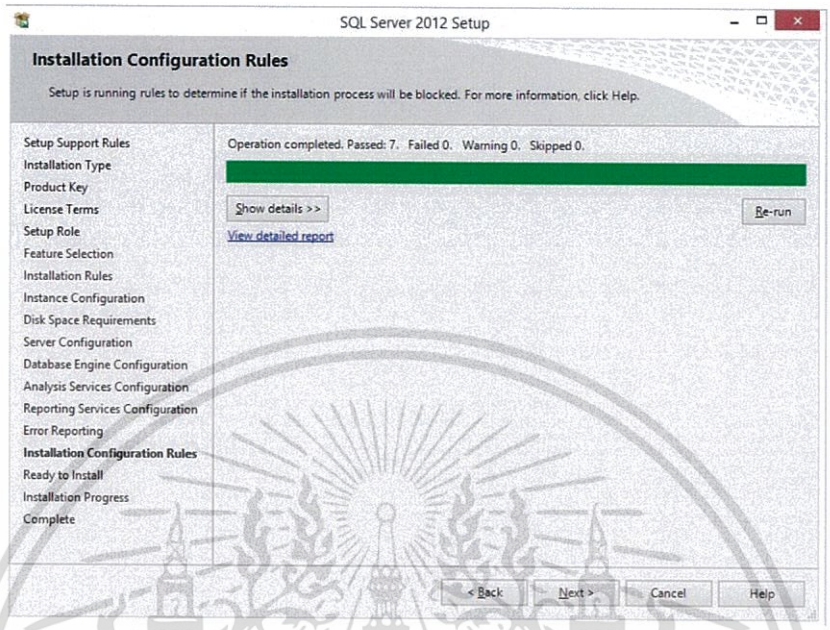
16) เลือก Install and configure จากนั้นคลิก Next > ตามลำดับ



รูปที่ ข.16 Reporting Service Configuration

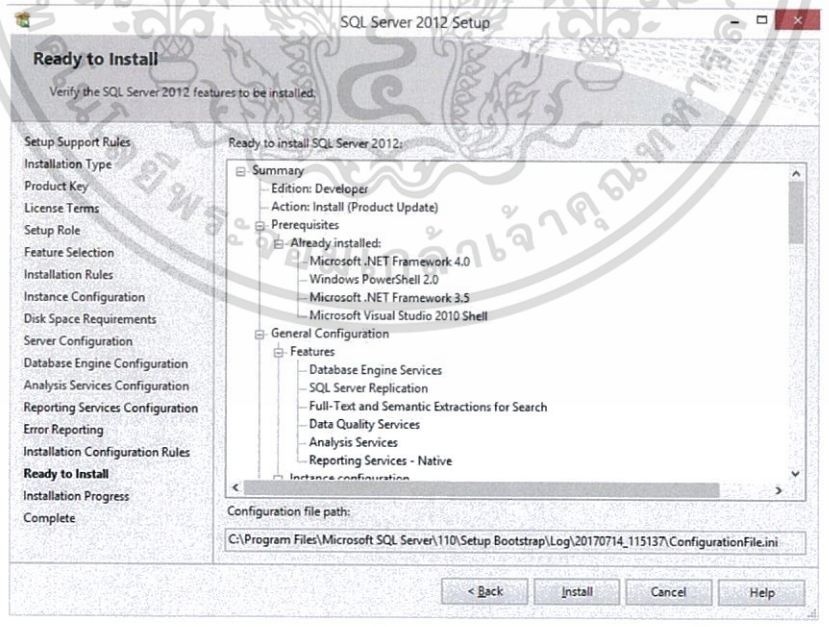
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) คลิก Next >



รูปที่ ข.17 Installation Configuration Rules

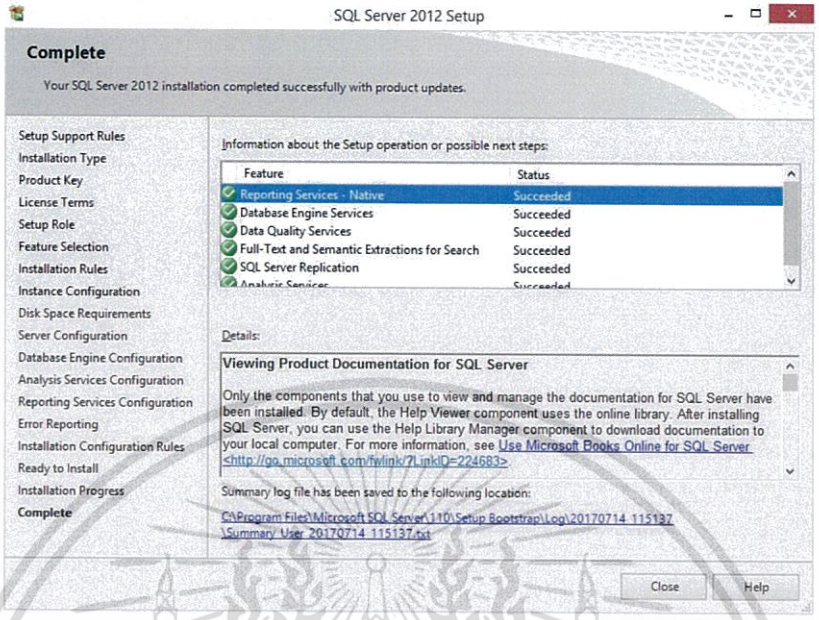
19) คลิก Install เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ข.18 Ready to Install

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20) โปรแกรมถูกติดตั้งเสร็จแล้ว ให้ทำการคลิกปุ่ม Close เพื่อปิดโปรแกรม



รูปที่ ข.19 Complete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017

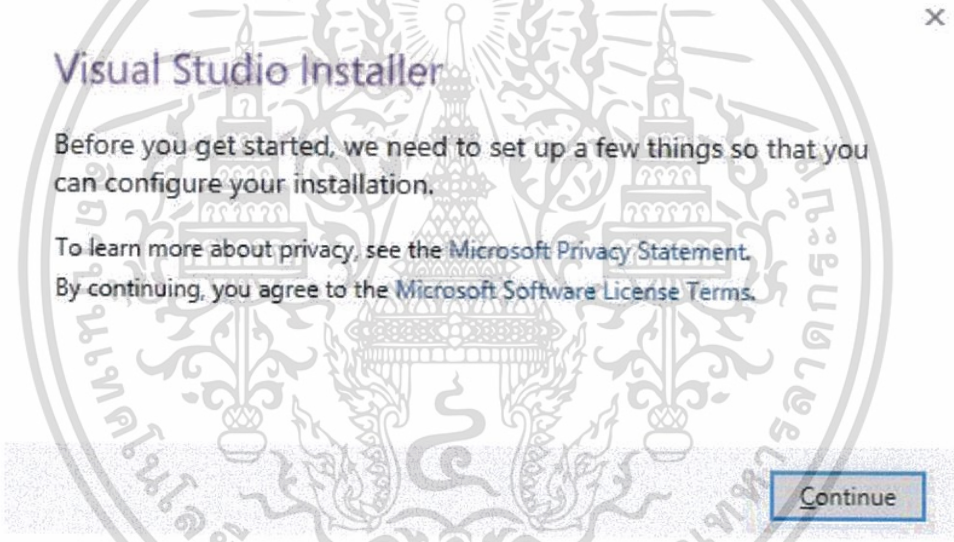
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017

1) ทำการดับเบิล คลิกที่ไฟล์ vs_community.exe เพื่อเริ่มทำการติดตั้ง

รูปที่ ค.1 ตัวติดตั้ง Microsoft Visual Studio 2017

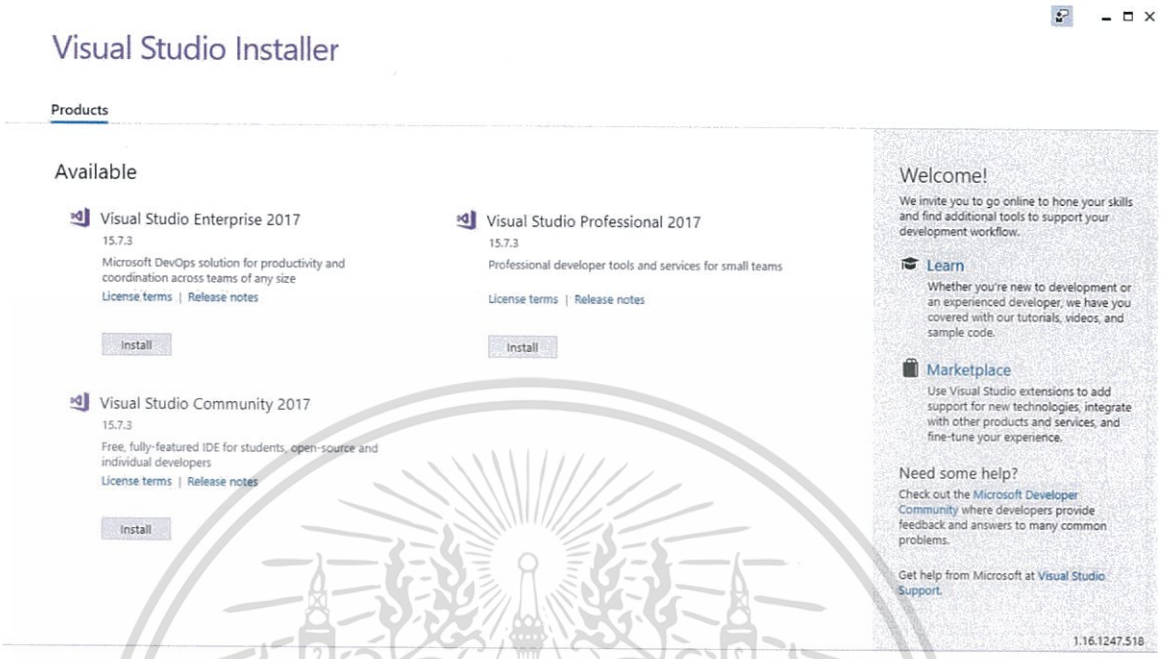
2) คลิก Continue



รูปที่ ค.2 หน้าต่างก่อนติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017

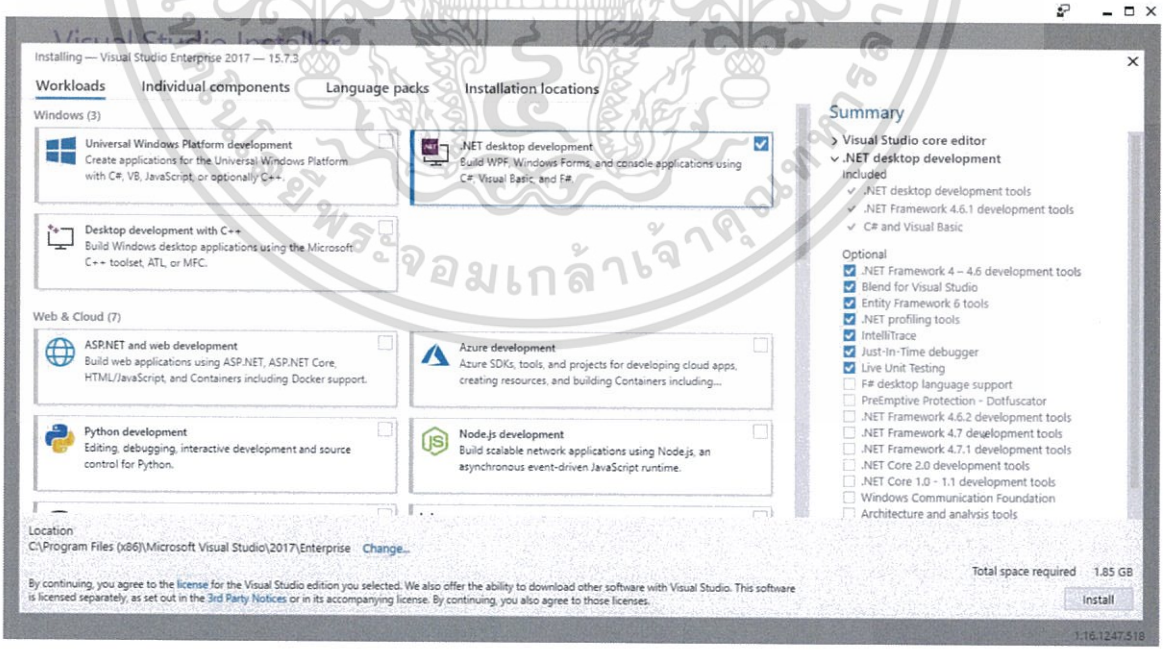
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คลิก Install ที่ Visual Studio Community 2017



รูปที่ ค.3 ประเภทของการติดตั้ง Visual Studio

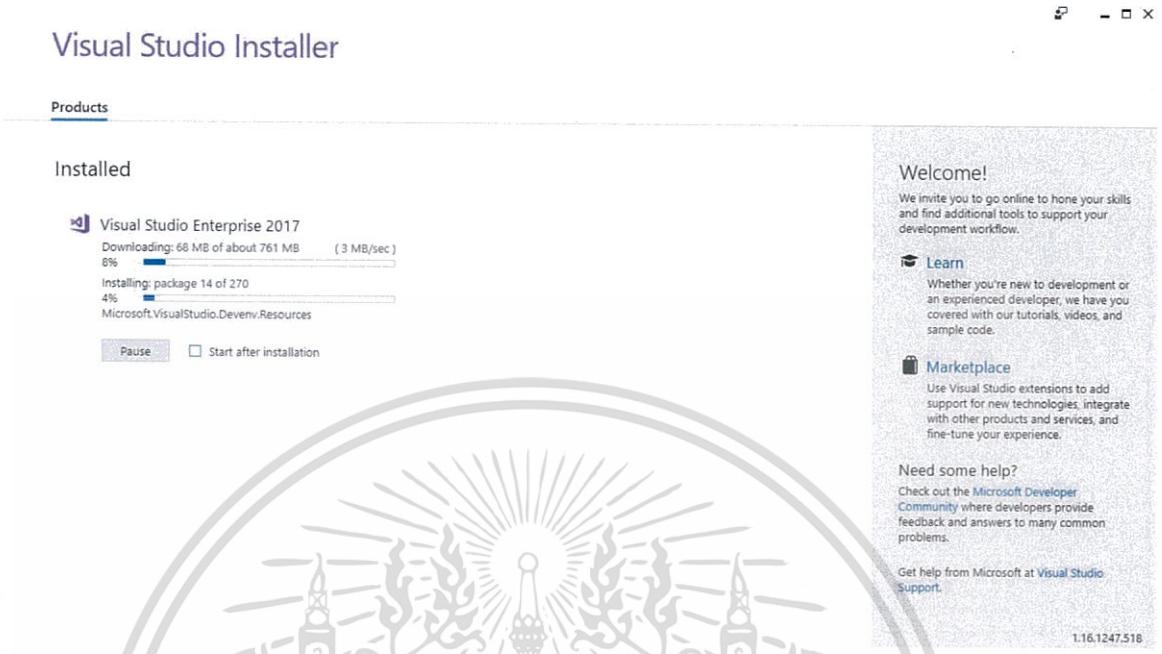
4) เลือก .NET desktop development แล้วคลิก Install



รูปที่ ค.4 ประเภทของการสร้างโปรแกรม

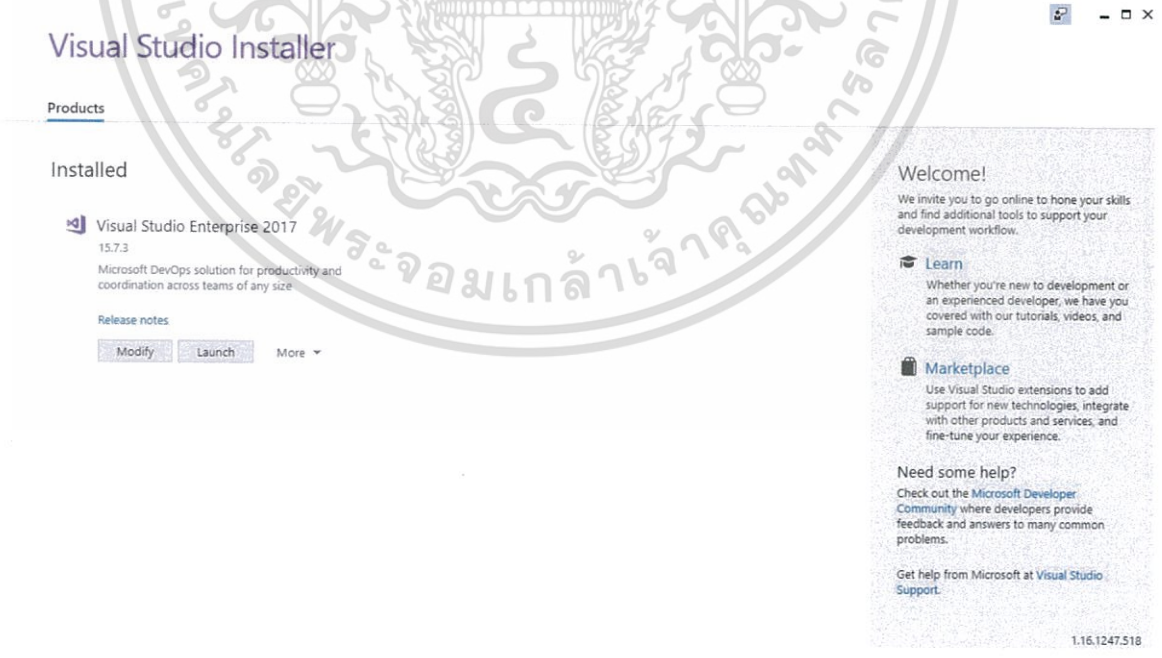
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) รอจนกว่าโปรแกรมจะ download และติดตั้งโปรแกรมเสร็จ



รูปที่ ค.5 หน้าต่างดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม

6) เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ค.6 ติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

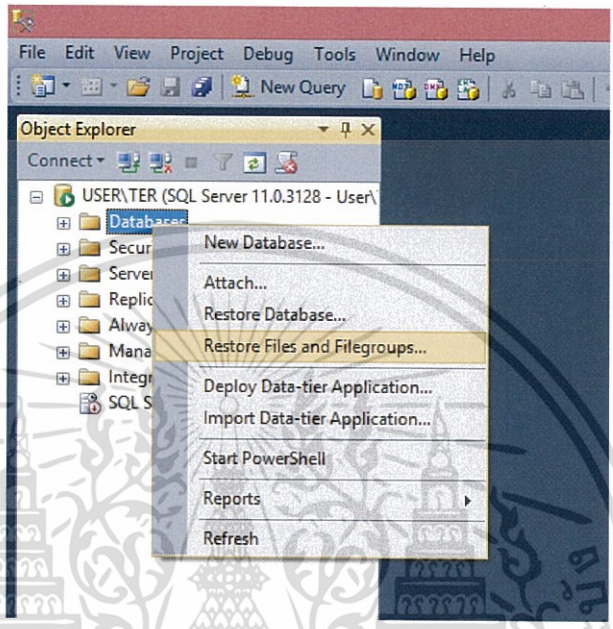
ภาคผนวก ง
ตัวอย่างการติดตั้งฐานข้อมูล Train Timetable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

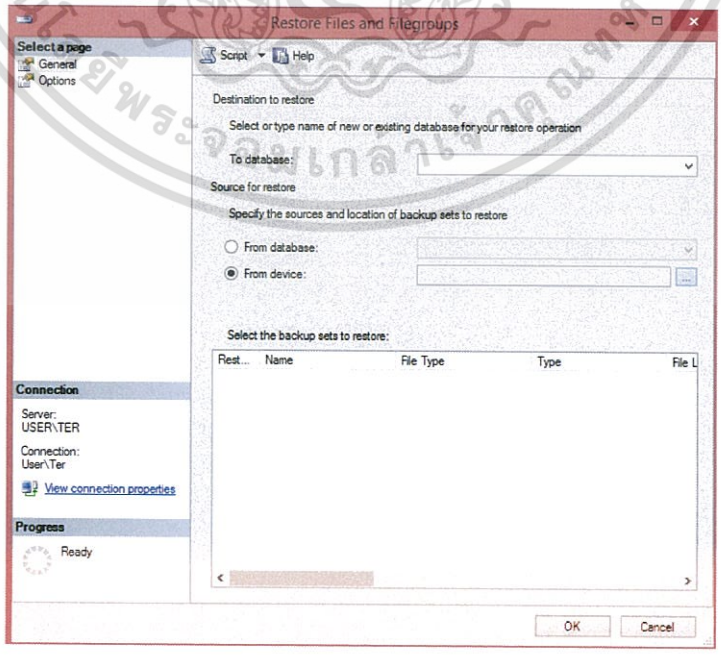
ตัวอย่างการติดตั้งฐานข้อมูล Train Timetable

1) ทำการคลิกขวาที่ Database เลือก Restore File and Filegroups



รูปที่ ง.1 Restore File and Filegroups

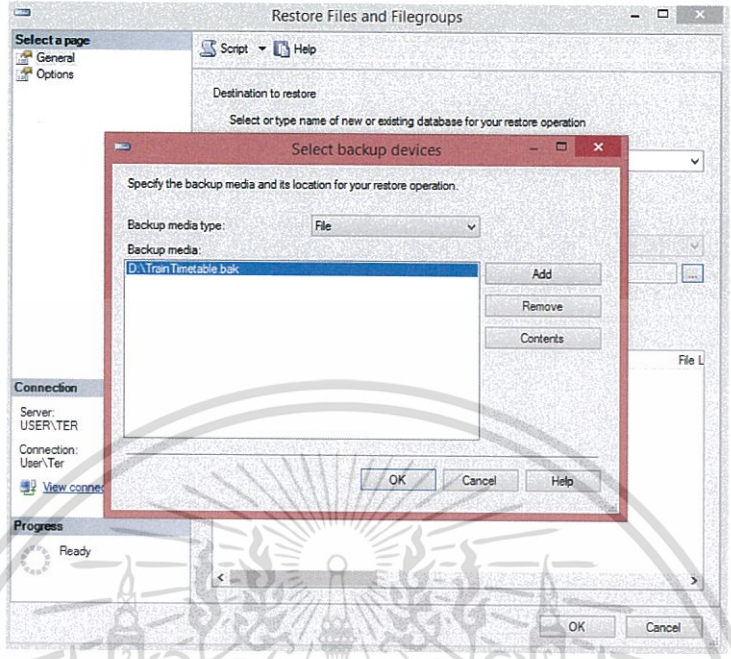
2) เลือก From device



รูปที่ ง.2 เลือกไฟล์จากเครื่อง

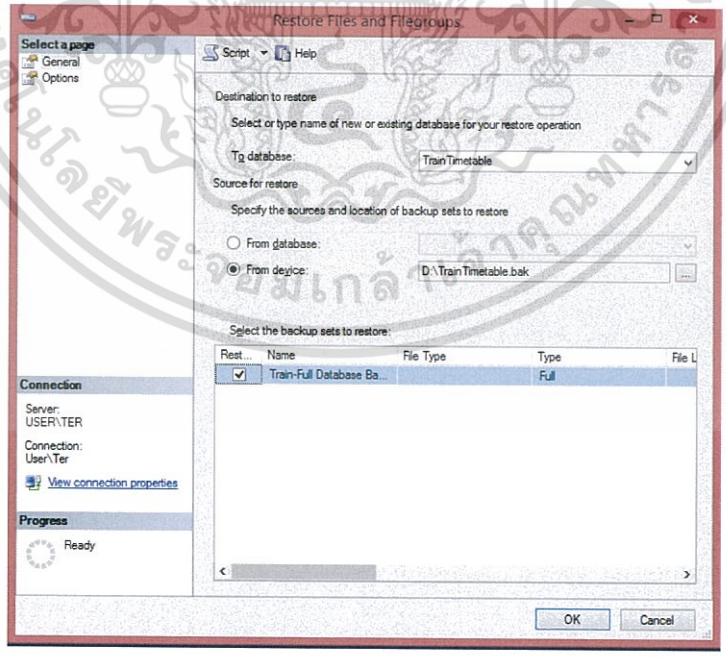
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คลิกที่ Add แล้วเลือกไฟล์ TrainTimetable.bak จากในซีดี จากนั้นคลิก OK



รูปที่ ง.3 select backup devices

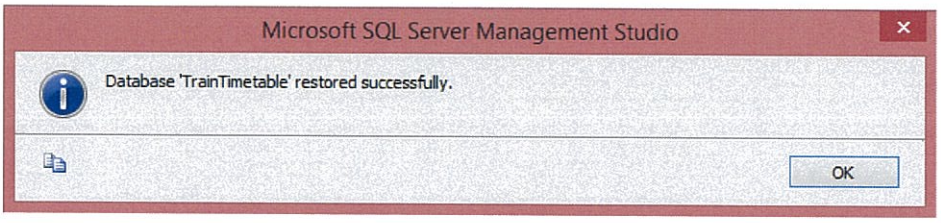
4) ให้ทำการพิมพ์ชื่อ TrainTimetable ในส่วนของ To database: แล้วคลิก OK



รูปที่ ง.4 กำหนดชื่อฐานข้อมูล

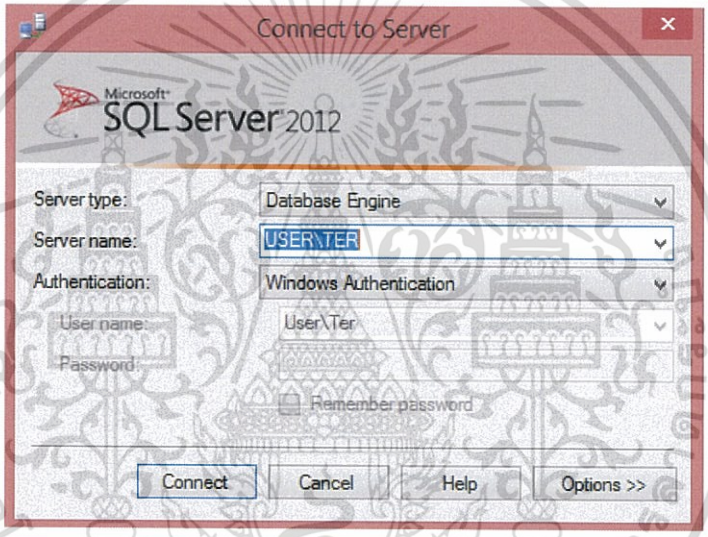
5) การลงฐานข้อมูลเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 การติดตั้งฐานข้อมูลเสร็จสิ้น

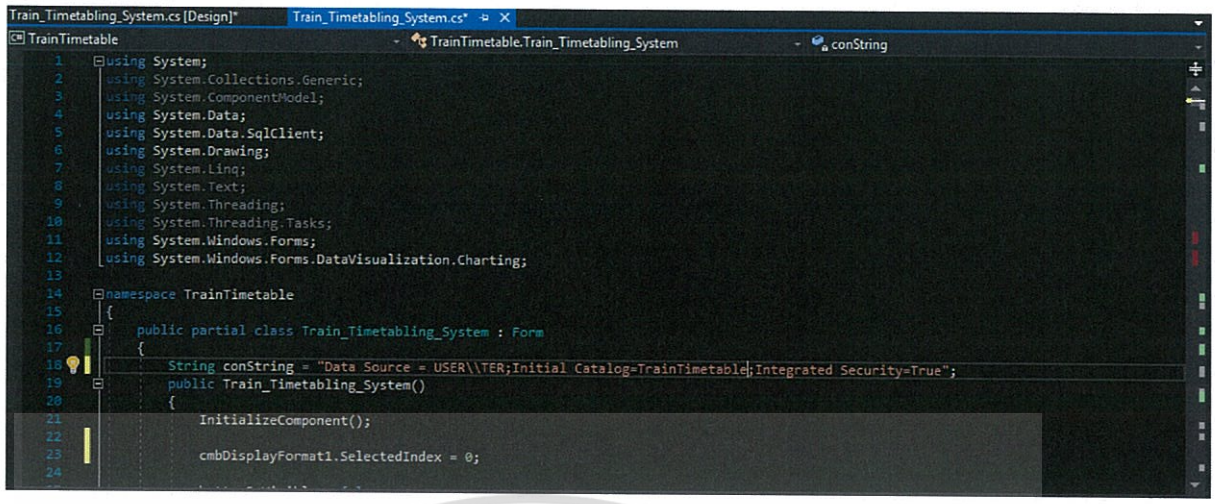
6) เมื่อสู่โปรแกรม SQL Server Management Studio จะมีต้องมีการล็อคอินเข้าสู่โปรแกรมโดยจะมีชื่อ Server name ปรากฏอยู่แล้วให้นำไปใช้ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรแกรมต่อไป



รูปที่ ง.6 Server name

7) การเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรแกรม TrainTimetable โดยให้ทำการเปลี่ยนชื่อ Server ของฐานข้อมูลจาก USER\\TER เป็น Server ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ของเครื่องแทนก็จะเสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.7 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลกับโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้