แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์
สำหรับระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร

COMPUTER SIMULATION MODEL FOR ELECTRIC CAR TRANSPORTATION SYSTEM IN NARESUAN UNIVERSITY

นายพีรพัฒน์ พุฒนาค รหัส 46370326

นายจักรกฤช ทองย้อย รหัส 46380250

ห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 01 มี.ค. 2555
เลขทะเบียน 15733947
เลขเรียกหนังสือ วส.
มหาวิทยาลัยนเรศวร W793 ป 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพีรพัฒน์ พุฒนาค	รหัส 46370326
	นายจักรกฤช ทองย้อย	รหัส 46380250
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์สิรภพ คชรัตน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2553	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สิรภพ คชรัตน์ .....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์สิรภพ คชรัตน์)

.....กรรมการ

(ดร.แคทรียา สุวรรณศรี)

.....กรรมการ

(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพีรพัฒน์ พุฒนาค	รหัส 46370326
	นายจักรกฤช ทองย้อย	รหัส 46380250
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์สิรภพ คชรัตน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2553	

.....

บทคัดย่อ

การเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการเป็นปัจจัยที่สำคัญในการบริหารจัดการองค์กรต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้บริการรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร

โครงงานนี้มีจุดประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในการออกแบบและวิเคราะห์กระบวนการต่างๆ ในการให้บริการรถไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งทางมหาวิทยาลัยได้มีนโยบายการนำรถไฟฟ้ามาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนิสิตและบุคลากรของมหาวิทยาลัย โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดมลภาวะและลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้น แต่เนื่องจากนิสิตมีจำนวนมากและช่วงเวลาที่ต้องการใช้รถไฟฟ้าก็มีความแตกต่างกันทำให้เกิดปัญหาบางช่วงเวลามีระยะเวลาในการรอรถไฟฟ้าค่อนข้างนาน

โครงงานนี้เป็นการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Arena V.7.01 มาเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างแบบจำลอง ซึ่งในการจัดทำได้เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้มาใช้บริการรถไฟฟ้าโดยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยอัตราการมาถึงของผู้ใช้บริการและสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะคล้ายกับระบบงานจริงเพื่อดูผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเวลารอคอยและจำนวนคนที่ต้องรอ ณ สถานีต่างๆ จากการประมวลผลของโปรแกรม

Project title	Computer Simulation Model For Electric Car Transportation System In Naresuan University
Name	Mr. Peeraphat Putnak ID. 46370326
	Mr. Jaggrich Tongyoi ID. 46380250
Project advisor	Mr. Sirapop Khotcharrat
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2010

.....

ABSTRACT

The service capability is an important factor in managing organizations, especially for the electric car transportation service in Naresuan University.

The main objective of this project is to apply the computer modeling to design and analyze the processes of the electric car transportation system in Naresuan University. The university has a policy to bring the electric cars to facilitate the students and staffs that aims to reduce pollution and accidents. Since there are a large number of students and the demands for the electric car transportation are vary over the day so they usually wait for the electric cars in a long time period.

This project is a development of a computer simulation model for the electric car transportation system in Naresuan University by applying Arena V.7.01 software to build the model. The outputs of the simulation model are the average waiting time and the number of people waiting at each station. The actual number of passengers who use the electric cars in each station over the day was collected and used as a standard input for the simulation model in order to make a comparison between the output from our model and the actual system.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานวิศวกรรมศาสตร์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์ จาก อาจารย์สิรภพ คชรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำแนะนำในการจัดทำโครงงาน อาจารย์ เศรษฐา ตั้งค้าวานิช ดร.แคทรียา สุวรรณศรี กรรมการสอบโครงงาน และ ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการสร้าง แบบจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์

โดยทุกท่านได้ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำงานทุกด้าน และชี้แนะแนวทางที่เป็น ประโยชน์อย่างสูงในการทำโครงงานครั้งนี้ จึงขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

นายพีรพัฒน์ พุฒนาค

นายจักรกฤช ทองย้อย

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ซ

บทที่ 1 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 แผนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 4
2.1 บทนำ 4
2.2 ระบบงาน (System) 4
2.3 แบบจำลอง (Model) 4
2.4 กระบวนการจำลองแบบปัญหา (Simulation Process) 8
2.5 แนวทางการสร้างแบบจำลอง 11
2.6 การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน 12
2.7 การสร้างแบบจำลอง 12
2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ 16
2.9 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 25

3.1 การตั้งปัญหาและการให้จำกัดความของระบบงาน 25

3.2 ข้อสมมติฐานของการสร้างแบบจำลอง 25

3.3 การจัดเตรียมข้อมูล 30

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง 31

3.5 แนวคิดในการออกแบบ GUI (Graphic User Interface) 48

3.6 การทำงานของ GUI (Graphic User Interface) 49

3.7 การแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของแบบจำลอง 52

บทที่ 4 54

4.1 การทดลองที่ 1 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้า 54

4.2 การทดลองที่ 2 เป็นการปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วรถไฟฟ้า 58

4.3 การทดลองที่ 3 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า 61

4.4การทดลองที่4 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา 65

บทที่ 5 69

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 69

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ 69

5.3 ปัญหาที่พบ 70

5.4 แนวทางการพัฒนา 70

เอกสารอ้างอิง 71

ภาคผนวก ก 72

ภาคผนวก ข 77

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 91

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน....13
ตารางที่ 3.1 ระยะทางระหว่างสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง....27
ตารางที่ 3.2 ระยะทางระหว่างสถานีรถไฟฟ้าสายสีเหลือง....29
ตารางที่ 4.1 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) รถไฟฟ้าสายสีแดง กรณีปรับจำนวนรถไฟฟ้า.....54
ตารางที่ 4.2 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) รถไฟฟ้าสีเหลือง กรณีปรับจำนวนรถไฟฟ้า.....55
ตารางที่ 4.3 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) รถไฟฟ้าสายสีแดง กรณีปรับอัตราความเร็วรถไฟฟ้า...58
ตารางที่ 4.4 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) รถไฟฟ้าสีเหลือง กรณีปรับอัตราความเร็วรถไฟฟ้า....59
ตารางที่ 4.5 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) รถไฟฟ้าสายสีแดง กรณีปรับจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า.....61
ตารางที่ 4.6 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) รถไฟฟ้าสายสีเหลือง กรณีปรับจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า...62
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยน...65
รถไฟฟ้าสายสีแดง
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time) ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยน...66
รถไฟฟ้าสายสีเหลือง

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 ระบบแถวคอย....21
รูปที่ 2.2 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียวและให้บริการ 1 ขั้นตอน....23
รูปที่ 2.3 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียวและให้บริการหลายขั้นตอน....23
รูปที่ 2.4 ระบบแถวคอยมีหลายช่องทางและให้บริการขั้นตอนเดียว....23
รูปที่ 2.5 ระบบแถวคอย 1 แถว และให้บริการหลายขั้นตอน....24
รูปที่ 2.6 ระบบแถวคอยหลายแถว และหน่วยให้บริการหลายหน่วย....24
รูปที่ 2.7 ระบบแถวคอยหลายแถว และการให้บริการหลายขั้นตอน....24
รูปที่ 3.1 เส้นทางการเดินรถไฟฟ้าสายสีแดงภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร....26
รูปที่ 3.2 เส้นทางการเดินรถไฟฟ้าสายสีเหลืองภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร....28
รูปที่ 3.3 แบบจำลองในส่วนการสร้างรถไฟฟ้าเข้ามาในระบบ....31
รูปที่ 3.4 หน้าต่าง Create Module ชื่อ Create RedVan....31
รูปที่ 3.5 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign RedVan Attribute....32
รูปที่ 3.6 หน้าต่าง Seize Module ชื่อ Seize the RedVan....33
รูปที่ 3.7 หน้าต่าง Delay Module ชื่อ DelayRed....33
รูปที่ 3.8 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign Starting Time of Red Driver....34
รูปที่ 3.9 แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome....35
รูปที่ 3.10 หน้าต่าง Station Module ชื่อ Nu Dome....36
รูปที่ 3.11 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ Decide 54....36
รูปที่ 3.12 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign Red....37
รูปที่ 3.13 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ Decide 15....37
รูปที่ 3.14 แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome กรณีไม่ใช่สถานีสุดท้าย....38
รูปที่ 3.15 หน้าต่าง Dropoff Module ชื่อ Dropoff 3....39
รูปที่ 3.16 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ CheckWaitingRedVan....39
รูปที่ 3.17 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assing 8....40
รูปที่ 3.18 หน้าต่าง Pickup Module ชื่อ PickupNuDome....40
รูปที่ 3.19 หน้าต่าง Delay Module ชื่อ DelaySeatTakeThisRound....41
รูปที่ 3.20 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ Decide 4....41

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 3.21 หน้าต่าง Request Module ชื่อ RequestVanToNuDome....42
รูปที่ 3.22 หน้าต่าง Transport Module ชื่อ TransportNuDome....42
รูปที่ 3.23 แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome กรณีเป็นสถานีสุดท้าย....43
รูปที่ 3.24 หน้าต่าง Dropoff Module ชื่อ Dropoff 4....43
รูปที่ 3.25 หน้าต่าง Release Module ชื่อ Release1....44
รูปที่ 3.26 หน้าต่าง Free Module ชื่อ Free7....44
รูปที่ 3.27 หน้าต่าง Record Module ชื่อ RecordTimeRedRun....45
รูปที่ 3.28 แบบจำลองในส่วนการสร้างผู้โดยสารเข้ามาในสถานีรับ-ส่ง....46
รูปที่ 3.29 หน้าต่าง Create Module ชื่อ Create Arrive Sci1....46
รูปที่ 3.30 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign 126....47
รูปที่ 3.31 หน้าต่าง Hold Module ชื่อ Waiting for the bus at Sci....47
รูปที่ 3.32 แผนผังการออกแบบ GUI (Graphic User Interface)....48
รูปที่ 3.33 หน้าหลักของโปรแกรม....49
รูปที่ 3.34 หน้าต่างของการกำหนดจำนวนรถ รอบเวลาปล่อยรถไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา....50
รูปที่ 3.35 หน้าต่างของอัตราการมาถึงของผู้โดยสาร....50
รูปที่ 3.36 หน้าต่างกำหนดระยะทางระหว่างสถานี....51
รูปที่ 3.37 อัตราการรอ (Waiting Time) ของแต่ละสถานีตลอดทั้งวัน....52
รูปที่ 3.38 จำนวนรอคอย (Number Waiting) ของแต่ละสถานีตลอดทั้งวัน....53
รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถไฟฟ้า กับเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้า....56
สายสีแดงที่สถานี QS
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถไฟฟ้า กับเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้า....57
สายสีเหลือง ที่สถานี QS
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรถไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการรอ....60
รถไฟฟ้าสายสีแดงที่สถานี QS
รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรถไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการรอ....60
รถไฟฟ้าสายสีเหลืองที่สถานี QS

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 4.5 กราฟความสำพันธ์ระหว่างจำนวนที่นั่ง และเวลาที่ใช้ในการรอ.....63
รถไฟฟ้าของสายแดงที่สถานีรถไฟฟ้า QS
รูปที่ 4.6 กราฟความสำพันธ์ระหว่างจำนวนที่นั่ง และเวลาที่ใช้ในการรอ.....64
รถไฟฟ้าของสายเหลืองที่สถานีรถไฟฟ้า QS
รูปที่ 4.7 ค่าเริ่มต้นของจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของสายสีแดง และสายสีเหลือง.....65
รูปที่ 4.8 ปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของรถไฟฟ้าสายสีแดง.....65
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) 66
ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีแดง
รูปที่ 4.10 ปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของรถไฟฟ้าสายสีเหลือง.....67
รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes).....68
ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การให้บริการรถไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยนเรศวรได้เปิดการดำเนินการมาช่วงหนึ่งโดยให้บริการกับนิสิตและบุคคลทั่วไปภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดมลภาวะและลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นกับนิสิตและผู้ใช้บริการ แต่เนื่องจากจำนวนนิสิตมีจำนวนมากและช่วงเวลาที่ต้องการใช้บริการรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งรีบ เช่น ช่วงเวลาเช้า 8.00-9.00 น. และช่วงเวลาในตอนเย็นคือเวลา 16.00 – 17.30 น. และในชั่วโมงเร่งรีบในช่วงเวลาก่อนการเข้าเรียนและหลังเลิกเรียน ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดปัญหาการใช้บริการรถไฟฟ้า ถึงแม้ว่าในช่วงเวลาเร่งรีบดังกล่าวนี้การออกให้บริการรถไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยนั้นจะออกให้บริการในทุกๆ 5 นาทีก็ตาม แต่เนื่องจากช่วงเวลาเร่งรีบดังกล่าวนั้นนิสิตที่ต้องเดินทางไปเรียนยังคณะต่างๆหรือการย้ายคาบเรียนระหว่างอาคารมีจำนวนมากเป็นสาเหตุให้การให้บริการรถไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้บริการและกลุ่มนิสิตที่เป็นผู้ใช้บริการดังกล่าวอาจจะต้องเสียเวลาในการรอรถไฟฟ้ามากจนเกินไป ซึ่งทำให้การเข้าเรียนของนิสิตไม่ตรงเวลา

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีความคิดที่จะนำแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มาใช้ทดสอบระบบการเดินรถไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความเข้าใจในพฤติกรรมของระบบและปรับปรุงให้ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงงาน

เพื่อสร้างโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) ของระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ขอบข่ายและข้อจำกัดโครงงาน

1.3.1 สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้นเพื่อทำการจำลองในกรณีต่างๆของการให้บริการรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยการใช้โปรแกรม Arena

1.3.2 แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้า, ปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่ง, ปรับเพิ่มหรือลดอัตราเร็วของการวิ่งรถไฟฟ้าและปรับเปลี่ยนอัตราการมาถึงของผู้ใช้บริการได้

1.3.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองได้แก่เวลารอคอยเฉลี่ยและจำนวนคนรอเฉลี่ยในแต่ละสถานี

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1.4.1 ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model)

1.4.2 กำหนดลักษณะของปัญหาว่ามีอะไรบ้าง

1.4.3 เก็บรวมรวมข้อมูล โดยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของระบบทั้งหมด

1.4.4 สร้างตัวแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมของระบบลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4.5 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ว่าโปรแกรมที่สร้างนั้นสามารถทำงานถูกต้องหรือไม่

1.4.6 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากแบบจำลอง

1.4.7 จัดทำเอกสารแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้โปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้น (Computer Simulation Model) ของระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการเดินรถไฟฟ้าต่อไปได้

1.5.2 ทราบค่าอัตราการรอคอยเฉลี่ยของผู้โดยสารในแต่ละสถานี (waiting time) จากการประมวลผลโปรแกรม

1.5.3 ทราบค่าจำนวนรอเฉลี่ยของผู้โดยสารในแต่ละสถานี (number waiting) จากการประมวลผลโปรแกรม

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี พ.ศ. 2553								ปี พ.ศ. 2554			
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาหลักการและทฤษฎี	←	—	—	→								
2. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม			←	—	→							
3. ทดสอบโปรแกรม				←	—	→						
4. ทำการปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม						←	—	→				
5. วิเคราะห์การทดสอบพร้อมทั้งสรุปผล									←	—	→	
6. จัดทำรูปเล่มโครงงาน										←	—	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 บทนำ

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ มาแต่โบราณ แต่ได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในสายอาชีพอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนั้น เป็นผลเนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

Shannon [6] ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองปัญหาว่า "เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานภายใต้ข้อกำหนดต่างๆที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้ แก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป"

จากคำจำกัดความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า กระบวนการของการจำลองแบบปัญหานั้นแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การสร้างแบบจำลองส่วนหนึ่งและการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้อาจเป็น หุ่น เป็นระบบ หรือแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องเหมือน (Identical) กับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริงเพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานจริง

ในการจำลองแบบปัญหาสามารถแยกประเภทแบบจำลองได้หลายแบบ สำหรับแบบจำลองที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาวะของระบบสามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆ คือ

1. Discrete Model : เป็นการเปลี่ยนสภาวะของระบบที่จุดหนึ่งๆของเวลา
2. Continuous Model : มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของระบบอย่างต่อเนื่อง
3. Combined Model : เป็นทั้งแบบ Discrete และ Continuous

2.2 ระบบงาน (System) [2]

กลไกสำคัญในการจำลองแบบปัญหาอยู่ที่แบบจำลอง การที่จะสามารถสร้างแบบจำลองที่นำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหาได้ ผู้สร้างต้องมีความเข้าใจในระบบงานจริงเป็นอย่างดี ความรู้ความเข้าใจระบบงานจริงเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างและใช้งานแบบจำลอง ผู้ที่ไม่มีความเข้าใจในระบบงานจริงจะไม่สามารถสร้างแบบจำลองซึ่งใช้แทนระบบงานนั้นๆได้

ระบบงาน หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Element) ที่มีความสัมพันธ์กันโดยที่ความหมายของระบบงานบอกเฉพาะลักษณะว่าระบบงานมีลักษณะอย่างไรโดยไม่ได้บอกรูปร่างหน้าตาที่แน่ชัด ดังนั้นเมื่อเวลาที่จะทำการศึกษาระบบงานใดระบบงานหนึ่ง จึงจำเป็นที่จะต้องบอกรูปร่างหน้าตาที่ชัดเจนของระบบงานที่กำลังศึกษา การบอกรูปร่างหน้าตาที่แน่ชัดของระบบงานมักจะบอกโดยการกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) ซึ่งก็คือ การกำหนดองค์ประกอบของงาน การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และการกำหนดองค์ประกอบอื่นๆที่อยู่นอกระบบแต่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ องค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่นอกระบบนี้เรียกโดยรวมว่าสิ่งแวดล้อมระบบงาน (System Environment) องค์ประกอบต่างๆทั้งภายในและภายนอกระบบงานจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านั้น ภายใต้เงื่อนไขบางประการจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน (System Status) ดังนั้นนอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้วยังต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบเหล่านั้น และการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงานอันเนื่องมาจากกิจกรรมขององค์ประกอบ

2.2.1 ประเภทของระบบงาน

การจำแนกประเภทของระบบงานอาจจำแนกได้หลายแบบแล้วแต่การนำไปใช้งาน ในการจำลองแบบปัญหา การจำแนกระบบงานเพื่อความสะดวกในการใช้งานนั้นมักจะจำแนกโดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ระบบต่อเนื่องหรือระบบเป็นช่วง (Continuous versus Discrete System) โดยพิจารณาจากพฤติกรรมในการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเทียบกับเวลา ถ้าการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเป็นการเปลี่ยนไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็จะเป็นระบบต่อเนื่อง แต่ถ้าการเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเกิดขึ้นที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ต่อเนื่อง ระบบงานนั้นก็เป็นระบบเป็นช่วง

2. ระบบตายตัวหรือระบบไม่แน่นอน (Discrete versus Stochastic System) ระบบตายตัว หมายถึงระบบซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพที่ระดับใหม่สามารถบอกได้จากสถานะภาพและกิจกรรมของระบบที่ระดับก่อน ส่วนระบบไม่แน่นอน หมายถึงระบบซึ่งการเปลี่ยนสถานะภาพเป็นแบบสุ่มและในบางกรณีก็สามารถหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของการเปลี่ยนสถานะ

2.3 แบบจำลอง (Model)

2.3.1 การใช้งานแบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึงตัวแทนวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แบบจำลองอาจนำไปใช้งานในลักษณะดังนี้

1. เป็นเครื่องมือช่วยคิด (An aid to thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมที่ต้องทำอะไรบ้างและทำอะไรก่อนอะไรหลัง

2. เป็นเครื่องมือสื่อความหมาย (An aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงานและช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบงาน

3. เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purposes of training and instruction) เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน จะช่วยให้นักบินทำความเข้าใจและความคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง

4. เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool of prediction) จากการที่แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ก็จะช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทำต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้น จะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบ

5. เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) โดยที่แบบจำลองเป็นสิ่งซึ่งสร้างขึ้นแทนระบบงานจริง ในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆ กับระบบงานจริงแต่ทำไม่ได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆ มาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆ ไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่

2.3.2 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา

ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา นอกจากจะสามารถจำแนกได้ตามประเภทของระบบงาน งานที่มันเป็นตัวแทนอยู่แล้ว ยังมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแบบจำลองซึ่งทำให้มันสามารถจำแนกประเภทออกไปตามคุณลักษณะพิเศษดังนี้

1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Model) เป็นแบบจำลองที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า อาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่งหรือทั้งสามมิติ ตัวอย่างของระบบแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ เครื่องยนต์ต้นแบบ (Prototype) ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริง แบบจำลองส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน เครื่องบินขนาดจำลองที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ แบบจำลองผังโรงงาน ฯลฯ

2. แบบจำลองอะนาลอก (Analog Model) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ อะนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมเคมี ซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าซึ่งแสดงบนแผงควบคุมบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆที่วัดค่าได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตกับจำนวนสินค้าที่ผลิต ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ขนาดความยาวของเส้นกราฟแสดงค่าของเงินหรือจำนวนสินค้า การใช้แผนภูมิการ

จัดองค์กร (Organization Charts) เป็นแบบจำลองที่ใช้สี่เหลี่ยมรูปกล่องและเส้นแสดงความสัมพันธ์และหน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรในระดับต่างๆ การใช้แผนภูมิการไหลของวัตถุดิบผ่านขบวนการผลิต ฯลฯ

3. เกมส์การบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ สงคราม การลงทุน ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลถ้ามีการตัดสินใจแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนที่จะมาเป็นคอมพิวเตอร์โปรแกรม แบบจำลองอาจอยู่ในรูปแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง เช่นใช้ X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิต

ในระบบงานจริงที่มีความยุ่งยากซับซ้อน แบบจำลองของระบบงานอาจใช้แบบจำลองหลายประเภทร่วมกัน

2.3.3 โครงสร้างของแบบจำลอง (Structure of Simulation Model)

1. องค์ประกอบ (Components) ในทุกระบบงานจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ ในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จะเป็นสำหรับการทำงานของระบบ

2. ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) พารามิเตอร์ คือค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้ อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรืออาจเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปรมีค่าได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งานจำแนกได้เป็นสองประเภทคือ ตัวแปรจากภายนอก (Exogeneous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variable) หมายถึงตัวแปรจากภายนอกระบบที่เข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบหรือเป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกระบบและตัวแปรภายใน (Endogeneous Variables) หมายถึงตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ตัวแปรภายในอาจอยู่ในลักษณะตัวแปรสถานะภาพ(Status Variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบ หรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก(Output Variables) ซึ่งก็คือผลที่ได้จากการใช้งานระบบในทางสถิติตัวแปรจากภายนอกคือตัวแปรอิสระ(Independent Vaviables) และตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม (Dependent Variables)

3. ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Function Relationships) คือฟังก์ชันที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ ฟังก์ชันความสัมพันธ์นี้อาจจะอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว

(Deterministic) ซึ่งเป็นลักษณะที่เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาได้ว่าผลลัพธ์จะเป็นเท่าไหร่แน่นอน(Stochastic) ซึ่งเมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชันไม่แน่ว่าจะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่าไหร่

4. ขอบข่ายจำกัด (Constraints) คือข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดเช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบ ข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติเช่น เราไม่อาจจำหน่ายสินค้าได้มากกว่าปริมาณที่ผลิตได้ ของไหลไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

5. ฟังก์ชันเป้าหมาย (Criterion Function) หมายถึงข้อความที่บอกเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของระบบงานและวิธีประเมินผลตามเป้าหมายวัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภทคือ การคงสภาพของระบบงาน(Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากรเช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสภานะของระบบเช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา(Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสถานะภาพของระบบเช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

2.4 กระบวนการจำลองแบบปัญหา (Simulation Process)

แม้ว่าการจำลองแบบปัญหาไม่จำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาเสมอไป แต่การใช้การจำลองแบบปัญหาในปัจจุบันมักใช้กับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจึงต้องอาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา

2.4.1 ขั้นตอนสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน(Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขตข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบ

2. การสร้างแบบจำลอง(Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3. การเตรียมข้อมูล(Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

4. การแปรรูปแบบจำลอง(Model Translation) แปลแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. การทดสอบความถูกต้อง(Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

6. การออกแบบการทดลอง(Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะหาผลลัพธ์ที่ต้องการ

7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง(Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลเพียงพอ(ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองเป็นเพียงแต่การบอกเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม กล่าวคือได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้

8. การดำเนินการทดลอง(Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

9. การตีความผลการทดลอง(Interpretation) จากผลการทดลองตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ไขปัญหาจะได้ผลอย่างไร

10. การนำไปใช้(Implementation) จากผลการทดลองเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน(Documentation) เป็นการบันทึกกิจกกรรมในการการจัดทำแบบจำลองโครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อผลประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ ฯลฯ

2.4.2 ข้อดีของการใช้การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหานั้นเป็นเครื่องมือซึ่งใช้บอกผลต่างๆ อันจะเกิดจากระบบงานภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ผลที่จะได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นอาจนำไปใช้งานได้โดยตรงหรืออาจต้องนำไปวิเคราะห์ต่อ การจำลองแบบปัญหานั้นเป็นวิธีการหนึ่งในหลายๆวิธีที่อาจใช้ช่วยแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้นเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นจึงต้องวิเคราะห์ปัญหานั้นๆ เสียก่อนว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ปัญหา เมื่อเป็นดังนี้จึงจำเป็นต้องทราบถึงข้อดีและข้อเสียของเครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจนั้นๆ เหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา โดยที่แบบจำลองนั้นเป็นตัวแทนของระบบงานจริง ในเมื่อมีระบบงานจริงอยู่แล้วทำไมจึงต้องสร้างแบบจำลองขึ้นใช้ทดลองแทน ทำไมจึงไม่ทดลองกับระบบงานจริง คำตอบอาจสรุปได้ดังนี้

1. เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงอาจก่อให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงานตามปกติ

2. เพราะว่าในการทดลองกับระบบงานจริงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลสมรรถนะของคนอาจได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากความสามารถในการปรับสมรรถนะของตนเองจำทำให้ได้ข้อมูลที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

3. เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมเงื่อนไขต่างๆ ของการทดลองให้คงที่ทำให้ผลการทดลองที่ได้แต่ละครั้งของการทดลองอาจไม่ใช่ผลที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขกลุ่มเดียวกัน

4. เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงอาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากจึงจะได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

5. เพราะว่าการทดลองกับระบบงานจริงอาจเป็นไปไม่ได้ที่จะทดลองกับเงื่อนไขทุกรูปแบบที่ต้องการจากอุปสรรคที่เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองกับระบบงานจริงได้จึงคิดที่จะใช้การทดลองแบบปัญหาในการช่วยแก้ไขปัญหา

2.4.3 ข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา

1. การที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองที่ดีนั้นต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากรวมทั้งต้องอาศัยความสามารถอย่างสูงของผู้ออกแบบจำลอง

2. แบบจำลองที่ได้ในบางครั้งดูเหมือนว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้แต่ในความเป็นจริงแบบจำลองนั้นอาจไม่ใช่ตัวแทนของระบบงานนั้นๆ และการที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นใช้ได้หรือไม่ก็ไม่ใช่เรื่องง่าย

3. ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้แม้จะทำการวัดความไวของข้อมูลเหล่านั้นก็ไม่สามารถทำให้ข้อเสียข้อนี้หายไปได้

4. เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้นโดยปกติจะเป็นตัวเลขซึ่งก่อให้เกิดปัญหาว่าผู้สร้างแบบจำลองอาจให้ความสำคัญกับตัวเลขเหล่านั้นมากเกินไปและพยายามที่จะทดสอบความถูกต้องของตัวเลขแทนที่จะทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทำให้แบบจำลองที่ได้อาจไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

2.4.4 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์(Computer Simulation)

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองก่อนที่จะมาอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้อาจอยู่ในรูปแบบของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดดังที่กล่าวมาแล้ว โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการใช้แบบจำลองแบบปัญหาเพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง ในสหรัฐอเมริกาจัดการจำลองปัญหาเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการนำไปใช้มากที่สุดและได้นำไปใช้งานต่างๆ มากกว่า 70% สาขาอาชีพและเมื่อมีผู้กล่าวถึงการจำลองแบบปัญหาทุกคนก็มักจะนึกถึงเข้าใจว่าเป็นการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เสมอ

ดังนั้นหลักการและวิธีการต่างๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปจึงเป็นหลักการและวิธีการที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะเป็นหลักการแบบเดียวกับที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาอื่นๆ ความจำเป็นที่จะสร้างเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์หรือไม่ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากในการคำนวณของปัญหานั้นๆ

โดยที่การจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณมีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลองและโดยปกติข้อมูลต่างๆในระบบงานจะเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนและมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ รวมทั้งขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆทางสถิติเข้าช่วย

2.5 แนวทางการสร้างแบบจำลอง

การออกแบบและสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหาไม่มีทฤษฎี หลักเกณฑ์ หรือสูตรที่แน่นอนตายตัว การออกแบบจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในการสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะของโครงสร้างของระบบงานให้อยู่ในลักษณะแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง นักจำลองแบบปัญหามักจะมีศิลปะเฉพาะตัวซึ่งได้จากประสบการณ์ในการใช้งานการจำลองปัญหาในการออกแบบและสร้างแบบจำลอง เพื่อเป็นการช่วยจัดลำดับความคิดและการทำความเข้าใจกับระบบงานจริงและเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลองอย่างเป็นระเบียบระบบได้มีผู้เสนอแนะขั้นตอนต่างๆ ที่อาจใช้ช่วยเป็นแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลองขั้นตอนต่างๆที่กล่าวถึงนั้นประกอบไปด้วย

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน
2. การสร้างแบบจำลอง
3. การจัดเตรียมข้อมูล
4. การแปรรูปแบบจำลอง
5. การทดสอบความถูกต้อง
6. การออกแบบการทดลอง
7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง
8. การดำเนินการทดลอง
9. การตีความผลการทดลอง
10. การนำไปใช้
11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน

ขั้นตอนต่างๆตั้งแต่ 1 ถึง 11 ไม่จำเป็นที่จะต้องทำตามลำดับเพราะในระหว่างการดำเนินการสร้างแบบจำลองนั้นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบ่อยๆ จึงอาจมีการย้อนกลับไปทำขั้นตอนแรกๆใหม่และส่วนใหญ่การตั้งปัญหาการให้คำจำกัดความของระบบงาน การสร้างแบบจำลองและการจัดเตรียมข้อมูลมักจะกระทำไปพร้อมๆกัน ดังนั้นขั้นตอนต่างๆที่กล่าวถึงจึงเป็นเสมือนแนวทางสำหรับตรวจสอบว่าได้มีการกระทำตามขั้นตอนที่จำเป็นหรือไม่มากกว่าจะเป็นกฎข้อบังคับที่ต้องกระทำโดยลำดับ

2.6 การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน

ความสำเร็จในการตั้งปัญหาเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบและสร้างแบบจำลอง เพราะคำตอบที่ถูกสำหรับปัญหาที่ผิดย่อมไม่มีประโยชน์จึงเป็นธรรมดาที่ระหว่างการออกแบบและสร้างแบบจำลองเราอาจจะต้องกลับไปตั้งปัญหาใหม่แทนปัญหาเดิมซึ่งอาจไม่ใช่ปัญหา

ขั้นตอนแรกในการตั้งปัญหาคือ การระบุหรือกำหนดวัตถุประสงค์(Purposes) ของการศึกษาหรือสิ่งที่ผู้วิเคราะห์ต้องการจะบรรลุโดยที่ระบบงานจริงนั้นเราอาจสร้างแบบจำลองได้หลายแบบแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลองนั้น ตัวอย่างเช่นในการศึกษาระบบร้านตัดผมถ้าวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นไปเพื่อวัดผลการให้บริการเช่น ระยะเวลาการเข้ามาในร้านของลูกค้า เวลาที่ช่างตัดผมใช้ในการบริการเป็นต้น แต่ถ้าวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นไปเพื่อการใช้พื้นที่ประกอบการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดองค์ประกอบในแบบจำลองก็จะประกอบด้วย ขนาดของพื้นที่ที่ร้าน ขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ ขนาดของพื้นที่ที่พอเหมาะสำหรับการทำงานของช่างเป็นต้น จึงเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์ของการศึกษาจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งเพราะนอกจากจะเป็นเครื่องชี้บอกความต้องการของการจำลองแบบปัญหาแล้วยังเป็นเครื่องชี้บอกผู้สร้างแบบจำลองว่าจะต้องมีองค์ประกอบสำคัญๆอะไรบ้าง

2.7 การสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาระบบงานนอกจากจะได้ปัญหาและวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาแล้วอาจจะได้มาซึ่งแบบจำลองของระบบงานที่สามารถนำไปใช้งานได้เลย แต่ถ้าแบบจำลองที่ได้ยุ่งยากเกินกว่าจะนำไปใช้งานก็จำเป็นต้องปรับแต่งให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้งานได้

ความเหมือนระหว่างแบบจำลองกับระบบงานจริงมีสองประเภทคือ "Isomorphic" และ "Homomorphic" ความเหมือนในลักษณะ Isomorphic คือแบบจำลองเหมือนกับระบบงานจริงทุกประการ การที่แบบจำลองจะมีลักษณะที่เหมือนกับระบบงานจริงทุกประการนั้น มีเงื่อนไขสองประการคือ ทุกๆองค์ประกอบของระบบงานจริงจะต้องมีองค์ประกอบที่เหมือนกันในแบบจำลองและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบงานจริงจะต้องมีองค์ประกอบที่เหมือนกันใน

แบบจำลอง และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในแบบจำลองต้องเหมือนกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบงานจริง ส่วนลักษณะ "Homomorphic" เราจะทำการแบ่งระบบงานออกเป็นระบบย่อยๆ แล้วทำการศึกษาระบบย่อยเหล่านั้นก่อน โดยถือว่าแต่ละระบบย่อยเป็นอิสระต่อกัน

นอกจากการช่วยให้การสร้างแบบจำลองง่ายขึ้นโดยการแบ่งระบบงานออกเป็นระบบงานย่อยแล้ว การสร้างแบบจำลองนั้นเรามักจะเริ่มต้นจากแบบจำลองง่ายๆ ซึ่งอาจเป็นแบบจำลองของเฉพาะบางส่วนของระบบ จากนั้นก็จะเพิ่มเติมองค์ประกอบต่างๆ ที่จำเป็นจะทำให้แบบจำลองสามารถประพฤติตนได้เหมือนกับระบบงานตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ นอกจากนั้นยังมีวิธีการที่จะช่วยให้ได้แบบจำลองซึ่งอาจใช้เป็นแบบจำลองเริ่มต้นสำหรับการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไปคือ

1. เปลี่ยนตัวแปรให้เป็นค่าคงที่
2. ลดหรือรวมตัวแปร
3. สมมติความเป็นเชิงเส้น(Linearity)
4. ใส่สมมติฐานหรือข้อจำกัด
5. เขียนขอบเขตของระบบงานให้เด่นชัด

หลังจากที่ได้แบบจำลองเริ่มต้นแล้วก็จะทำการทดสอบการทำงานและผลที่ได้จากแบบจำลองว่าใกล้เคียงกับระบบงานจริงหรือไม่ ถ้าไม่ควรจะเพิ่มเติมองค์ประกอบอะไรเข้าไปหรือลดความจำกัดและสมมติฐานหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะของตัวแปรหรือความสัมพันธ์ต่างๆให้เหมาะสมกับสภาพจริงของระบบงาน เมื่อมีการเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในแบบจำลองเราก็จะได้แบบจำลองใหม่ซึ่งจะต้องนำไปทำการทดสอบเปรียบเทียบกับระบบงานจริงแล้วนำกลับมาเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆจนได้แบบจำลองที่แน่ใจว่าทำงานได้เหมือนกับระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง

อีกวิธีหนึ่งซึ่งใช้ในการสร้างแบบจำลองก็คือการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้างในระบบงานจริงที่มีผลต่อวัตถุประสงค์ หลังจากที่ได้รายชื่อขององค์ประกอบเหล่านั้นเราก็จะมาพิจารณาว่าควรจะมีองค์ประกอบอะไรบ้างอยู่ในแบบจำลอง เช่นเดียวกับวิธีข้างต้น การสร้างแบบจำลองไม่จำเป็นต้องทำครั้งเดียวเราอาจต้องมีการใส่องค์ประกอบเพิ่มเติมหรือนำองค์ประกอบออกจากแบบจำลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองก็จะต้องทำการทดสอบเปรียบเทียบกับระบบงานจริงจนกว่าจะได้ผลที่น่าพอใจ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการสร้างแบบจำลองนั้นเป็นศิลปะเฉพาะตัวและไม่มีสูตรสำเร็จที่จะใช้ความถูกต้องของแบบจำลองนั้นจึงขึ้นอยู่กับความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษาและความสามารถในการถ่ายทอดระบบงานมาเป็นแบบจำลอง หลังจากที่ได้แบบจำลองแล้ว ปัญหาที่ยังจะตามมาเมื่อจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณก็คือ การที่จะต้องแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ซึ่งจะต้องสามารถใช้ค่าเชิงปริมาณแทนพฤติกรรมขององค์ประกอบ

เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ที่ต้องการ ดังนั้นองค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองจะต้องอยู่ในรูปแบบของตัวแปร พารามิเตอร์และฟังก์ชัน ความถูกต้องของการใช้ค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในการทำงานขององค์ประกอบ ความเชื่อถือได้ของข้อมูลและวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.7.1 การจัดเตรียมข้อมูล

นอกจากการใช้ข้อมูลสำหรับการศึกษาระบบงานแล้ว ข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบงานยังมีความจำเป็นสำหรับ

1. การประมาณค่าคงที่และพารามิเตอร์
2. การหาค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่างๆ
3. การใช้ในการทดสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา

ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานั้นมาจากแหล่งข้อมูลสองแหล่งคือ

- แหล่งข้อมูลภายในระบบ
- แหล่งข้อมูลภายนอกระบบ

ข้อมูลต่างๆที่ได้มาไม่ว่าจะมาจากเอกสาร จากการทดลองหรือจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีใดเมื่อจะนำไปใช้ก็จำเป็นต้องจัดเตรียมให้อยู่ในรูปที่จะนำมาใช้งานได้ โดยที่องค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่จะนำไปใช้คำนวณได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปเชิงปริมาณซึ่งค่าเชิงปริมาณนี้ได้มาจากข้อมูล การจัดเตรียมข้อมูลเชิงปริมาณนี้อาศัยเทคนิคทางสถิติในการจำลองแบบปัญหา บางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้ค่าเชิงปริมาณบางตัวซึ่งไม่มีข้อมูลในอดีตให้ใช้ในการวิเคราะห์ การหาค่าเชิงปริมาณดังกล่าวอาจกระทำได้โดยกรขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในหลายๆกรณีจะเป็นการดีกว่าถ้าสามารถขอตัวเลขจากผู้เชี่ยวชาญหลายๆคนแทนที่จะเป็นคนเดียว

2.7.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นกระบวนการในการสร้างความมั่นใจให้กับผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นควรจะเป็นผลที่ถูกต้องนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง การทดสอบความถูกต้องนั้นไม่มีวิธีการทดสอบที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องของระบบงานหรือไม่ ความถูกต้องของแบบจำลองในที่นี้คือความมั่นใจว่ามันเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องใช้งานได้ ความมั่นใจดังกล่าวจะได้มาก็โดยความเข้าใจในระบบงาน ความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบพฤติกรรมต่างๆขององค์ประกอบและค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ต่างๆ การทดสอบพฤติกรรมที่ได้มาจากแบบจำลองเทียบกับพฤติกรรมขององค์ประกอบของระบบงานจริง กรรมวิธีที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้กันอยู่ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนคือ

1. การพิสูจน์ยืนยัน(Verification) เป็นการทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมอย่างที่ผู้สร้างต้องการให้มันเป็น

2. การถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ(Face Validity) เป็นการถามความเห็นจากผู้ที่มีความรู้ความเชียวชาญจากการใช้งานองค์ประกอบต่างๆ ในระบบงานและการใช้ระบบงานว่าองค์ประกอบและระบบงานนั้นๆ มีพฤติกรรมอย่างไรภายใต้เงื่อนไขต่างๆ และการที่องค์ประกอบในแบบจำลองและแบบจำลองมีพฤติกรรมต่างๆ ควรเป็นพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมขององค์ประกอบและระบบงานจริงหรือไม่

3. การทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง(Internal Validity) เป็นการทดสอบองค์ประกอบในแบบจำลองหรือแบบจำลองโดยใส่เงื่อนไขเช่น ให้ค่าตัวแปรเข้า(Input Variables) เป็นค่าคงที่แล้วดูว่าผลที่ได้จากองค์ประกอบหรือแบบจำลองหลายๆครั้งมีความแปรปรวนมากน้อยแค่ไหน ถ้ามีความแปรปรวนมากองค์ประกอบในแบบจำลองหรือแบบจำลองนั้นก็ไม่ควรจะถูกต้องและควรจะต้องมีการแก้ไข

4. การทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์(Variables Parameters Validity) เป็นการทดสอบความไว(Sensitivity Testing) ของการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองและแบบจำลองอย่างไรถ้าผลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไวต่อค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ใด ก็เป็นเครื่องแสดงบอกให้รู้ว่าจะต้องระมัดระวังให้มากต่อการประมาณค่าตัวแปรและพารามิเตอร์เหล่านั้น นอกจากนั้นแล้วการทดสอบความไวนี้ยังช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองได้เห็นว่าองค์ประกอบในแบบจำลองประพฤติตนอย่างที่ควรจะเป็นหรือไม่ เพราะถ้าเราทราบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์จะทำให้ผลที่ได้จากระบบงานจริงนั้นเปลี่ยนไป แต่ถ้าจากการทดลองกับแบบจำลองแล้วได้ผลเป็นอย่างอื่น แบบจำลองนั้นก็ไม่ควรจะถูกต้องและควรจะต้องมีการแก้ไข

5. การทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน(Hypothesis Validity) เป็นการทดสอบความถูกต้องทางสถิติว่าผลที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองกับผลที่ได้จากองค์ประกอบของระบบงานจริงนั้นเหมือนกันโดยอาจใช้เงื่อนไขต่างๆ ที่มีจากข้อมูลในอดีตใส่ให้กับองค์ประกอบในแบบจำลองแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลที่ได้จากอดีตว่าสามารถยอมรับว่าเหมือนกันโดยมีระดับนัยสำคัญที่ยอมรับได้

6. การทดสอบความถูกต้อง(Validation) เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับพฤติกรรมของระบบงานจริง ทั้งนี้โดยอาศัยการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริงที่เงื่อนไขของการใช้ระบบงานที่เหมือนกัน การวิเคราะห์กระทำโดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ

7. การวิเคราะห์ปัญหา(Problem Analysis) เป็นการทดลองใช้แบบจำลองในการพยากรณ์พฤติกรรมต่างๆ ของระบบงานเปรียบเทียบกับพฤติกรรมจริงของระบบงาน การวิเคราะห์อาศัยเทคนิคทางสถิติ จากขั้นตอนต่างๆ ตามกรรมวิธีที่กล่าวมานี้ควรจะช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองมี

ความมั่นใจในแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าน่าจะแทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยสรุป การสร้างความมั่นใจในความถูกต้องของแบบจำลองอาจได้มาจาก

- การใช้วิจารณญาณและตรรกวิทยา
- การใช้ความรู้ความเข้าใจในระบบงาน
- การทำการทดสอบโดยเทคนิคทางสถิติในส่วนของข้อมูลเชิงปริมาณ
- การให้ความสนใจไตร่ตรองตรวจสอบรายละเอียดต่างๆในการสร้างแบบจำลอง
- การตรวจสอบดูว่าแบบจำลองประพฤติตนอย่างที่เราอยากให้มันเป็น
- การวิเคราะห์ความไวของตัวแปรและพารามิเตอร์
- การทดสอบการใช้งานจริงแบบจำลอง

2.8 ความรู้เบื่องต้นเกี่ยวกับสถิติ [5]

สถิติเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวิจัย การที่จะทำวิจัยได้ผลดีนั้น นักวิจัยควรมีความรู้ทางศาสตร์ของงานวิจัยนั้นๆ ควบคู่ไปกับความรู้ทางสถิติ เพราะสถิติจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การวางแผน การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณขนาดหรือตัวอย่างที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัย หากผู้วิจัยใช้สถิติที่ไม่ถูกต้องส่งผลให้สรุปผลการวิจัยผิด และนำไปใช้ในทางที่ผิดซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายแก่งานที่เกี่ยวข้องได้ดังนั้น การเลือกใช้สถิติสำหรับงานวิจัยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

2.8.1 ความหมายของสถิติ

สถิติมีความหมายใน 2 ลักษณะดังนี้

1. สถิติ หมายถึง ข้อสรุปของข้อมูลซึ่งอาจจะเป็นตัวเลขหรือไม่ก็ได้ ที่แสดงข้อเท็จจริงของสิ่งใดหรือเหตุการณ์ใดๆ

2. สถิติ หมายถึง ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาข้อมูล เพื่อนำผลจากการศึกษามาช่วยในการอธิบายและตอบปัญหาที่สนใจ ซึ่งสถิติศาสตร์จะครอบคลุมองค์ประกอบต่างๆ ต่อไปนี้

2.8.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) เป็นการได้มาซึ่งข้อมูล โดยที่สถิติศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาข้อมูลดังนั้น การได้มาซึ่งข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ หากข้อมูลที่ได้มาไม่ถูกต้อง จะทำให้ผลจากการศึกษาข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ

2.8.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) เป็นการหาข้อสรุปจากข้อมูล โดยการวิเคราะห์อาจทำได้ใน 2 ระดับ

- การวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้น หรือ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการอธิบายลักษณะของข้อมูลในรูปของการบรรยายลักษณะทั่วๆไปของข้อมูลโดยจัดนำเสนอเป็นบทความ บทความกึ่งตาราง แสดงด้วยกราฟ หรือแผนภูมิ ตลอดจนทำเป็นรูปแบบของข้อมูลในเบื้องต้นให้สามารถตีความหมายของข้อมูลได้ตามความจริง สถิติ

บรรยายนี้อาจทำการศึกษากับข้อมูลที่เป็นกลุ่มเล็กๆ หรือกลุ่มใหญ่โดยทั่วๆไปก็ได้ และผลการวิเคราะห์จะใช้อธิบายเฉพาะกลุ่มที่นำมาศึกษาเท่านั้น สถิติบรรยายที่ใช้ในงานวิจัย เช่น การแจกแจงความถี่ ร้อยละ การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง การวัดการกระจายเป็นต้น

- การวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง หรือ สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นเทคนิคที่นำเข้าข้อมูลเพียงส่วนหนึ่งไปอธิบายเกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนใหญ่โดยทั่วๆไปโดยใช้พื้นฐานความน่าจะเป็นเป็นหลักในการอนุมาน หรือทำนายไปยังกลุ่มประชากรเป้าหมาย การใช้สถิติอ้างอิงทำได้ 2 ลักษณะ คือ การประมาณค่าประชากร และการทดสอบสมมติฐาน

2.8.1.3 การแปลความหมายข้อมูล (Data Interpretation) เป็นขั้นตอนของการนำผลการวิเคราะห์มาอธิบายให้บุคคลทั่วไปเข้าใจ อาจจำเป็นต้องมีการขยายความในการอธิบาย เพื่อให้งานที่ศึกษาเป็นประโยชน์ต่อคนทั่วไปได้

2.8.1.4 การนำเสนอข้อสรุป (Data Presentation) เป็นการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปตอบคำถามหรือปัญหาที่ตั้งไว้ในรูปแบบที่คนทั่วไปเข้าใจได้อย่างชัดเจน

2.8.2 ความหมายของข้อมูล

ข้อมูล (Data) หมายถึงข้อเท็จจริงที่สามารถแสดงอยู่ในรูปของตัวเลขหรือข้อความ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) หมายถึงข้อมูลที่แสดงในรูปของตัวเลขหรือปริมาณและมีความหมายตามตัวเลขนั้นๆ เช่น ความสูง รายได้ เป็นต้น

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) หมายถึงข้อมูลที่แสดงอยู่ในรูปข้อความเป็นการอธิบายลักษณะเชิงคุณภาพ เช่น เพศ เชื้อชาติ ศาสนา เป็นต้น

2.8.3 ประเภทของข้อมูลโดยจำแนกตามแหล่งข้อมูล แบ่งได้ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) หมายถึงข้อมูลที่เก็บจากหน่วยที่ให้ข้อมูลโดยตรง ไม่มีการเปลี่ยนรูปหรือความหมายเช่น ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การสังเกต การทดลอง การตอบแบบสอบถาม ฯลฯ

เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เก็บจากแหล่งข้อมูลโดยตรง ดังนั้นจึงมีความเชื่อถือได้สูง และเก็บข้อมูลได้ตรงกับความต้องการ แต่มีข้อจำกัดที่จะต้องใช้เวลา เสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมข้อมูลสูง และอาจไม่น่าเชื่อถือหากผู้เก็บรวบรวมข้อมูลขาดความชำนาญ

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) หมายถึงข้อมูลที่รวบรวมมาจากข้อมูลที่ผู้อื่นรวบรวมไว้แล้ว เช่น รวบรวมจากข้อมูล รายงานสถิติต่างๆ ข้อมูลเวชระเบียน เอกสารรายงานผู้ป่วย บันทึกทางการพยาบาล ฯลฯ ข้อดีของการใช้ข้อมูลทุติยภูมิ คือ สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลาแรงงานและ ค่าใช้จ่าย มีข้อมูลที่สามารถศึกษาย้อนหลังได้ แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากข้อมูลมักไม่สมบูรณ์ ไม่ตรงกับเรื่องที่ต้องการศึกษา และไม่ทันสมัย

2.8.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Population) หมายถึงขอบเขตของข้อมูลทั้งหมดที่เรากำลังทำการศึกษา หรืออาจหมายถึงกลุ่มของสิ่งของทั้งหมดที่ให้ข้อมูลตามที่เราต้องการศึกษา เช่น ศึกษาเกี่ยวกับคนไข้สูติ-นรีเวชของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ในปี 2553 ทั้งหมด ซึ่งอาจดูได้จากประวัติผู้ป่วย เป็นต้น

ลักษณะของประชากรที่ศึกษา อาจมีจำนวนจำกัด (Finite Population) ดังตัวอย่างข้างต้น หรืออาจมีจำนวนอนันต์ (Infinite Population) เช่นการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาชนิดหนึ่ง ประชากรจะเป็นผลการทดสอบประสิทธิภาพของยาในผู้ป่วยที่ใช้ยานี้ ซึ่งไม่สามารถบอกถึงจำนวนทั้งหมดได้

1. พารามิเตอร์ (Parameter) หมายถึงค่าที่ประมวลผลได้จากข้อมูลทั้งหมดของประชากร

2. กลุ่มตัวอย่าง (Sample) หมายถึงส่วนหนึ่งของประชากรซึ่งถูกเลือกมาศึกษา เนื่องจากในบางครั้งพบว่าการศึกษาบางอย่างไม่อาจทำทั้งหมดของประชากรได้ เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก เสียเวลาอาจหาประชากรทั้งหมดไม่ได้ หรือไม่สามารถกระทำกับประชากรทั้งหมดได้จึงจำเป็นต้องเลือกตัวอย่างมาศึกษา

3. ค่าสถิติ (Statistic) หมายถึงค่าที่ประมวลผลได้จากข้อมูลตัวอย่าง

4. ตัวแปร (Variables)

ตัวแปร หมายถึงสมบัติหรือคุณลักษณะของสิ่งของต่างๆ เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ส่วนสูง ระดับความดันโลหิต เป็นต้น ตัวอย่างเช่น เพศ สามารถแปรได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เพศชาย หรือเพศหญิง อายุ สามารถแปรได้เป็นหลายๆ แบบ เช่น อายุ 10, 11, 12,....., 25 สมบัติของสิ่งใดก็ตาม ถ้าเป็นไปได้เพียงอย่างเดียว สมบัตินั้นก็ไม่ถือว่าเป็นตัวแปร ในทางคณิตศาสตรจะเรียกสมบัติแบบนี้ว่าค่าคงตัว (Constant)

2.8.5 ประเภทตัวแปร

ตัวแปร สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ และเรียกชื่อได้หลายอย่าง ที่พบและมีการใช้บ่อยดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) หมายถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรอื่น เป็นตัวที่เปรียบเสมือนต้นเหตุ ทำให้เกิดผลหรือตัวแปรตามขึ้นได้

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) หมายถึงตัวแปรที่เป็นผลหรือขึ้นอยู่กับอิทธิพลของตัวแปรอิสระ

3. ตัวแปรควบคุม (Control Variables) หมายถึงตัวแปรที่ตั้งไว้เพื่อเป็นตัวควบคุมความแตกต่างของกลุ่มที่กำลังศึกษา และกลุ่มควบคุม เพื่อลดความแตกต่างของผลที่ได้จากสองกลุ่มทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.8.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

การนำข้อมูลมาเพื่อทำการวิเคราะห์นั้น ข้อมูลอาจเป็นได้ทั้งข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลเชิงคุณภาพ หรือข้อมูลเชิงปริมาณ ในกรณีที่ต้องการข้อมูลประเภทปฐมภูมิ ผู้ใช้งานจะต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลขึ้นมาเอง ซึ่งแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานทะเบียนหรือการบันทึก
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสำรวจ
3. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง

2.8.7 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลไม่ว่าจะเก็บรวบรวมจากทุกหน่วยประชากร หรือที่เรียกว่าสำมะโนหรือเก็บรวบรวมจากเพียงบางหน่วยในประชากร หรือที่เรียกว่าการสำรวจตัวอย่างไม่ว่าจะใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบใดก็ตาม(เช่น การเลือกตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย การเลือกตัวอย่างสุ่มแบบมีระบบการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ หรือการเลือกตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การสัมภาษณ์
2. การส่งไปรษณีย์
3. การถอดแบบ
4. โทรศัพท์
5. การชั่ง ตวง วัด หรือนับ
6. การสังเกต

2.8.8 การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เป็นข้อมูลซึ่งยังไม่มีการนำมาจัดเป็นหมวดหมู่หรือทำการวิเคราะห์ เรียกว่า ข้อมูลดิบ (Raw Data) หรือคะแนนดิบ (Raw Score) ข้อมูลดิบเหล่านี้ถ้ามีจำนวนมากทำให้ไม่สามารถเห็นคุณลักษณะของข้อมูลได้ ดังนั้นเมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาแล้วจึงต้องจัดเตรียมข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งวิธีการจัดเตรียมข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่สามารถทำได้หลายวิธีแต่ที่นิยมใช้คือการแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) เป็นการเรียงลำดับข้อมูลดิบที่เก็บรวบรวมมาได้โดยจัดให้เป็นหมวดหมู่ แล้วหาจำนวนของข้อมูลในแต่ละหมวดหมู่ ซึ่งจำนวนของข้อมูลในแต่ละหมวดหมู่นี้เรียกว่า ความถี่ (Frequency)

2.9 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing theory)

ในปัจจุบันการเข้าแถวรอรับบริการเป็นเรื่องปกติในชีวิตประจำวัน เช่น การรอสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยก เครื่องจักรเสียที่รอการซ่อมแซม การรอรับการรักษาจากหมอในโรงพยาบาล

ลูกค้ารอจ่ายเงินที่เคาน์เตอร์ในซุปเปอร์มาร์เกต เป็นต้น ถ้ารอนานเกินไปก็จะทำให้เกิดความไม่พอใจ ซึ่งสิ่งนี้เป็นเหตุผลสำคัญที่ทุกองค์กรให้ความสนใจ พยายามลดเวลาให้บริการให้น้อยลง หรือพยายามลดขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจมากขึ้น นักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์ค ชื่อ A.K. Erlang เป็นผู้ริเริ่มพัฒนาทฤษฎีแถวคอย เมื่อปี พ.ศ. 2453 เพื่อแก้ปัญหาการรอคอยของผู้ใช้โทรศัพท์

เป็นทฤษฎีที่พัฒนาเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แทนปัญหาแถวคอย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาวะของระบบแถวคอย โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นของผู้เข้ามารับบริการ และการให้บริการ แล้วหาผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าสถิติต่าง ๆ ที่แสดงสภาวะของแถวคอย ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาประกอบการตัดสินใจดำเนินการเกี่ยวกับ การให้บริการที่ดีขึ้น การลดค่าใช้จ่าย หรือช่วยจัดระบบการให้บริการให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.9.1 แถวคอย (Queuing or Waiting line)

เป็นสภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการรอคอยเพื่อรับบริการ เกิดจากความต้องการรับบริการ สูงกว่า ความสามารถในการให้บริการ (Demand > Supply)

จะเห็นว่า แถวคอย เกิดจากความไม่แน่นอนของอัตราการเข้ามารับบริการ ถ้าหน่วยงานไม่ต้องการให้เกิดแถวคอย ก็จะต้องเพิ่มอัตราการให้บริการ หรือจัดรูปแบบแถวคอยใหม่ หรือเพิ่มจำนวนหน่วยให้บริการ ซึ่งอาจจะทำให้มีหน่วยให้บริการบางหน่วยว่างในบางช่วงเวลา และทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการเกิดแถวคอย ยังขึ้นอยู่กับความสามารถ/ความชำนาญของผู้ให้บริการ และปริมาณงานของลูกค้า

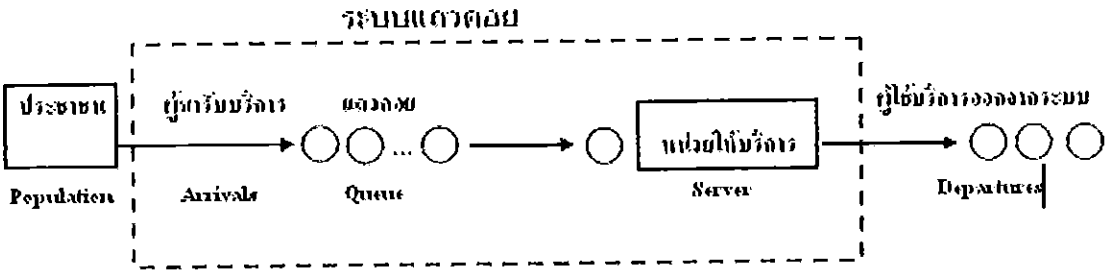
โครงสร้างพื้นฐานของระบบแถวคอย

ระบบ (Systems) หมายถึง ที่รวมของสิ่งต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกันหรือเกี่ยวข้องกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ในระบบจะต้องระบุส่วนประกอบให้ชัดเจน ได้แก่ ขอบเขตของระบบ สิ่งที่สำคัญในการศึกษามีอะไรบ้าง คุณสมบัติของสิ่งที่สนใจศึกษาจะต้องเก็บข้อมูลอะไร กิจกรรมของระบบเป็นอะไร สภาพของระบบใช้ค่าอะไรเป็นตัววัด และมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบอะไรบ้าง

2.9.2 ระบบแถวคอย (Queuing system)

หมายถึง ที่รวมของผู้ให้บริการ และผู้มารับบริการ ที่ทำงานร่วมกันหรือเกี่ยวข้องกันเพื่อให้ผู้รับบริการได้รับบริการ ระบบแถวคอยมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่

1. ผู้เข้ามารับบริการ หรือผู้มาใช้บริการ หรือลูกค้า (Arrival or Customer)
2. แถวคอย (Queue or Waiting line)
3. หน่วยให้บริการ (Service facility or Server unit)



รูปที่ 2.1 ระบบแถวคอย

การศึกษาระบบแถวคอยใด ๆ จำเป็นจะต้องระบุส่วนต่าง ๆให้ชัดเจนว่า เป็นระบบแถวคอย อะไร ลูกค้าคือใคร หน่วยให้บริการคืออะไร ให้บริการอะไร และจะต้องทราบลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของระบบแถวคอย ได้แก่ ลักษณะของลูกค้า ลักษณะของแถวคอย และลักษณะของหน่วยให้บริการ ดังนั้นระบบแถวคอยจึงต้องอธิบายด้วยลักษณะ 4 อย่าง ดังนี้

1. รูปแบบการเข้ารับบริการ (Arrival pattern)
2. รูปแบบการให้บริการ (Service pattern)
3. ขีดความสามารถของระบบแถวคอย (System capacity)
4. กฎเกณฑ์การให้บริการ (Queue discipline)

แต่ละลักษณะมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการเข้ารับบริการ (Arrival pattern)

รูปแบบการเข้ารับบริการ จะขึ้นอยู่กับลักษณะการเข้ามารับบริการของลูกค้า ดังนี้

1) ลักษณะการเข้ารับบริการของลูกค้าเป็นไปอย่างไม่แน่นอน บางช่วงเวลาอาจมีลูกค้ามารับบริการมาก แต่บางช่วงเวลาอาจมีลูกค้ามารับบริการน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งเป็นไปแบบสุ่ม ดังนั้น รูปแบบการเข้ารับบริการ จึงต้องอธิบายด้วยการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าหรือระยะเวลาที่เข้ารับบริการ โดยส่วนใหญ่ จำนวนลูกค้าที่เข้ามาสู่ระบบไม่แน่นอน จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง หรือช่วงเวลาระหว่างการเข้ารับบริการ (Interarrival time) จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล หรือแบบปกติ หรือแบบสม่ำเสมอ หรือแบบเออร์แลงค์ เป็นต้น ดังนั้นการเข้ามารับบริการจึงมักแสดงในรูปอัตราการเข้ามารับบริการ หมายถึง จำนวนลูกค้าเฉลี่ยที่เข้ามาในระบบแถวคอยในเวลาหนึ่งหน่วย (Arrival rate)

2) ลักษณะการเข้ารับบริการของลูกค้าแน่นอน

ในบางระบบแถวคอย อัตราการเข้ารับบริการ (Arrival rate) หรือช่วงเวลาระหว่างการเข้ารับบริการจะคงที่ เช่น ในทุก ๆ 1 ชั่วโมง มีลูกค้าเข้ามารับบริการ 2 คน หรือลูกค้าเข้ามาทุก 30 นาที หรือสินค้าที่ยังผลิตไม่แล้วเสร็จเข้ามาในหน่วยผลิตทุก 5 นาที (ตามสายพานที่วิ่ง) เป็นต้น

3) จำนวนผู้รับบริการที่เข้ามาในระบบแถวคอย

จำนวนลูกค้าอาจจะเข้ามาครั้งละหน่วย หรือเข้ามาครั้งละกลุ่ม เช่น คนไข้เข้ามารับการรักษาครั้งละคน หรือเข้ามาครั้งละกลุ่มเมื่อเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น

4) พฤติกรรมของผู้รับบริการ

ผู้รับบริการมาถึงระบบแล้วรอจนกระทั่งได้เข้ารับบริการ หรือผู้รับบริการมาถึงระบบแล้วเห็นว่าแถวคอยยาวเกินไปก็จะไม่เข้ามารับบริการ (Balking) หรือผู้รับบริการรออยู่ในแถวคอยที่ยาวเกินไปก็จะออกจากระบบไปก่อนที่จะได้รับบริการ (Reneging)

5) ขนาดของประชากรของผู้รับบริการ

แบ่งออกเป็น ประชากรมีขนาดจำกัด เช่น แผนกซ่อมเครื่องจักรในโรงงานซึ่งมีเครื่องจักร 50 เครื่อง ผู้มารับบริการ คือ เครื่องจักรที่เสียเครื่องใดเครื่องหนึ่ง จำนวนนักศึกษามาสอบสัมภาษณ์ 25 คน ผู้มารับบริการ คือ นักศึกษาคนใดคนหนึ่ง เป็นต้น และประชากรมีขนาดไม่จำกัด หมายถึง ผู้มารับบริการมีจำนวนมากมายจนนับไม่ถ้วน เช่น จำนวนลูกค้าที่เข้ามาซื้อสินค้าที่ห้างสรรพสินค้า จำนวนลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในธนาคาร เป็นต้น

2. รูปแบบการให้บริการ (Service pattern)

รูปแบบการให้บริการ แบ่งออกเป็นดังนี้

1) ลักษณะการให้บริการลูกค้าเป็นไปอย่างไม่แน่นอน

เวลาให้บริการ (Service time) ของหน่วยให้บริการจะไม่แน่นอน ซึ่งเวลาให้บริการจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่ต้องทำ และความชำนาญงานของหน่วยให้บริการ เวลาที่ใช้ในการให้บริการอาจจะเท่ากันหรือไม่ก็ได้สำหรับลูกค้าแต่ละคน จำนวนลูกค้าที่รออยู่ในแถวคอย อาจจะมีอิทธิผลต่ออัตราการให้บริการ (Service rate) ได้ในงานบางอย่าง เช่น ถ้ามีลูกค้ารอตัดผมมาก ช่างทำผมจะพยายามทำงานให้เร็วขึ้น ซึ่งทำให้การให้บริการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้คุณภาพอาจไม่ดีพอ

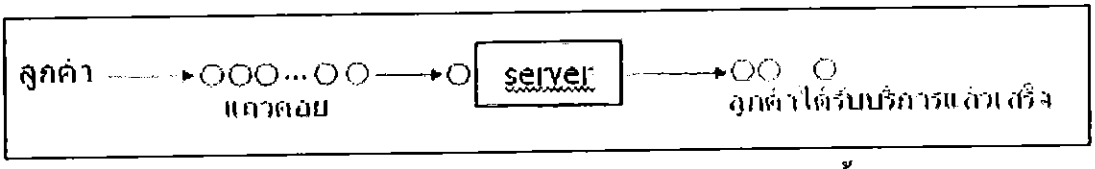
ส่วนใหญ่ เวลาให้บริการจะไม่แน่นอน จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล หรือแบบปกติ หรือแบบเออร์แลงค์ หรือแบบสม่ำเสมอ เป็นต้น หรือจำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการแล้วเสร็จ จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง เป็นต้น

2) ลักษณะการให้บริการลูกค้าเป็นไปอย่างแน่นอน

ในบางระบบแถวคอย เวลาการให้บริการหรืออัตราการให้บริการจะไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะมีลูกค้ามากเท่าใดก็ตาม เช่น หน่วยให้บริการเป็นเครื่องจักร จะให้บริการในอัตราที่แน่นอน

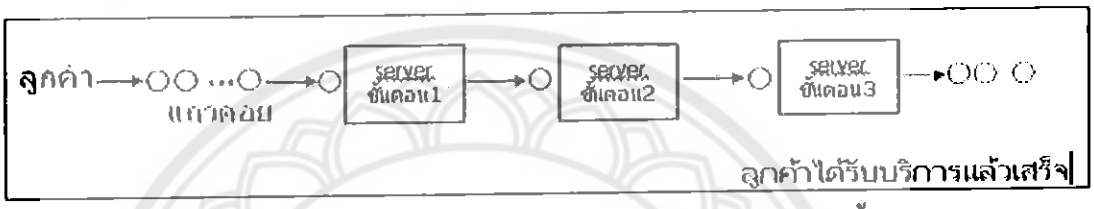
3) ลักษณะการจัดหน่วยให้บริการ มีหลายรูปแบบ ดังนี้

3.1) ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว และการให้บริการ 1 ขั้นตอน (Single-channel, Single-phase system) เช่น ตู้ ATM ที่มีตู้เดียว, ร้านอาหาร fast-food ที่มีพนักงานคนเดียว เป็นต้น



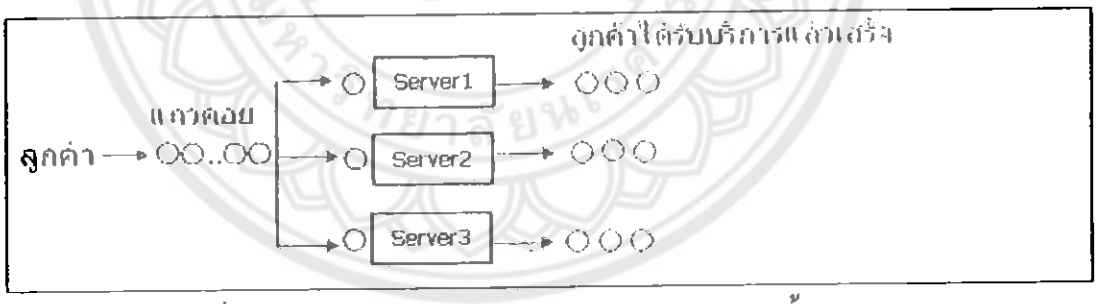
รูปที่ 2.2 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียวและให้บริการ 1 ขั้นตอน

3.2) ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว และการให้บริการหลายขั้นตอน (Single-channel, Multi-phase system) เช่น แผนกจ่ายยาในโรงพยาบาล คนไข้นำใบสั่งยาให้พนักงานคิดราคายา นำไปจ่ายเงินให้พนักงานรับเงิน และนำมารับยาจากเภสัชกร เป็นต้น



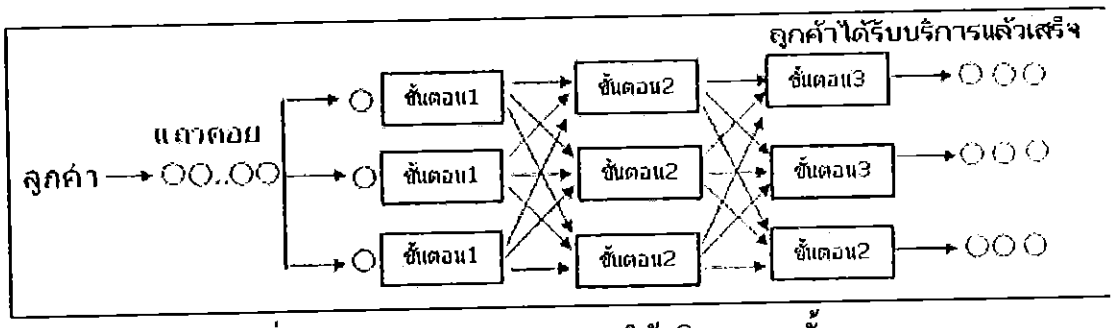
รูปที่ 2.3 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียวและให้บริการหลายขั้นตอน

3.3) ระบบแถวคอยมีหลายช่องทาง และให้บริการขั้นตอนเดียว (Multi-channel, Single-phase system) เช่น เคาน์เตอร์จ่ายเงินในซุปเปอร์มาร์เกตที่จัดให้มี 5 เคาน์เตอร์ เมื่อลูกค้ามาถึงถ้าเคาน์เตอร์ใดว่างก็เข้าใช้บริการ ถ้าเคาน์เตอร์ไม่ว่างก็จะรอในแถวคอยซึ่งมีแถวเดียว เป็นต้น



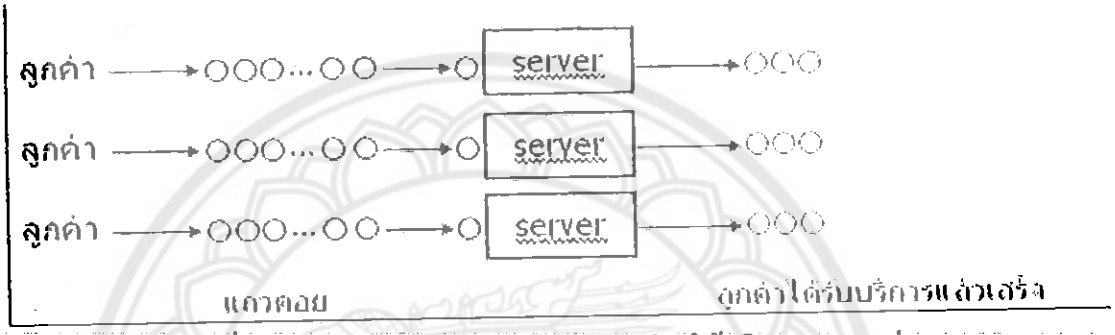
รูปที่ 2.4 ระบบแถวคอยมีหลายช่องทาง และให้บริการขั้นตอนเดียว

3.4) ระบบแถวคอย 1 แถว และให้บริการหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multi- channel, Multi-phase system) เช่น แผนกจ่ายยาในโรงพยาบาล คนไข้นำใบสั่งยาให้พนักงานคิดราคายาที่มีมากกว่า 1 คน นำไปจ่ายเงินให้พนักงานรับเงินที่มีมากกว่า 1 คน และนำมารับยาจากเภสัชกรที่มีมากกว่า 1 คน เป็นต้น



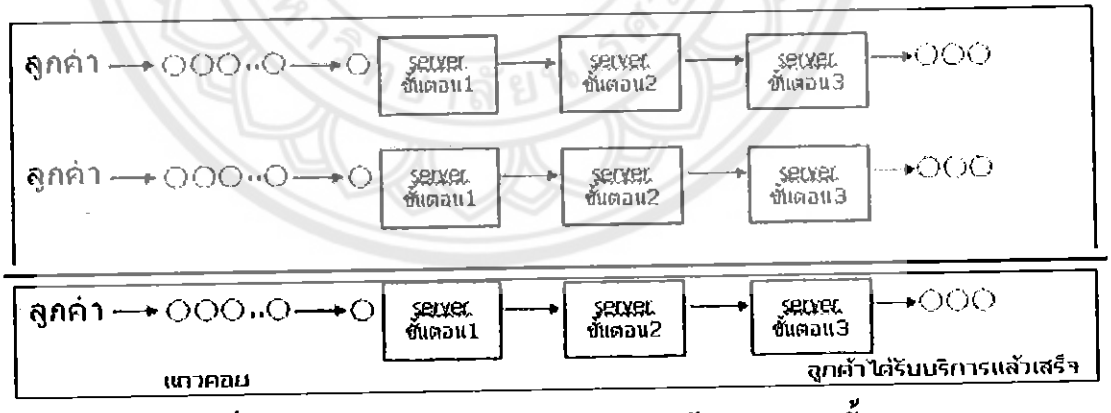
รูปที่ 2.5 ระบบแถวคอย 1 แถว และให้บริการหลายขั้นตอน

3.5) ระบบแถวคอยหลายแถว และหน่วยให้บริการหลายหน่วย



รูปที่ 2.6 ระบบแถวคอยหลายแถว และหน่วยให้บริการหลายหน่วย

3.6) ระบบแถวคอยหลายแถว และการให้บริการหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย



รูปที่ 2.7 ระบบแถวคอยหลายแถว และการให้บริการหลายขั้นตอน

3. กฎเกณฑ์การให้บริการ

1. ให้บริการตามลำดับก่อนหลัง (First Come First Serve : FCFS)
2. ให้บริการลูกค้าคนสุดท้ายก่อน (Last Come First Serve : LCFS)
3. ให้บริการไม่เป็นไปตามลำดับก่อนหลัง (Priority)
4. ให้บริการแบบสุ่ม (Service in random order)

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน

เนื่องจากทางมหาวิทยาลัยนเรศวรต้องการลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นกับนิสิต และต้องการลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงได้มีการนำรถไฟฟ้ามาใช้ แต่ก็นำมาซึ่งปัญหาของการให้บริการ ดังนั้นจึงมีการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มาเพื่อดูพฤติกรรมของการให้บริการและแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้แบ่งการศึกษาออกเป็น ดังนี้

3.1.1 การศึกษาด้านรถไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยนเรศวรได้ทำสัญญาเช่ารถไฟฟ้ามาจากบริษัท BTS ภายใต้สัญญาเช่า 10 ปี ในจำนวน 44 คัน แต่ใช้ในทำงานจริงจำนวน 40 คัน และสำรองไว้ในกรณีฉุกเฉินจำนวน 4 คัน แบ่งเป็นสองสี ซึ่งแต่ละสีแบ่งตามเส้นทางการวิ่งให้บริการคือ สีแดงจำนวน 20 คัน และสีเหลืองจำนวน 20 คันรถไฟฟ้าสามารถรับน้ำหนักได้เต็มที่ 1000 กิโลกรัม หรือ 16 คนโดยประมาณ (รวมคนขับรถ) วิ่งด้วยความเร็วประมาณ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อประหยัดพลังงานประจุไฟฟ้าสูงสุด (ข้อมูลจากคู่มือการใช้รถไฟฟ้า)

3.1.2 การศึกษาด้านเส้นทางเดินรถไฟฟ้า

เนื่องด้วยมหาวิทยาลัยนเรศวรได้จัดทำป้ายจอดรถไฟฟ้าตามเส้นทางต่างๆ ทั้ง 2 เส้นทางเดินรถซึ่งในแต่ละเส้นทางจะมีป้ายจอดตามสถานที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

i5733947
ฟร.
W 7931
2553

1. เส้นทางการวิ่งของรถไฟฟ้าสายสีแดงได้แก่

ออกจากสถานีหอพักนิสิต (1), คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2), ศูนย์เทคโนโลยีและสารสนเทศ(3), คณะมนุษยศาสตร์ (4) , ลานสมเด็จพระนเรศวร (5), โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร (6), คณะแพทย์ศาสตร์ (7), อาคาร QS (8), หอสมุด (9), คณะวิทยาศาสตร์ (10) และกลับไปที่หอพักนิสิต

รูปที่ 3.1 เส้นทางการเดินรถไฟฟ้าสายสีแดงภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3.1 ระยะทางระหว่างสถานีรถไฟฟ้าสายสีแดง

สถานี	ระยะทาง (เมตร)
หอพักนิสิต - คณะวิศวกรรมศาสตร์	600
คณะวิศวะฯ - อาคารเทคโนฯสารสนเทศ	350
อาคารเทคโนฯสารสนเทศ - คณะมนุษยศาสตร์	250
คณะมนุษยศาสตร์ - ลานสมเด็จพระนเรศวร	400
ลานสมเด็จพระนเรศวร – โรงพยาบาล ม.นเรศวร	500
โรงพยาบาล ม.นเรศวร - คณะแพทย์ศาสตร์	200
คณะแพทย์ศาสตร์ – อาคารเรียนรวม QS	300
อาคารเรียนรวม QS - อาคารหอสมุด	200
อาคารหอสมุด - คณะวิทยาศาสตร์	500
คณะวิทยาศาสตร์ - คณะวิศวกรรมศาตร์	450
คณะวิศวกรรมศาตร์ - หอพักนิสิต	600

2. เส้นทางการวิ่งของรถไฟฟ้าสายสีเหลืองได้แก่

ออกจากสถานีหอพักนิสิต (1) , คณะวิทยาศาสตร์ (2), หอสมุด (3), อาคาร QS (4), คณะแพทย์ศาสตร์ (5), โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร (6), ลานสมเด็จพระนเรศวร (7), คณะมนุษยศาสตร์ (8), ศูนย์เทคโนโลยีและสารสนเทศ (9), คณะวิศวกรรมศาสตร์ (10) และกลับไปที่หอพักนิสิต

รูปที่ 3.2 เส้นทางการเดินรถไฟฟ้าสายสีเหลืองภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3.2 ระยะทางระหว่างสถานีรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

สถานี	ระยะทาง (เมตร)
หอพักนิสิต - คณะวิทยาศาสตร์	1050
คณะวิทยาศาสตร์ - อาคารหอสมุด	500
อาคารหอสมุด - อาคารเรียนรวม QS	200
อาคารเรียนรวม QS - คณะแพทย์ศาสตร์	300
คณะแพทย์ศาสตร์ -โรงพยาบาล ม.นเรศวร	200
โรงพยาบาล ม.นเรศวร- ลานสมเด็จพระนเรศวร	500
ลานสมเด็จพระนเรศวร- คณะมนุษย์ศาสตร์	400
คณะมนุษย์ศาสตร์- อาคารเทคโนฯสารสนเทศ	250
อาคารเทคโนฯสารสนเทศ - คณะวิศวกรรมศาสตร์	350
คณะวิศวกรรมศาตร์ - หอพักนิสิต	600

3.1.3 การศึกษาด้านโปรแกรม Simulation

การศึกษาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับดูพฤติกรรมของการให้บริการรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวรนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า Arena Demo Version13 เป็นโปรแกรมหลักในการทำโครงงานวิจัยเพื่อดูพฤติกรรมของระบบและวิเคราะห์ปัญหาของการให้บริการรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยโปรแกรม Arena นี้เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นจากบริษัท Rockwell Software เป็นโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองการแก้ปัญหา

3.2 ข้อสมมติฐานของการสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นมีข้อจำกัดที่อาจไม่สมจริงเหมือนกับระบบงานจริงที่มีอยู่เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดของโปรแกรม Arena แต่แบบจำลองนี้ก็ยังสามารถเข้าใจในระบบงานจริงอยู่โดย Model ที่จัดทำขึ้นนี้มีสมมติฐานที่สำคัญคือ

1. โมเดลนี้มีลักษณะการทำงานของรถไฟฟ้าที่รับ-ส่ง นิสิตตามป้ายจอดรถไฟฟ้าตามเส้นทางเดินรถไฟฟ้าเท่านั้น ไม่สามารถจอดรับหรือส่งนิสิตระหว่างป้ายจอดรถไฟฟ้า
2. เป็นการจำลองปัญหาทางคอมพิวเตอร์ที่ระบบต่างๆ ของรถไฟฟ้าทำงานอย่างเต็มที่ รถไฟฟ้าพร้อมให้บริการตลอดเวลาไม่มีปัญหารถไฟฟ้าแบตเตอรี่หมด

โดยกระบวนการทำงานของแบบจำลองรถไฟฟ้าเมื่อรถไฟฟ้าได้วิ่งมาถึงสถานีจอดรถไฟฟ้าจะมีการตัดสินใจ 2 แบบดังต่อไปนี้

1. เมื่อรถไฟฟ้ามาถึงสถานีก็จะจอดรถ เพราะมีคนขึ้นหรือคนลง
2. เมื่อรถไฟฟ้ามาถึงสถานีจะไม่จอดรถเพราะไม่มีคนขึ้นหรือไม่มีคนลง

ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานวจึงนำหลักการนี้ไปเขียนโมเดลต้นแบบจำลองระบบการให้บริการรถไฟฟ้า

3.3 การจัดเตรียมข้อมูล

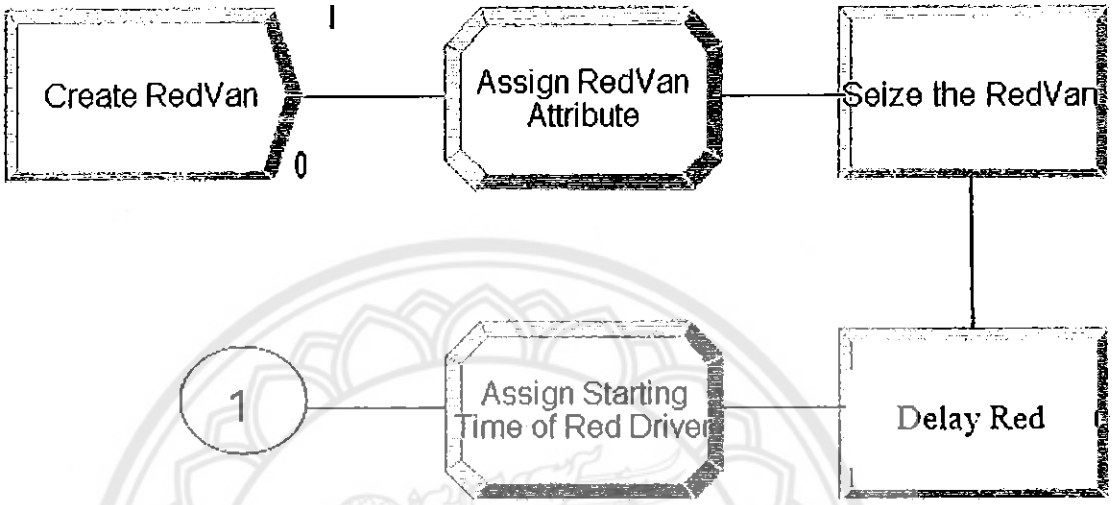
การจัดเตรียมข้อมูลนอกจากการใช้ข้อมูลสำหรับการศึกษาระบบงานแล้วข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบงานยังจำเป็นสำหรับ

- การประมาณค่าคงที่และพารามิเตอร์
- การหาค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่างๆ
- การใช้ในการทดสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา

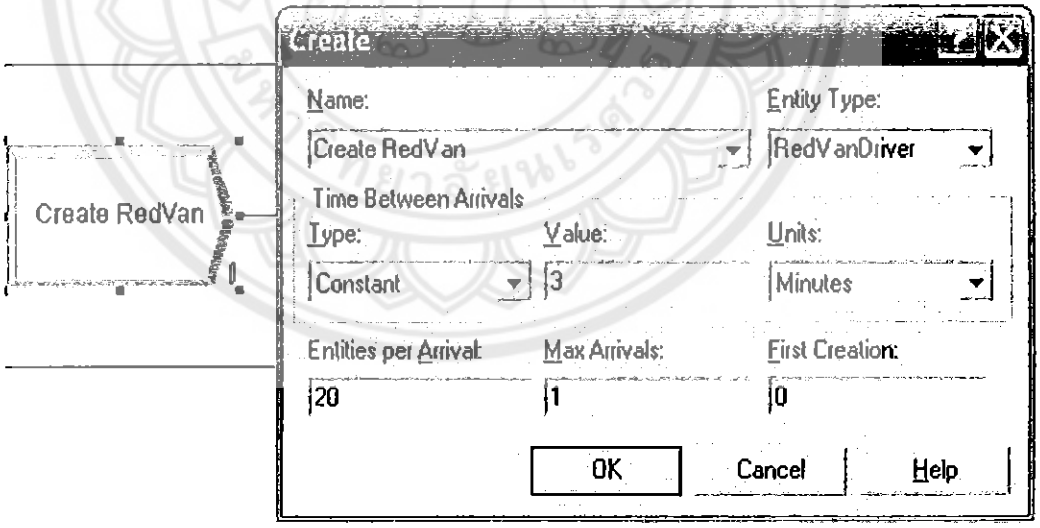
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

โปรแกรมแบบจำลองนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า Arena ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะโดยมีการสร้างแบบจำลองดังนี้

แบบจำลองในส่วนการสร้างรถไฟฟ้าเข้ามาในระบบประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.3



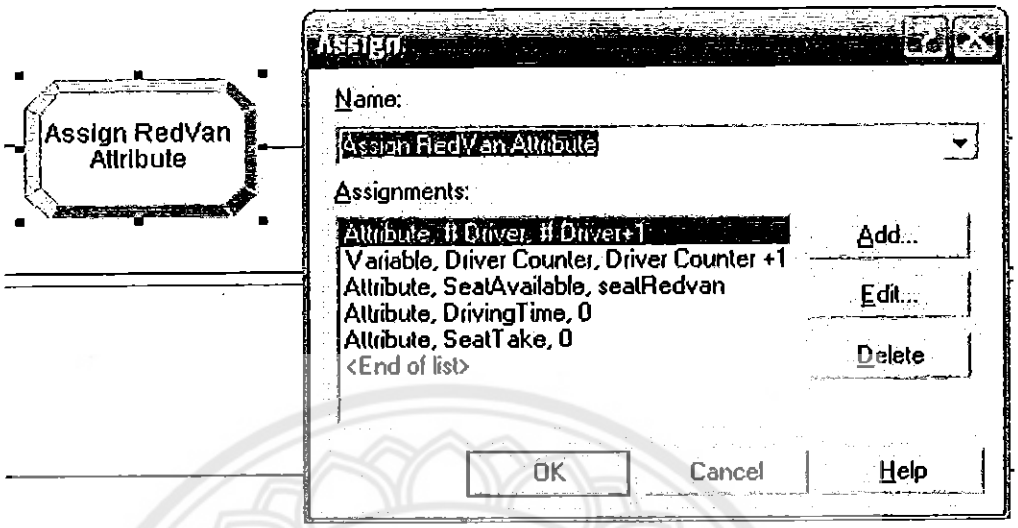
รูปที่3.3 แบบจำลองในส่วนการสร้างรถไฟฟ้าเข้ามาในระบบ



รูปที่ 3.4 หน้าต่าง Create Module ชื่อ Create RedVan

1. สร้างรถไฟฟ้าเข้ามาในแบบจำลองด้วย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Create RedVan ดังรูปที่3.4 เพื่อสร้างรถไฟฟ้าชื่อ "RedVanDrive" เข้ามาในระบบ ด้วยช่วงเวลาห่าง

ของการมาถึงแบบค่าคงที่ด้วยค่าเฉลี่ย 3 นาที และมีรถไฟฟ้าเข้ามา 20 คัน และจำกัดจำนวนรถไฟฟ้าสูงสุดที่เข้าสู่โมดูลนี้ (มากสุดครั้งละ 1 คัน) โดยรถไฟฟ้าคันแรกเข้าสู่ระบบ ณ เวลา 0นาที

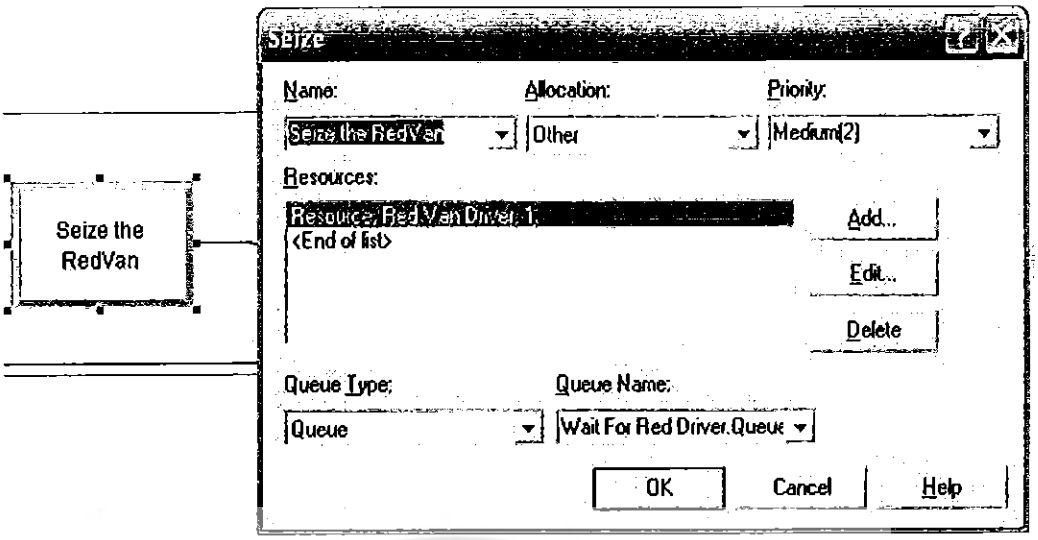


รูปที่ 3.5 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign RedVan Attribute

2. สร้าง Assign Module ชื่อ Assign RedVanAttirbute ดังรูปที่ 3.5 เพื่อทำการนับจำนวน Driver ตั้งแต่เดินเข้ามา ใส่ข้อมูลใน Assign Module ชื่อ AssignRedVanAttribute เพื่อกำหนดตัวแปร(Vaviable) ชื่อ DriverCounter ทำหน้าที่เพิ่มค่าทีละหนึ่งโดยใส่ค่าให้กับตัวแปรในรูปสมการคือ DriverCounter + 1 หมายความว่าเมื่อมีรถไฟฟ้าเข้าสู่โมดูลนี้ค่าตัวแปรชื่อ DriverCounter จะมีค่าเพิ่มทีละหนึ่ง

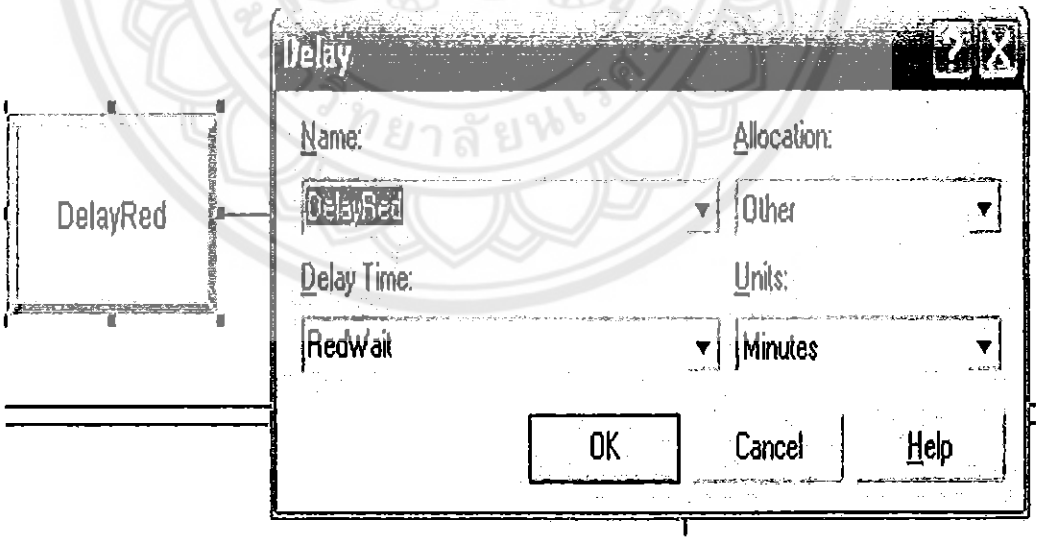
เมื่อรถไฟฟ้าเข้ามาในโมดูลนี้จะถูกกำหนดคุณสมบัติ(Attribute) ให้กับรถไฟฟ้าคือ

- คุณสมบัติที่หนึ่งกำหนดค่าลำดับให้กับ Driver หมายถึงคนขับคนที่1,คนขับคนที่2,....
- คุณสมบัติที่สองชื่อ SeatAvailable กำหนดให้สามารถมีที่นั่งในรถ
- คุณสมบัติที่สามชื่อ DrivingTime กำหนดให้เวลาที่รถเริ่มออกเริ่มที่เวลา 0 นาที
- คุณสมบัติที่สี่ชื่อ SeatTake กำหนดให้ที่นั่งที่ถูกยึดครองเริ่มที่ 0 คน



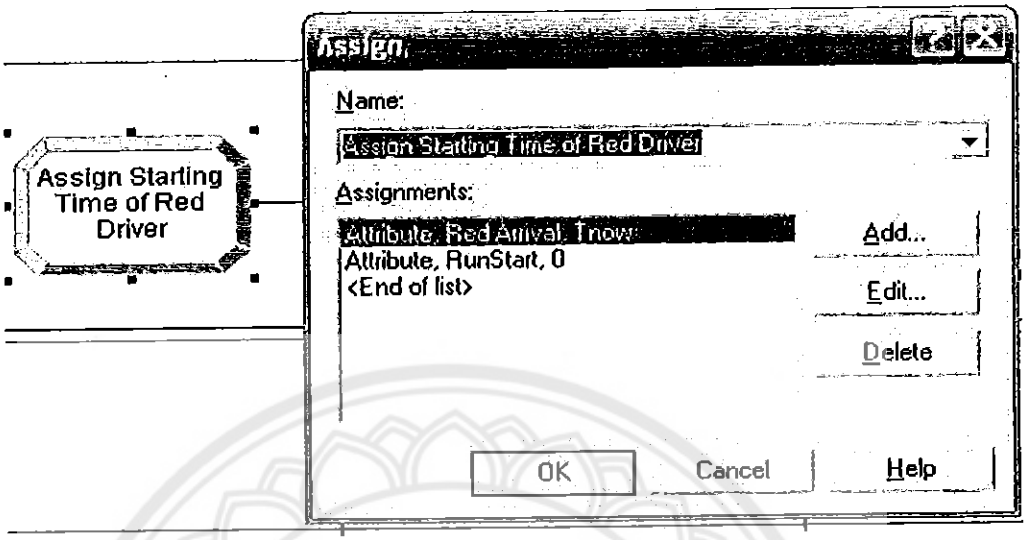
รูปที่ 3.6 หน้าต่าง Seize Module ชื่อ Seize the RedVan

3. สร้าง Seize module ชื่อ Seize the RedVan ดังรูปที่ 3.6 เพื่อเรียกใช้คนขับรถมาทำกิจกรรมร่วมกับรถไฟฟ้า ใส่ข้อมูลใน Seize module ชื่อ "Seize the RedVan" โดยเมื่อรถไฟฟ้าเข้าสู่โมดูลนี้จะทำหน้าที่จองทรัพยากรชื่อ Red VanDriver จำนวน 1 คน เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมร่วมกับรถไฟฟ้า กรณีที่รถไฟฟ้ายังไม่ว่างคนขับจะคอยอยู่ในคิวชื่อ wait for RedDriver.Queue จนกว่าทรัพยากรชื่อ RedVanDriver จะถูกจอง



รูปที่ 3.7 หน้าต่าง Delay Module ชื่อ DelayRed

4. สร้าง Delay module ชื่อ DelayRed ดังรูปที่ 3.7 เพื่อแสดงเวลาที่รถไฟฟ้าออกห่างกันคันละกี่นาที (RedWait เป็นตัวแปรที่สามารถกำหนดค่าผ่านทาง GUI)

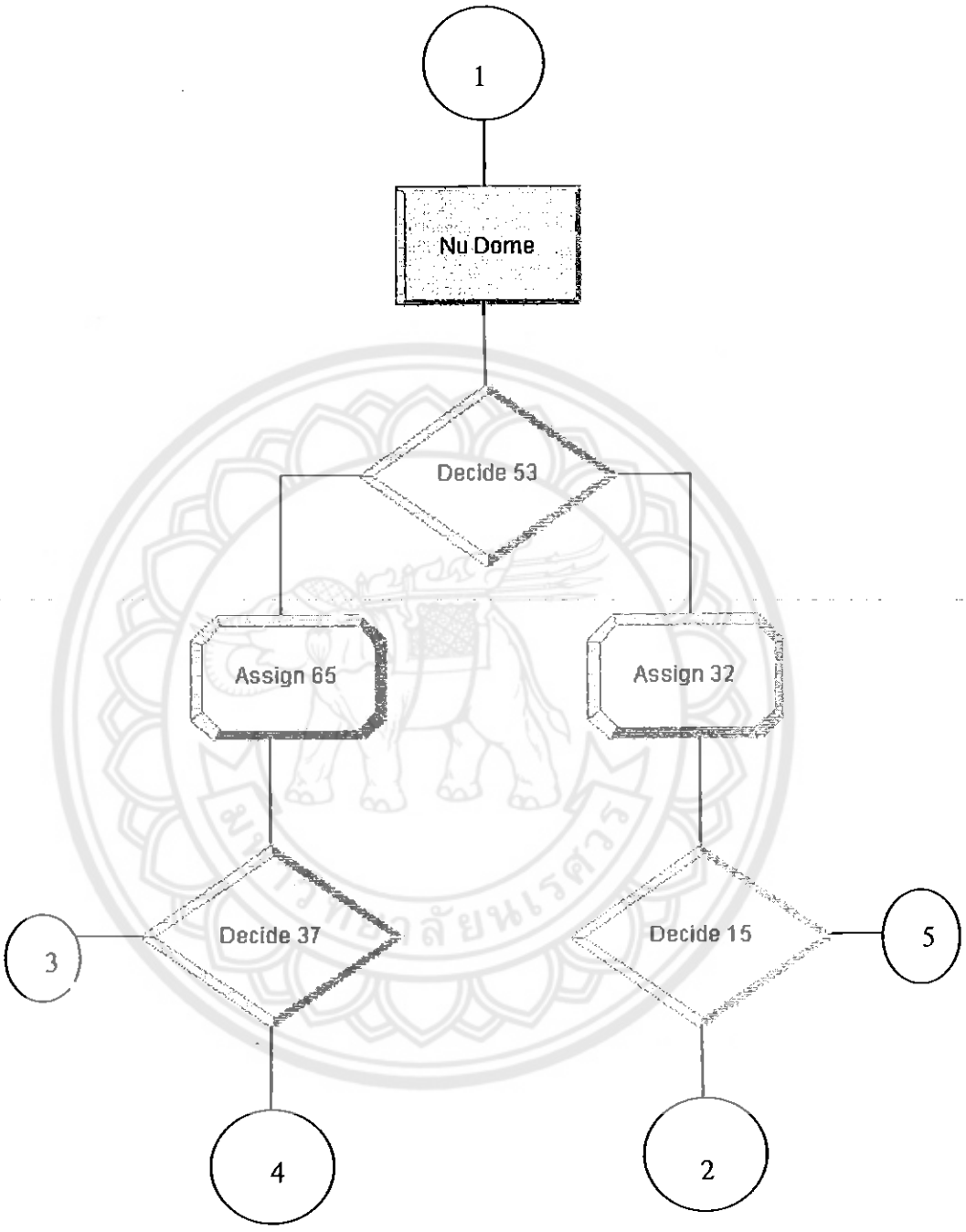


รูปที่ 3.8 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign Starting Time of Red Driver

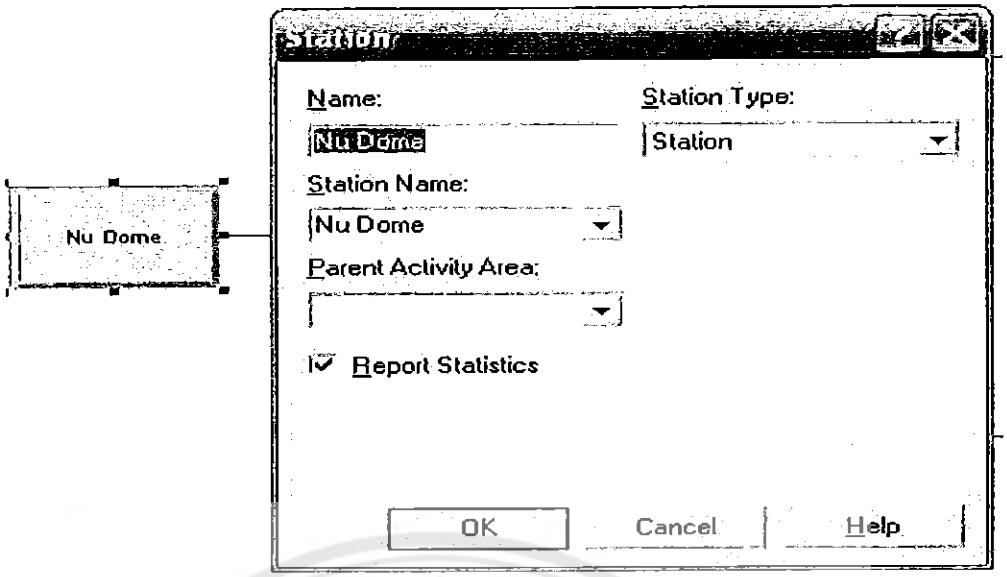
5. สร้าง Assign Module ชื่อ Assign Starting Time of RedDriver ดังรูปที่ 3.8 ถูกกำหนดคุณสมบัติให้(Attribute)

- จับเวลารถไฟฟ้าเริ่มออกจากสถานี ณ เวลาปัจจุบันนั้น โดยค่าเวลาปัจจุบันนี้จะถูกเก็บไว้ในคุณสมบัติที่ชื่อ RedArrival (การใช้สูตร TNOW หมายถึงเวลาปัจจุบันที่ปรากฏบนการรันแบบจำลอง)
- กำหนดให้รถไฟฟ้าเริ่มวิ่งรอบแรก

แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome ประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.9

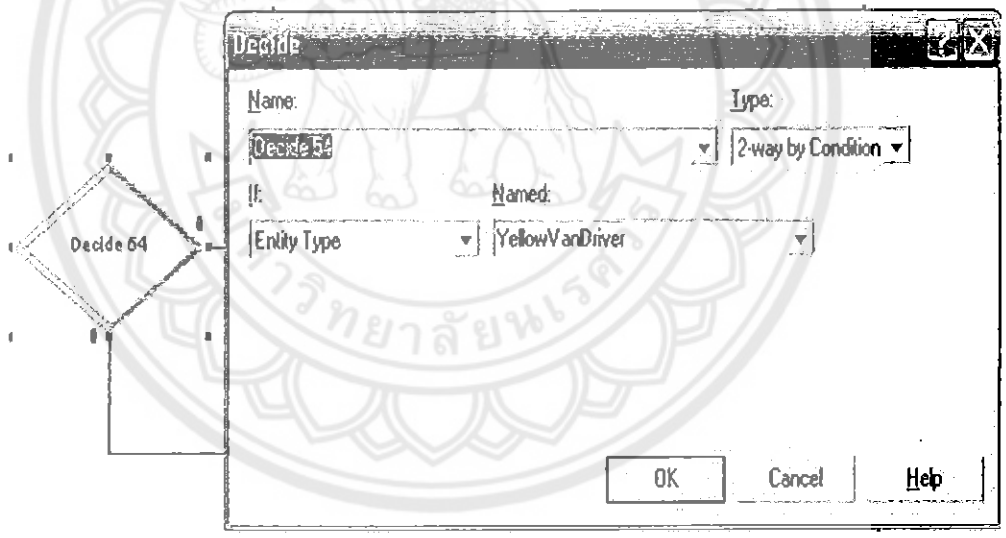


รูปที่3.9 แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome



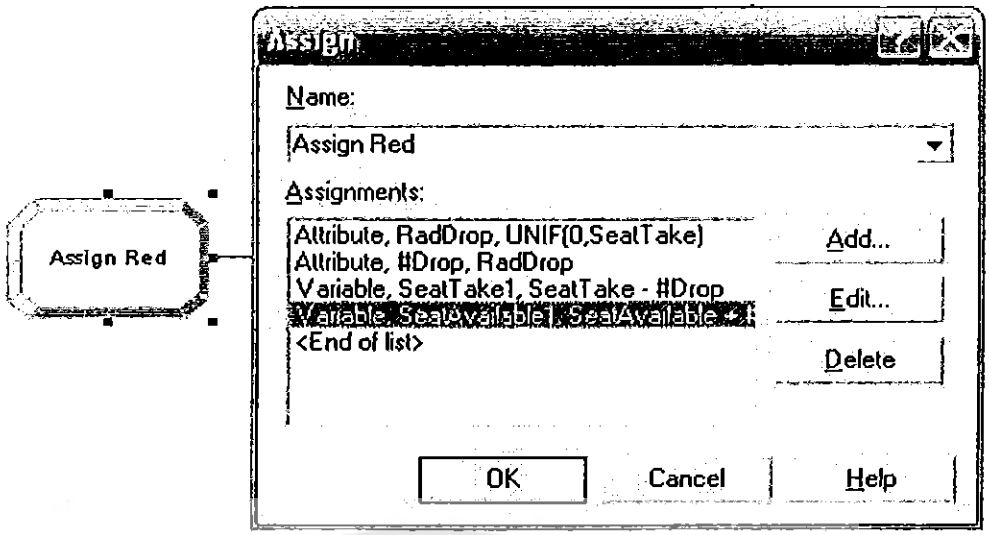
รูปที่ 3.10 หน้าต่าง Station Module ชื่อ Nu Dome

6. สร้าง Station Module ชื่อ NuDome ดังรูปที่ 3.10 เพื่อทำหน้าที่ระบุชื่อสถานี NuDome



รูปที่ 3.11 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ Decide 54

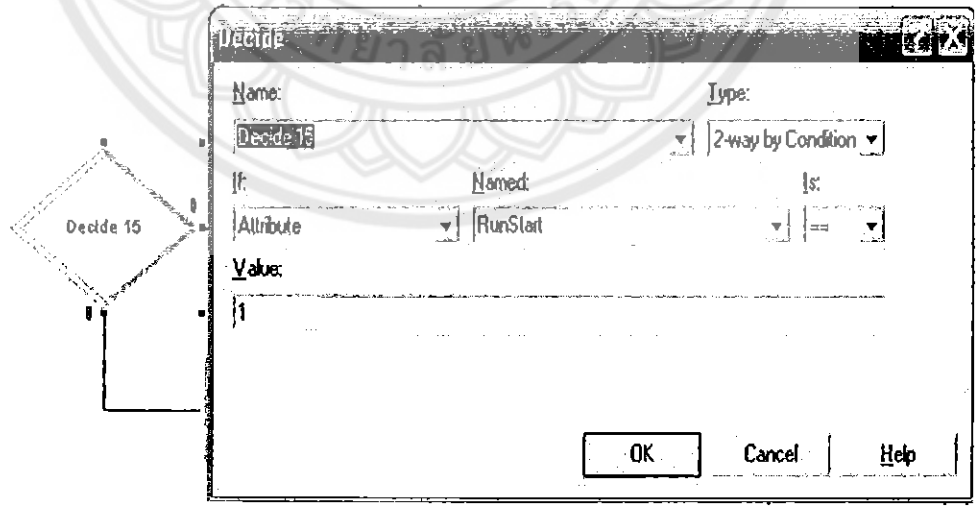
7. สร้าง Decide Module ชื่อ Decide54 ดังรูปที่ 3.11 เพื่อทำหน้าที่เช็คว่าเป็นรถไฟฟ้าสีแดงหรือรถไฟฟ้าสีเหลืองที่วิ่งเข้ามาสถานี Nu Dome



รูปที่ 3.12 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign Red

8. สร้าง Assign Module ชื่อ Assign Red ดังรูปที่ 3.12 เพื่อกำหนดคุณสมบัติโมดูลชื่อ AssignRed

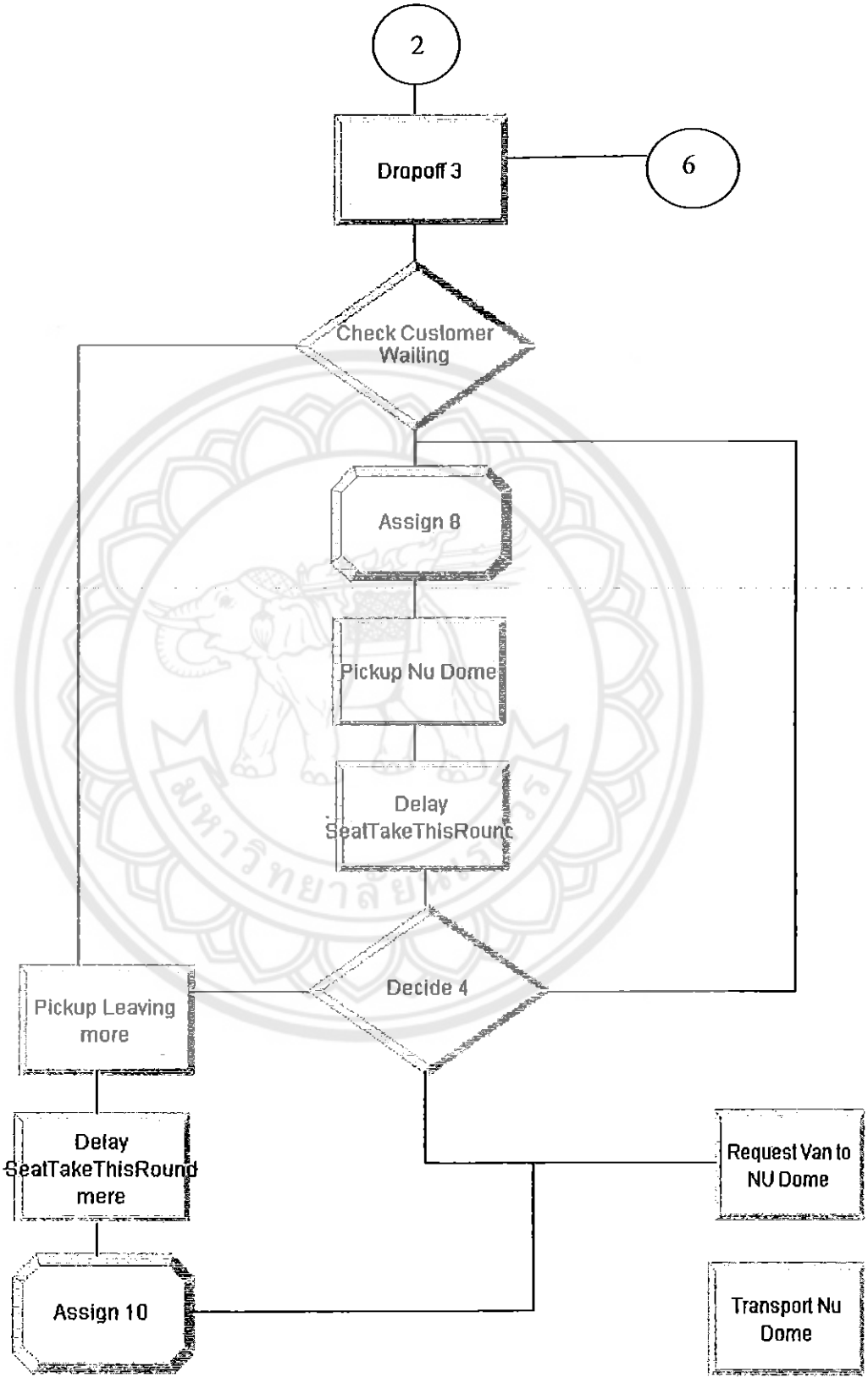
- RedDrop ทำการสุ่มคนลงที่สถานีด้วยค่ากระจายแบบยูนิฟอร์ม มีค่าต่ำสุดคือ 0 และค่าสูงสุดคือ SeatTake (จำนวนที่นั่งทั้งหมดในรถ)
- จำนวนคนที่ลงถูกเก็บค่าในคุณสมบัติที่ชื่อ #Drop
- หาค่าจำนวนที่นั่งเก็บค่าไว้ในตัวแปร SeatTake1
- นับจำนวนที่นั่งที่รถสามารถรับไปได้เก็บค่าไว้ในตัวแปร SeatAvailable1



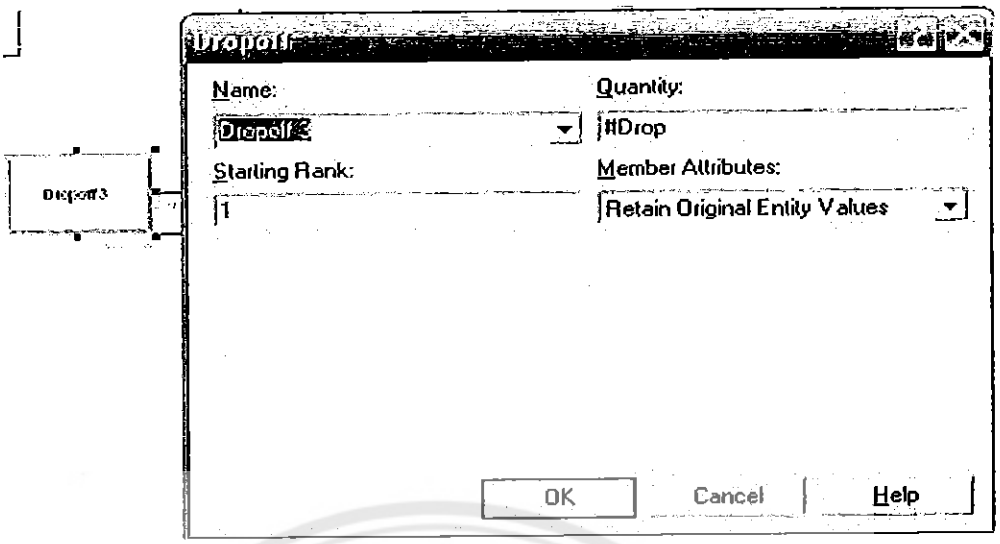
รูปที่ 3.13 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ Decide 15

9. สร้าง Decide Module ชื่อ Decid15 ดังรูปที่ 3.13 เพื่อทำการเช็คว่ารถไฟฟ้าวิ่งมาถึงสถานีสุดท้ายหรือไม่

แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome กรณีไม่ใช่สถานีสุดท้ายประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.14

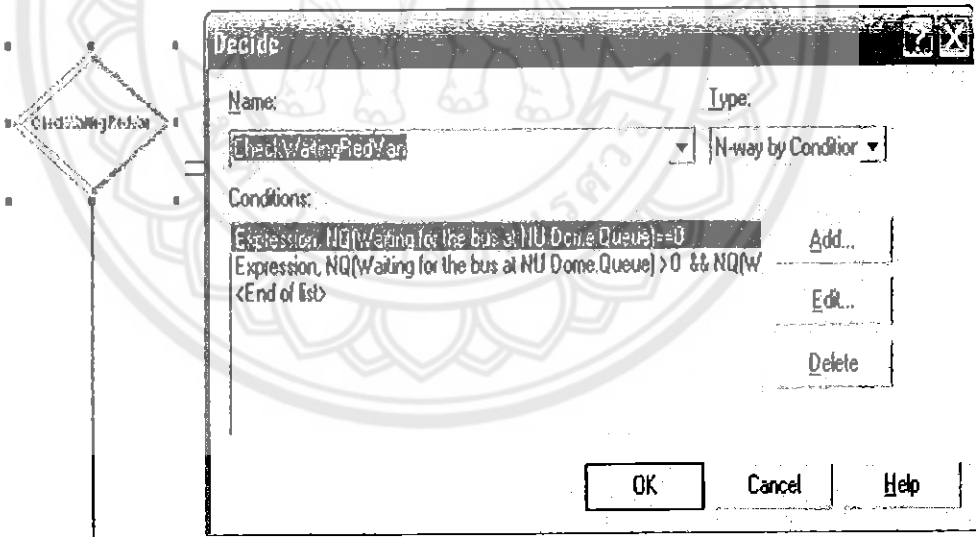


รูปที่ 3.14 แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome กรณีไม่ใช่สถานีสุดท้าย



รูปที่ 3.15 หน้าต่าง Dropoff Module ชื่อ Dropoff 3

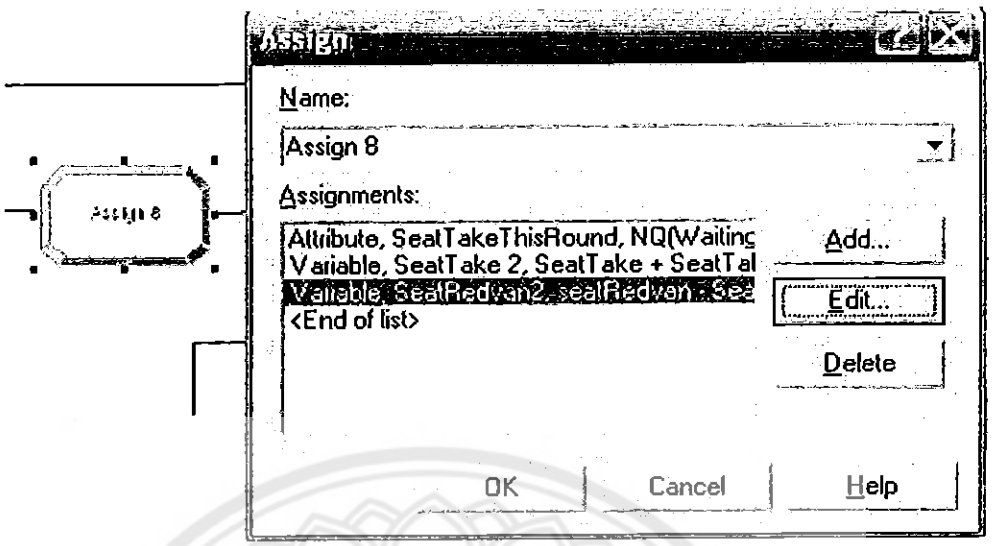
10. สร้าง Dropoff Module ชื่อ Dropoff 3 ดังรูปที่ 3.15 เพื่อปล่อยผู้โดยสารที่มากับรถไฟฟ้าตามจำนวนคนที่ต้องการลงแบบสุ่ม(#Drop)



รูปที่ 3.16 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ CheckWaitingRedVan

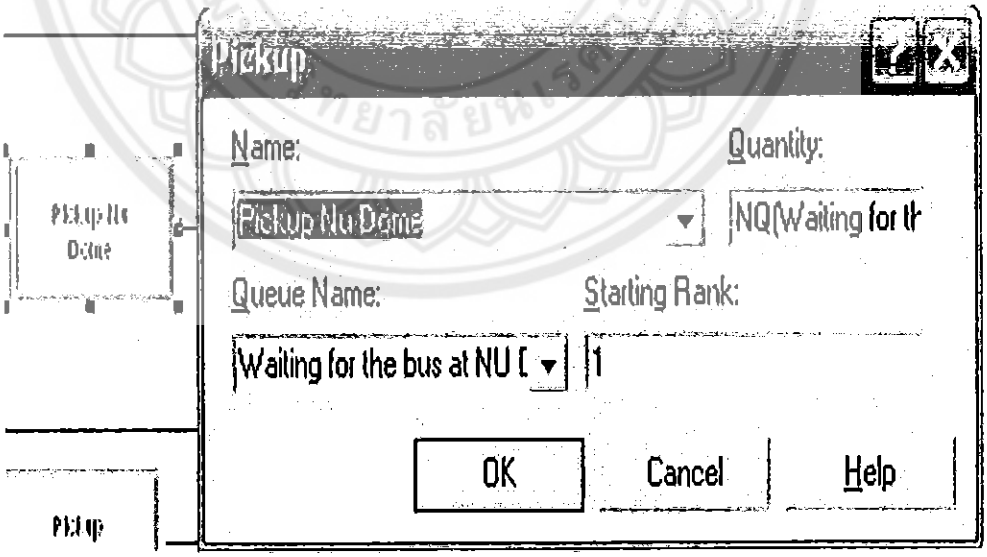
11. สร้าง Decide Module ชื่อ CheckWaitingRedVan ดังรูปที่ 3.16 เพื่อเช็คเงื่อนไข

- ถ้าจำนวนผู้โดยสารที่รอสถานี NuDome ไม่มี ก็ให้รถไฟฟ้าวิ่งผ่านไปรับสถานีต่อไป
- ถ้าจำนวนผู้โดยสารที่รอสถานีNuDomeมากกว่า0 คนและจำนวนผู้โดยสารที่รอสถานี NuDomeน้อยกว่าจำนวนที่นั่งที่สามารถรับไปได้ รถไฟฟ้าจะหยุดรับผู้โดยสาร



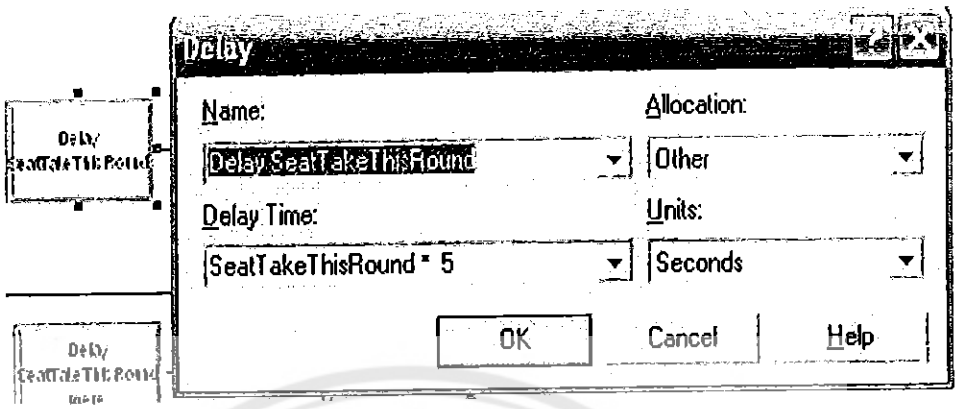
รูปที่ 3.17 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assing 8

12. สร้าง Assign Module ชื่อ Assing 8 ดังรูปที่ 3.17 เพื่อกำหนดคุณสมบัติ
- จำนวนผู้โดยสารที่รอสถานี NuDome ถูกนำขึ้นรถไปตามจำนวนที่นั่งที่สามารถรับไปได้
- หาค่าจำนวนที่นั่งที่ถูกผู้โดยสารยึดครองเก็บค่าไว้ในตัวแปร SeatTake2
- หาค่าจำนวนที่นั่งที่รถสามารถรับไปได้เก็บค่าไว้ในตัวแปร SeatAvailable2



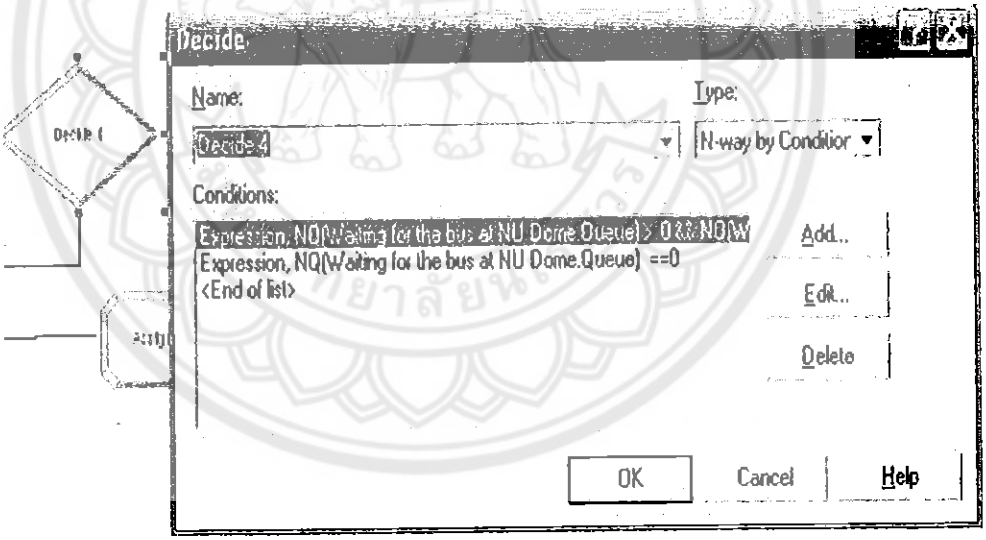
รูปที่ 3.18 หน้าต่าง Pickup Module ชื่อ PickupNuDome

13. สร้าง Pickup Module ชื่อ PickupNuDome ดังรูปที่ 3.18 เพื่อนำทุกคนที่รออยู่ในป้ายรอรถขณะที่รถมาถึงขึ้นรถทั้งหมด



รูปที่ 3.19 หน้าต่าง Delay Module ชื่อ DelaySeatTakeThisRound

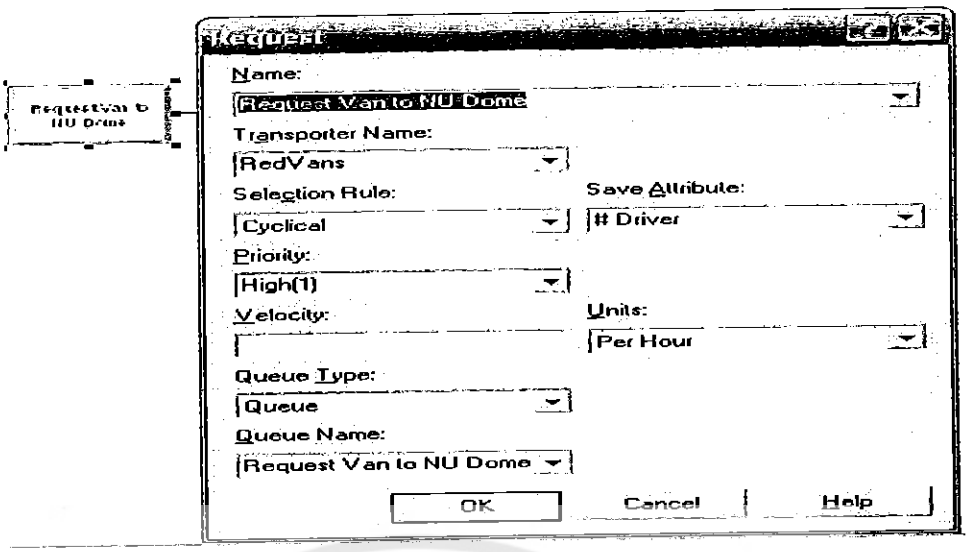
14. สร้าง Delay Module ชื่อ Delay SeatTakeThisRound ดังรูปที่ 3.19 เพื่อแสดงเวลาที่ผู้โดยสารทั้งหมดขึ้นรถไฟฟ้าใช้ค่า delay ไปเท่าไร



รูปที่ 3.20 หน้าต่าง Decide Module ชื่อ Decide 4

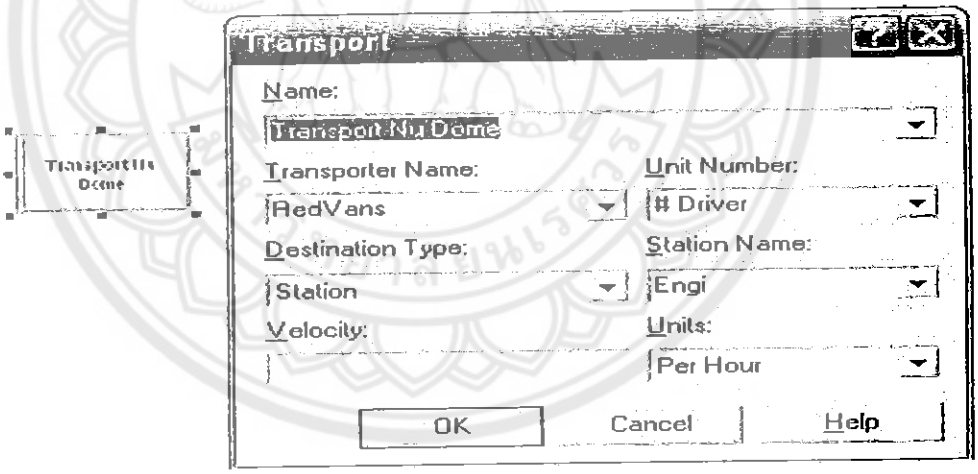
15. สร้าง Decide Module ชื่อ Decide 4 ดังรูปที่ 3.20 เพื่อเช็คเงื่อนไข

- ถ้าจำนวนผู้โดยสารที่รอสถานี NuDome มากกว่า0 คนและจำนวนผู้โดยสารที่รอสถานี NuDome น้อยกว่าจำนวนที่นั่งที่สามารถรับไปได้ รถไฟฟ้าจะหยุดรับผู้โดยสาร
- ถ้าจำนวนผู้โดยสารที่รอสถานี NuDome ไม่มี ก็ให้รถไฟฟ้าวิ่งผ่านไปรับสถานีต่อไป



รูปที่ 3.21 หน้าต่าง Request Module ชื่อ RequestVanToNuDome

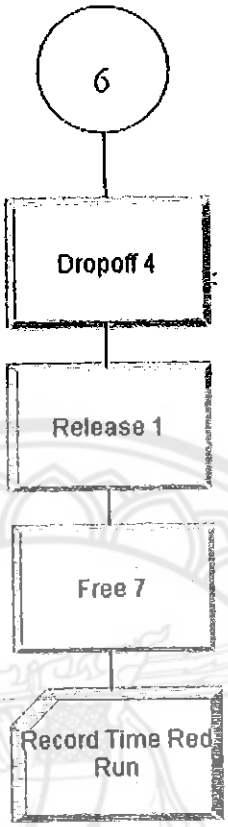
16. สร้าง Request Module ชื่อ RequestVanToNuDome ดังรูปที่ 3.21 ทำหน้าที่จองรถไฟฟ้าชื่อ RedVans



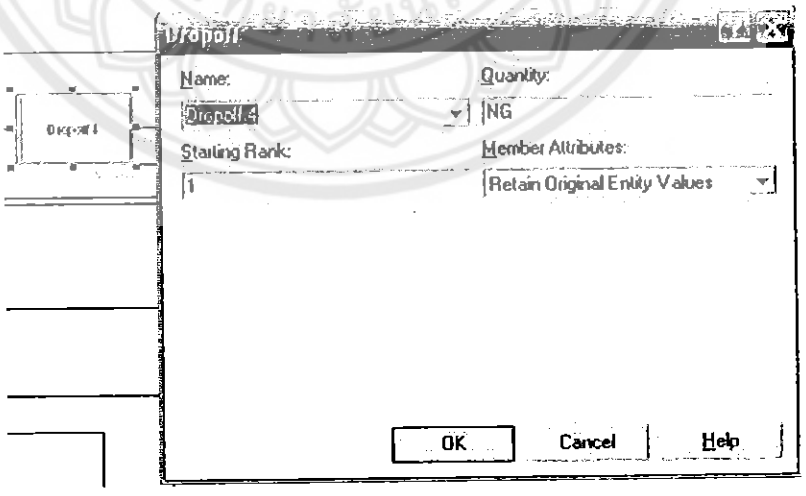
รูปที่ 3.22 หน้าต่าง Transport Module ชื่อ TransportNuDome

17. สร้าง Transport Module ชื่อ TransportNuDome ดังรูปที่ 3.22 เพื่อทำหน้าที่ขนย้ายวัตถุที่เข้าสู่โมดูลนี้ด้วยรถขนถ่ายชื่อ RedVans ไปยังสถานีปลายทางชื่อ Engi

แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome กรณีเป็นสถานีสุดท้ายประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.23

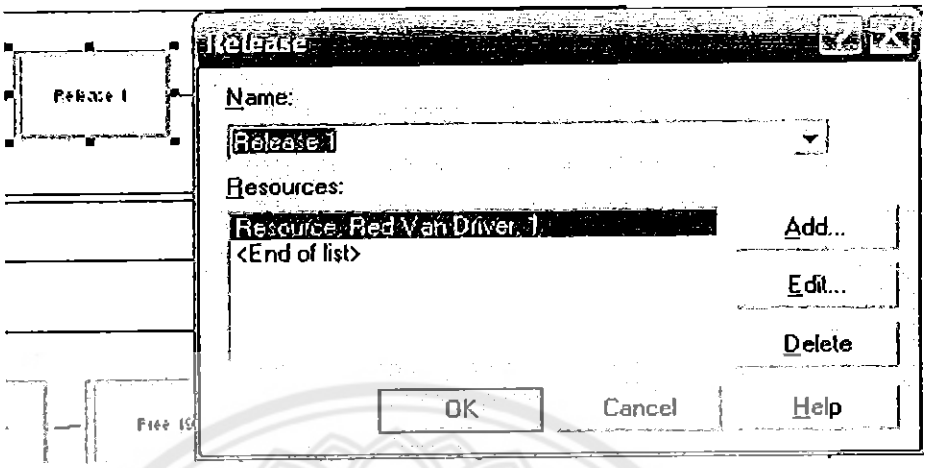


รูปที่3.23 แบบจำลองในส่วนการสร้างสถานี NuDome กรณีเป็นสถานีสุดท้าย



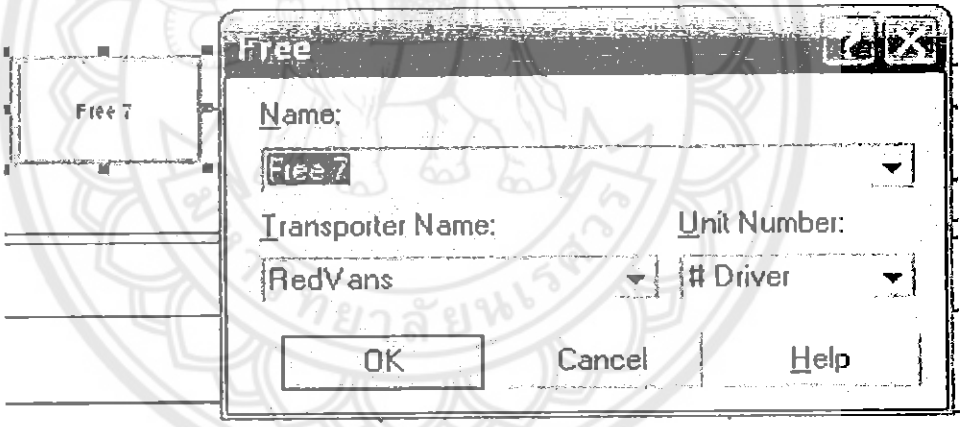
รูปที่ 3.24 หน้าต่าง Dropoff Module ชื่อ Dropoff 4

18. สร้าง Dropoff Module ชื่อ Dropoff 4 ดังรูปที่ 3.24 เพื่อปล่อยผู้โดยสารทุกคนที่มากับรถไฟฟ้าลง ณ สถานีปลายทาง



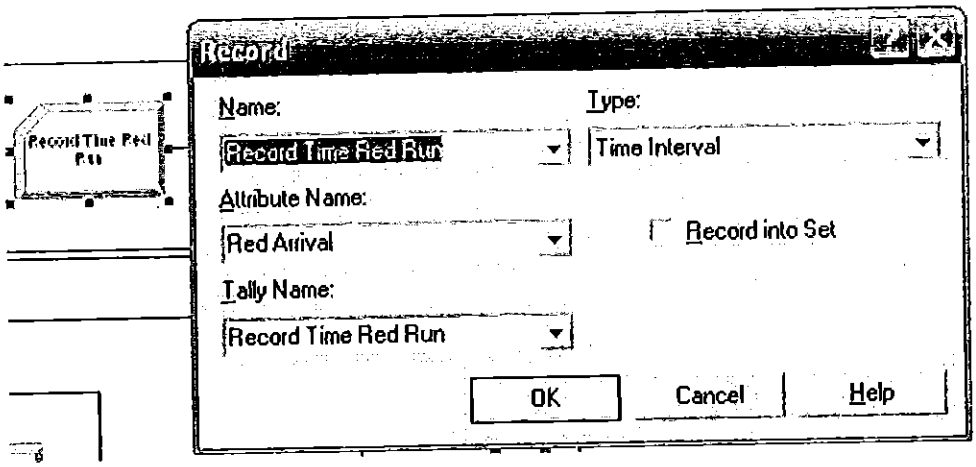
รูปที่ 3.25 หน้าต่าง Release Module ชื่อ Release1

19. สร้าง Release Module ชื่อ Release1 ดังรูปที่ 3.25 เพื่อปล่อยทรัพยากรให้ว่าง



รูปที่ 3.26 หน้าต่าง Free Module ชื่อ Free7

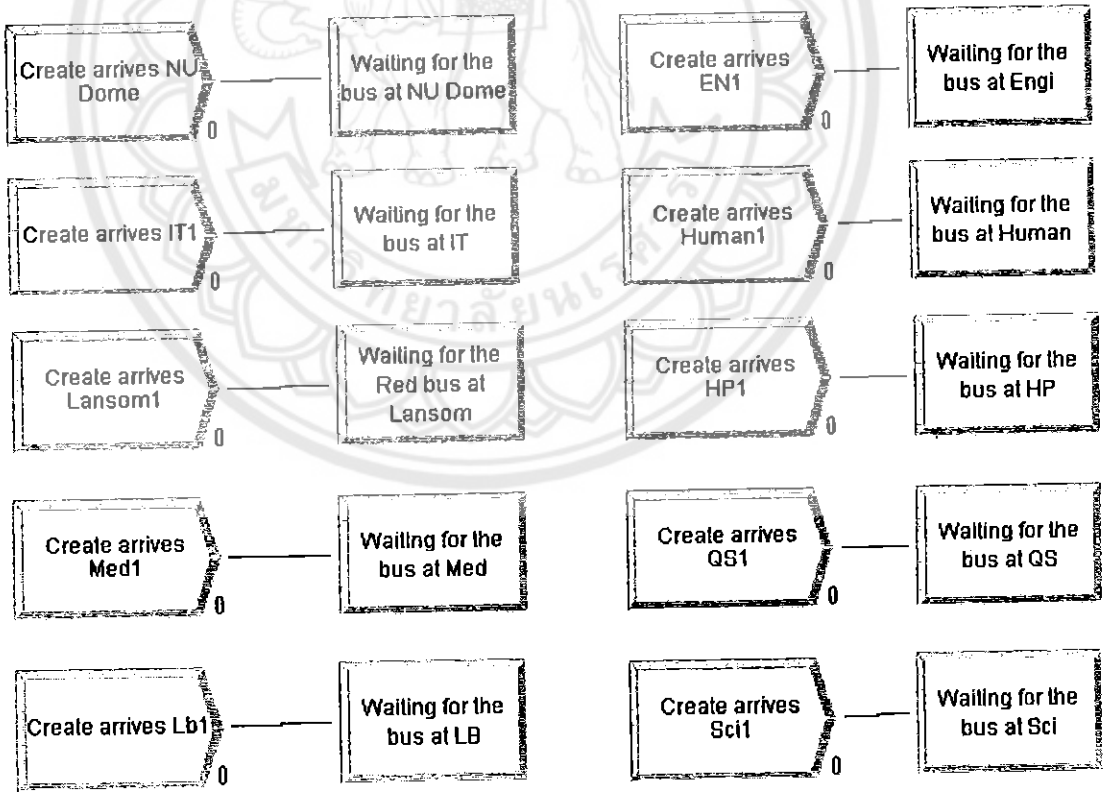
20. สร้าง Free Module ชื่อ Free7 ดังรูปที่ 3.26 เพื่อทำหน้าที่ปล่อยอุปกรณ์รถขนถ่ายชื่อ RedVans ที่ถูกจองก่อนหน้านี้ด้วย Request Module ให้ว่าง



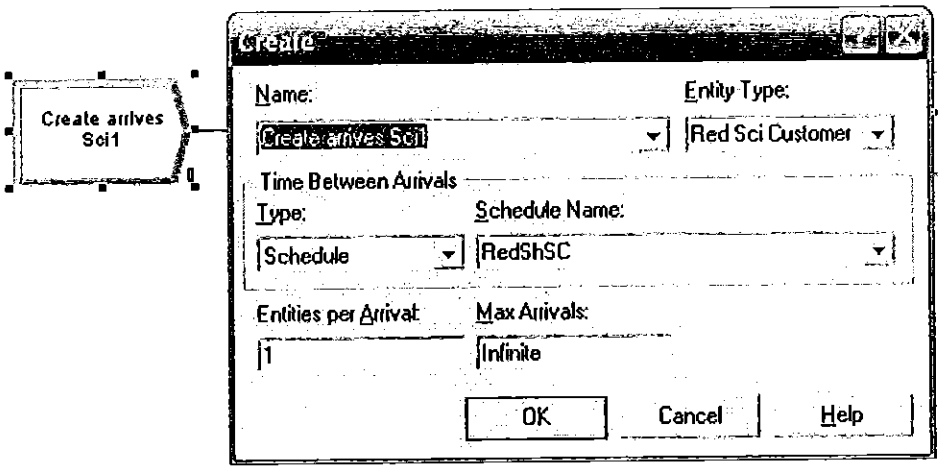
รูปที่ 3.27 หน้าต่าง Record Module ชื่อ RecordTimeRedRun

21. สร้าง Record Module ชื่อ RecordTimeRedRun ดังรูปที่ 3.27 เพื่อเก็บข้อมูลด้านเวลาที่รถไฟฟ้าวิ่งอยู่ในระบบใช้เวลาเท่าไร

แบบจำลองในส่วนการสร้างผู้โดยสารเข้ามาในสถานีรับ-ส่ง ประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.28

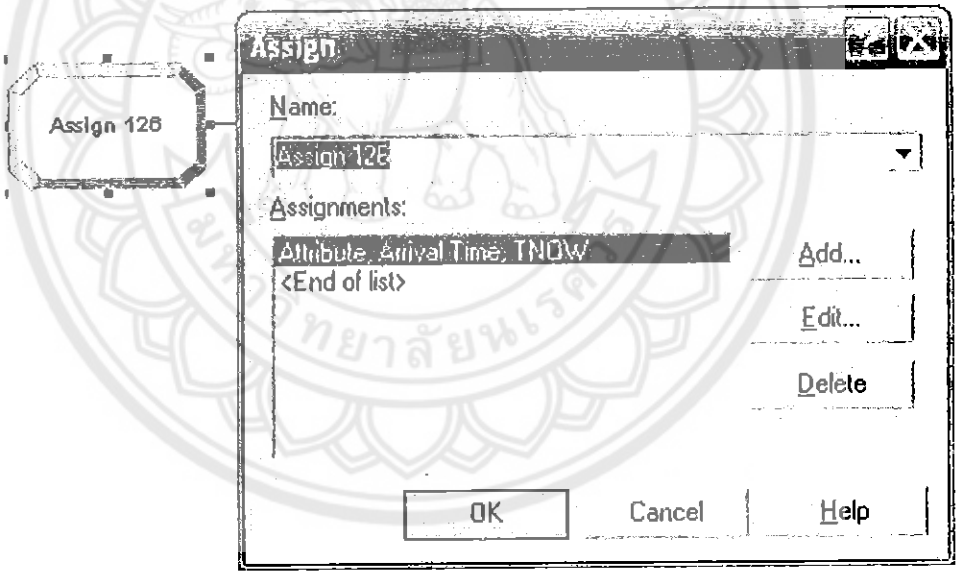


รูปที่ 3.28 แบบจำลองในส่วนการสร้างผู้โดยสารเข้ามาในสถานีรับ-ส่ง



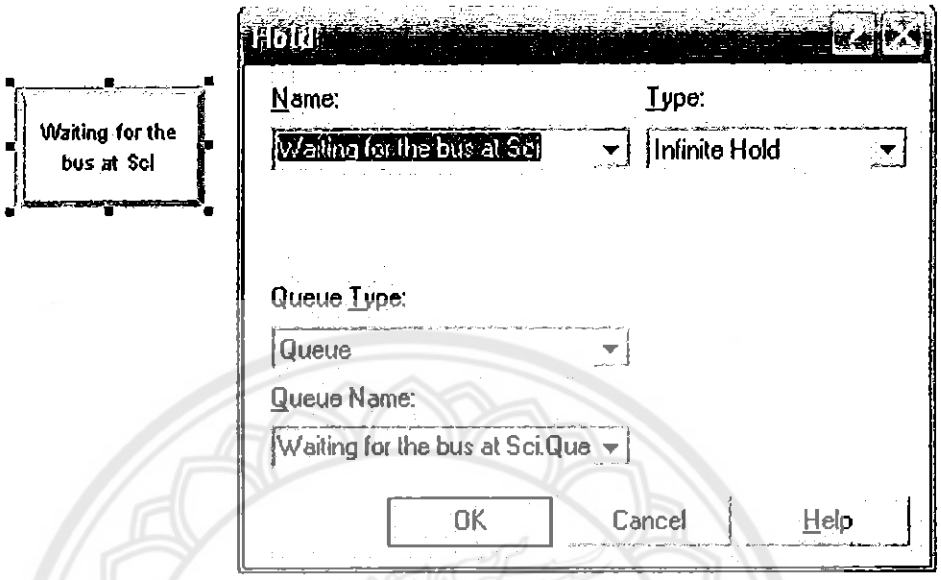
รูปที่ 3.29 หน้าต่าง Create Module ชื่อ Create Arrive Sci1

22. สร้าง Rreate Module ชื่อ Create Arrive Sci1 ดังรูปที่ 3.30 เพื่อสร้างผู้โดยสารเข้ามาในระบบด้วยการมาถึงแบบมีตารางเวลาการมาถึงของ Red sci Customer และผู้โดยสารเข้ามาไม่จำกัดจำนวน



รูปที่ 3.30 หน้าต่าง Assign Module ชื่อ Assign 126

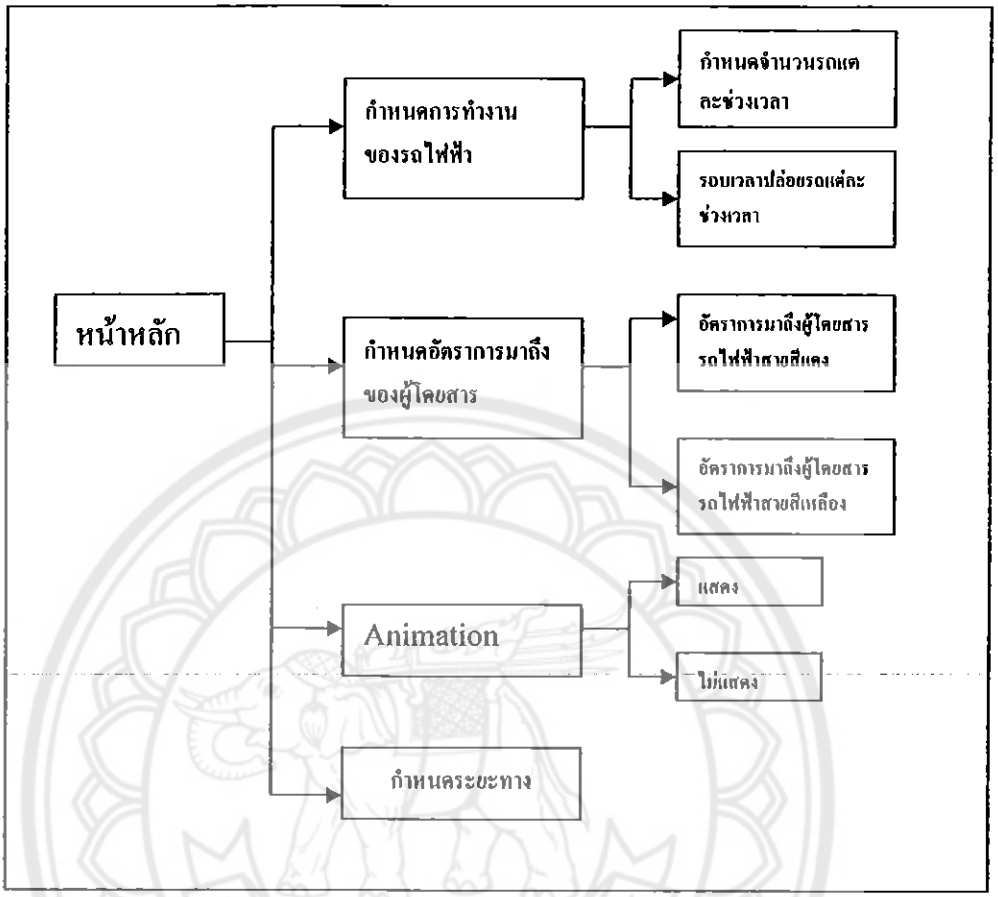
23. สร้าง Assign Module ชื่อ Assign 126 ดังรูปที่ 3.31 เพื่อกำหนดคุณสมบัติ
- เวลาการมาถึงของผู้โดยสาร ณ ช่วงเวลาปัจจุบันนั้น



รูปที่ 3.31 หน้าต่าง Hold Module ชื่อ Waiting for the bus at Sci

24. สร้าง Hold Module ชื่อ Waiting for the bus at Sci ดังรูปที่ 3.32 เพื่อกักผู้โดยสารอยู่ในแถวคอย ณ สถานีรับ-ส่งเพื่อรอรถไฟฟ้ามารับเมื่อวัตถุเข้ามาจะถูกเก็บในคิวชื่อ waiting for bus.Queue โดยผู้โดยสารจะถูกกักอยู่ในโมดูลนี้อย่างไม่จำกัดจำนวน(Infinine Hold) จนกระทั่งวัตถุถูกเคลื่อนย้ายออกจากแถวคอย

3.5 แนวคิดในการออกแบบ GUI (Graphic User Interface)



รูปที่ 3.32 แผนผังการออกแบบ GUI (Graphic User Interface)

ในการออกแบบ GUI (Graphic User Interface) แบ่งเป็น 4 ส่วนหลักคือ กำหนดการทำงานของรถไฟฟ้า กำหนดอัตราการมาถึงของผู้โดยสาร Animation กำหนดระยะทาง

3.2.1 การกำหนดการทำงานของรถไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

- กำหนดจำนวนรถไฟฟ้าออกแต่ละช่วงเวลา
- กำหนดรอบเวลาปล่อยรถไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา

3.2.2 กำหนดอัตราการมาถึงของผู้โดยสารแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

- อัตราการมาถึงผู้โดยสารรถไฟฟ้าสายสีแดง
- อัตราการมาถึงผู้โดยสารรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

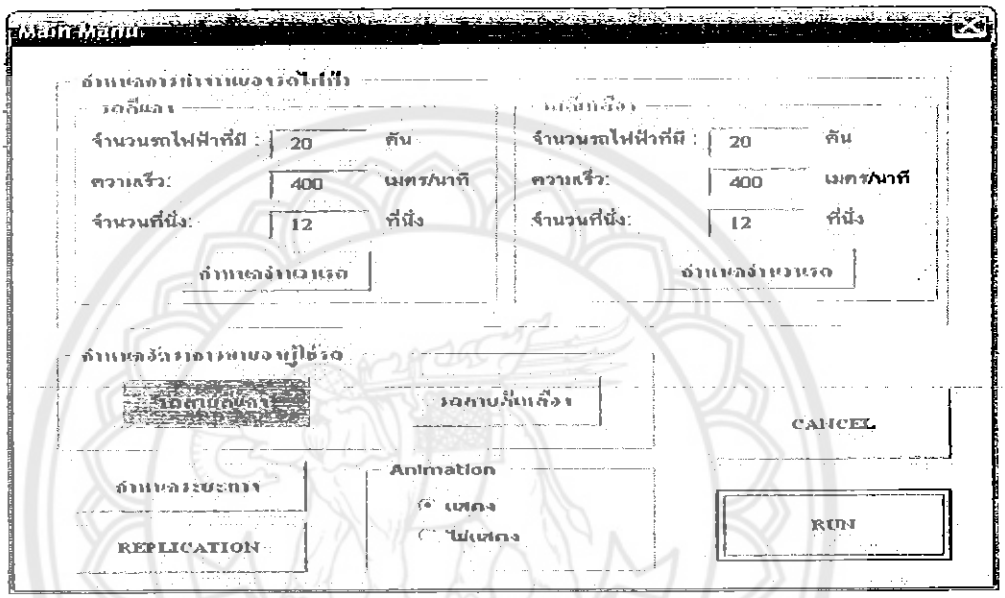
3.3.3 Animation สามารถกำหนดที่จะให้แสดงหรือไม่แสดงภาพแอนนิเมชั่นได้ขณะที่ทำการรันโปรแกรม

3.3.4 กำหนดระยะทาง ในส่วนนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดระยะทางระหว่างสถานีหรือสามารถที่จะยกเลิกสถานีรับ-ส่งรถไฟฟ้าได้

3.6 การทำงานของ GUI (Graphic User Interface)

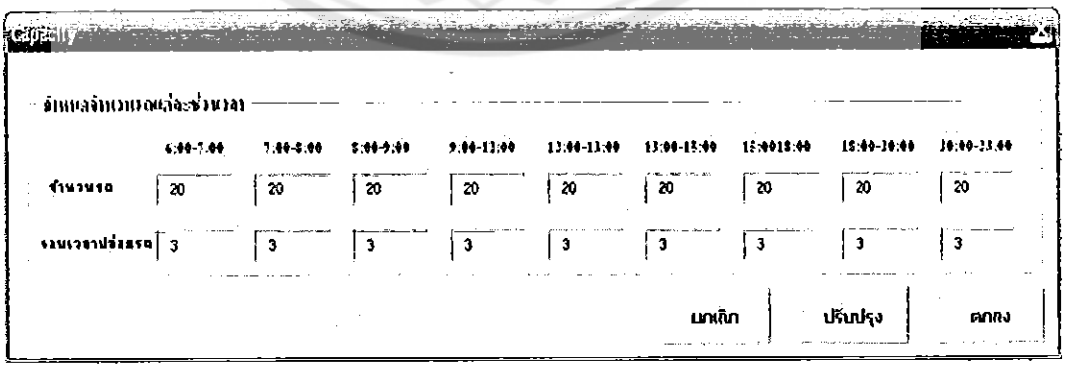
เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาจะพบหน้าหลักดังรูป

ผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดค่าต่างๆได้จากเมนูแรกของหน้าจอนี้อาทิเช่น จำนวนรถไฟฟ้า อัตราความเร็วที่รถไฟฟ้าวิ่ง จำนวนที่นั่ง



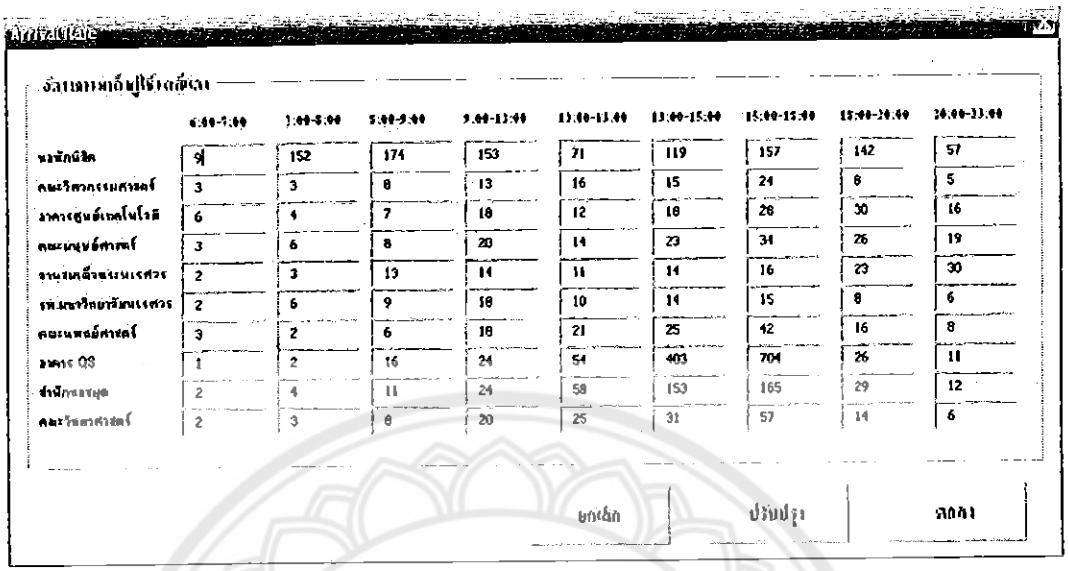
รูปที่ 3.33 หน้าหลักของโปรแกรม

ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา รอบเวลาที่ต้องการปล่อยรถออกได้ตามความเหมาะสม



รูปที่ 3.34 หน้าต่างของการกำหนดจำนวนรถ รอบเวลาปล่อยรถไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลา

ผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดอัตราการมาถึงของผู้โดยสารรถไฟฟ้าในแต่ละสถานีและช่วงเวลาตามที่ไปสำรวจมา



รูปที่ 3.35 หน้าต่างของอัตราการมาถึงของผู้โดยสาร

อัตราการมาถึงของผู้โดยสารหาได้จากสมการ การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลที่ไม่แจกแจงความถี่

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i}^{k} Xi}{N} \quad [5]$$

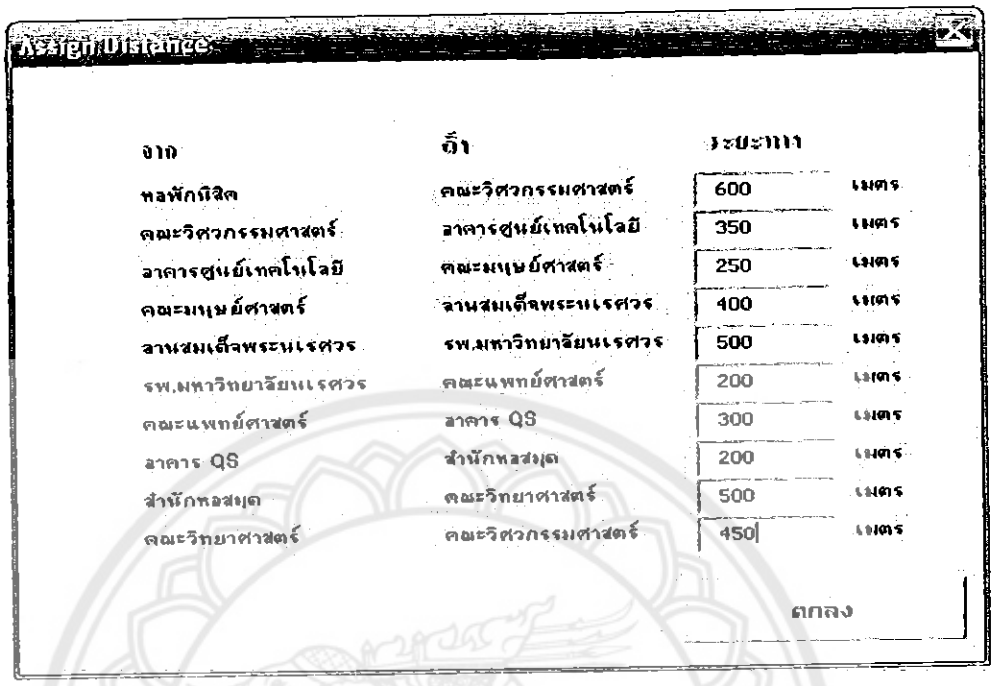
กำหนดให้ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_k$ เป็นข้อมูล k ค่า

N คือ จำนวนครั้งที่ทำการสำรวจข้อมูล

ตัวอย่างเช่น ณ สถานีหอพักนิสิต ณ ช่วงเวลา 6.00-7.00 น. ได้ทำการเก็บข้อมูลผู้โดยสารที่มารอรถไฟฟ้าสายสีแดงทั้งหมด 10 ครั้ง

ก็จะได้ค่าเฉลี่ยอัตราการมาถึงของผู้ใช้รถสถานีนี้ = ผลรวมทั้งหมดของผู้โดยสาร/ จำนวนครั้งที่ทำการสำรวจข้อมูล

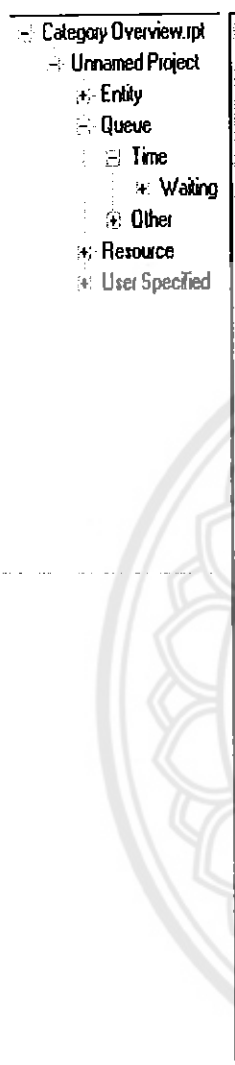
ผู้ใช้งานสามารถกำหนดระยะทางระหว่างสถานีหรือสามารถที่จะยกเลิกสถานีรับ-ส่งรถไฟฟ้าได้



รูปที่ 3.36 หน้าต่างกำหนดระยะทางระหว่างสถานี

3.7 การแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของแบบจำลอง

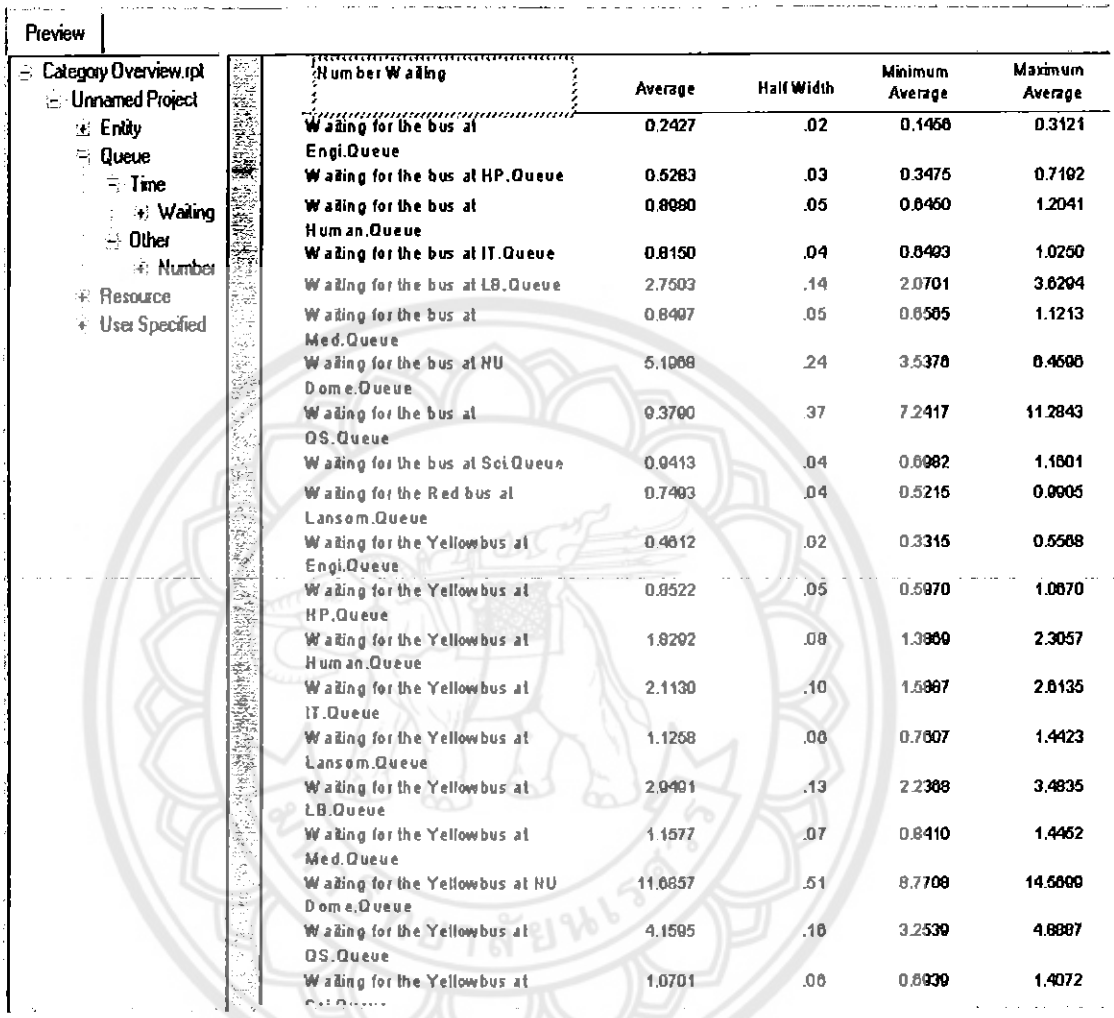
ผลลัพธ์ที่ได้คือ อัตราการรอ (Waiting Time) ของแต่ละสถานีตลอดทั้งวัน โดยจะทำการแสดงผลออกมาในรูปของตารางเรียงตามลำดับตัวอักษรในภาษาอังกฤษ ดังรูป ที่ 3.37



Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Waiting for the bus at Engi.Queue	1.2937	.08	0.7984	1.7154
Waiting for the bus at HP.Queue	2.9125	.16	2.0179	3.7523
Waiting for the bus at Human.Queue	2.7566	.12	2.0042	3.3090
Waiting for the bus at IT.Queue	2.7604	.13	2.1123	3.5369
Waiting for the bus at LB.Queue	2.8246	.14	2.0797	3.5806
Waiting for the bus at Med.Queue	2.8350	.13	2.2141	3.5609
Waiting for the bus at NU Dome.Queue	2.7535	.13	1.8970	3.4638
Waiting for the bus at QS.Queue	3.2129	.12	2.4805	3.7801
Waiting for the bus at Sci.Queue	2.6741	.09	2.1361	3.0911
Waiting for the Red bus at Lansom.Queue	2.8830	.15	2.0179	3.5463
Waiting for the Yellowbus at Engi.Queue	1.6664	.07	1.2138	2.0523
Waiting for the Yellowbus at HP.Queue	4.2615	.20	2.9713	5.1039
Waiting for the Yellowbus at Human.Queue	4.3859	.17	3.4211	5.3580
Waiting for the Yellowbus at IT.Queue	4.3941	.19	3.3102	5.2959
Waiting for the Yellowbus at Lansom.Queue	4.4406	.18	3.3397	5.3204
Waiting for the Yellowbus at LB.Queue	4.3291	.17	3.2927	5.0746
Waiting for the Yellowbus at Med.Queue	4.2379	.20	3.1943	5.0575
Waiting for the Yellowbus at NU Dome.Queue	4.4095	.19	3.3088	5.5583
Waiting for the Yellowbus at QS.Queue	4.3979	.17	3.3184	5.1661
Waiting for the Yellowbus at	4.2368	.21	3.0590	5.3978

รูปที่ 3.37 อัตราการรอ (Waiting Time)ของผู้โดยสารแต่ละสถานีตลอดทั้งวัน

ผลลัพธ์ที่ได้คือ จำนวนรอคอยของผู้โดยสาร (Number Waiting) ของแต่ละสถานีตลอดทั้งวัน โดยจะทำการแสดงผลออกมาในรูปของตารางเรียงตามลำดับตัวอักษรในภาษาอังกฤษ ดังรูปที่ 3.38



Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Waiting for the bus at Engi.Queue	0.2427	.02	0.1456	0.3121
Waiting for the bus at HP.Queue	0.5283	.03	0.3475	0.7192
Waiting for the bus at Human.Queue	0.8980	.05	0.6450	1.2041
Waiting for the bus at IT.Queue	0.8150	.04	0.6493	1.0250
Waiting for the bus at LB.Queue	2.7503	.14	2.0701	3.6294
Waiting for the bus at Med.Queue	0.8497	.05	0.6505	1.1213
Waiting for the bus at NU Dome.Queue	5.1068	.24	3.5378	6.4586
Waiting for the bus at OS.Queue	9.3790	.37	7.2417	11.2843
Waiting for the bus at Sci.Queue	0.9413	.04	0.6982	1.1601
Waiting for the Red bus at Lansom.Queue	0.7493	.04	0.5215	0.9905
Waiting for the Yellowbus at Engi.Queue	0.4612	.02	0.3315	0.5588
Waiting for the Yellowbus at HP.Queue	0.8522	.05	0.5970	1.0670
Waiting for the Yellowbus at Human.Queue	1.8292	.08	1.3969	2.3057
Waiting for the Yellowbus at IT.Queue	2.1130	.10	1.5997	2.6135
Waiting for the Yellowbus at Lansom.Queue	1.1258	.06	0.7607	1.4423
Waiting for the Yellowbus at LB.Queue	2.9491	.13	2.2368	3.4835
Waiting for the Yellowbus at Med.Queue	1.1577	.07	0.8410	1.4462
Waiting for the Yellowbus at NU Dome.Queue	11.6857	.51	8.7709	14.5699
Waiting for the Yellowbus at OS.Queue	4.1595	.16	3.2539	4.8887
Waiting for the Yellowbus at	1.0701	.06	0.8939	1.4072

รูปที่ 3.38 จำนวนรอคอย (Number Waiting) ของผู้โดยสารแต่ละสถานีตลอดทั้งวัน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สำหรับการออกแบบการทดลองทางกลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบการทดลองเป็น 4 การทดลอง โดยจำแนกเป็น

การทดลองที่ 1 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้า

การทดลองที่ 2 เป็นการปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วรถไฟฟ้า

การทดลองที่ 3 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า

การทดลองที่ 4 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

4.1 การทดลองที่ 1 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้า

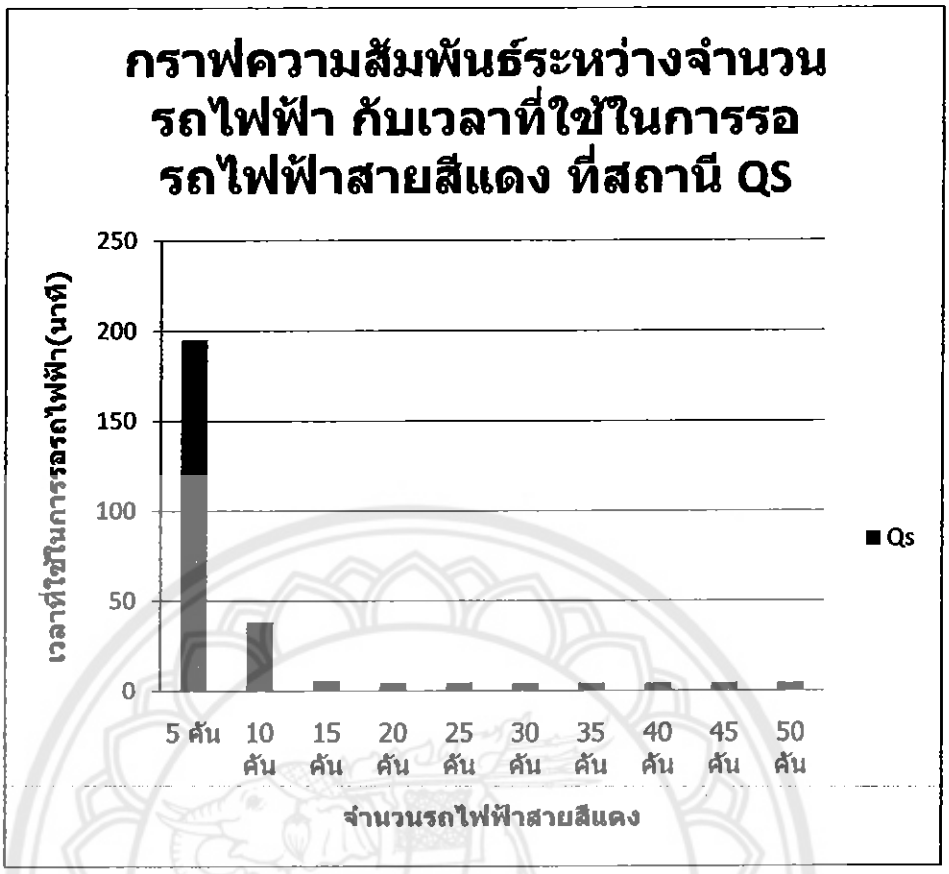
การประมวลผลโมเดลที่มีจำนวนรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 5,10,15,20,....50 คัน โดยทำการ fix อัตราความเร็วที่ 300 เมตร/นาที จำนวนที่นั่ง 15 ที่นั่ง รอบเวลาปล่อยรถทุกๆ 3 นาที

ตารางที่ 4.1 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time : Minutes) รถไฟฟ้าสายสีแดง กรณีปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้า

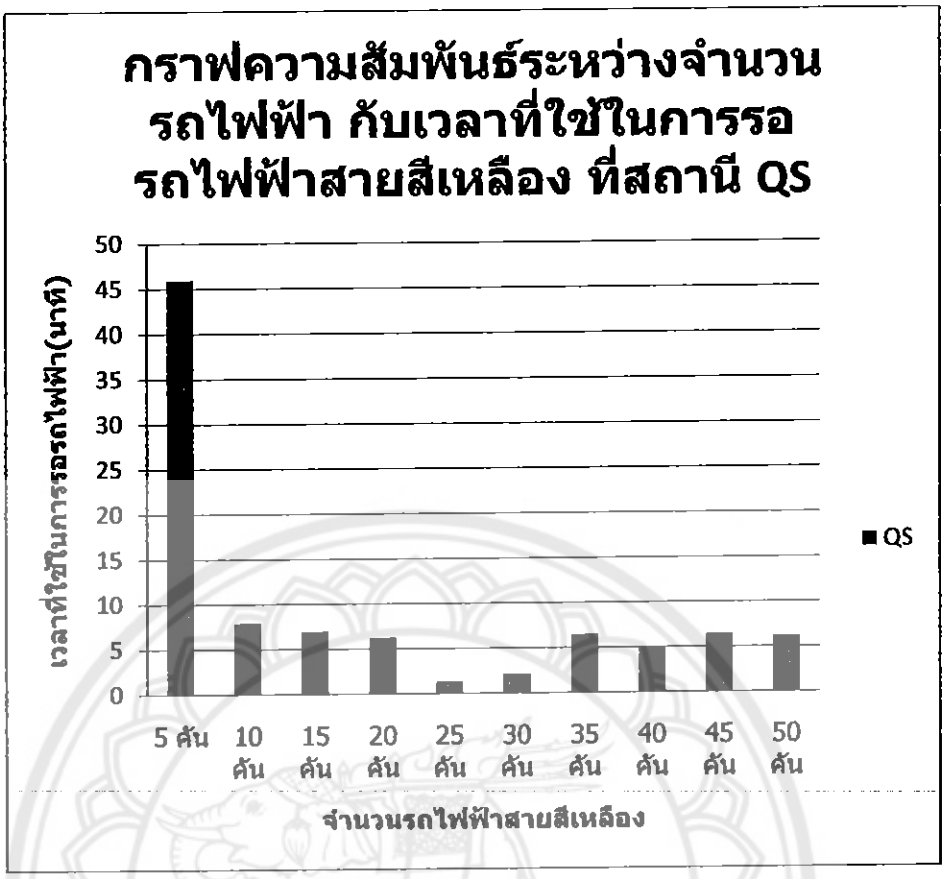
	จำนวนรถไฟฟ้า (คัน)									
Station	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
Eng	4.13	2.97	2.12	1.84	2.02	1.87	1.99	1.82	1.93	1.93
Hospital	7.64	5.7	4.52	4.13	4.54	4.05	4.3	4.05	4.22	4.18
Human	7.51	5.71	4.28	3.86	4.22	3.84	4.01	3.81	4.07	3.96
It	7.36	5.68	4.39	396	4.26	3.81	4.07	3.86	4.14	4.1
Lb	69.3	6.31	4.46	4.11	4.32	4.06	4.15	4.03	4.12	4.13
Med	7.85	5.88	4.25	3.87	4.21	3.82	4.02	3.74	4.01	3.92
NuDome	7.53	5.78	4.54	4.06	4.55	4.13	4.22	4.06	4.19	4.14
Qs	195.3	38.64	5.66	4.69	4.85	4.54	4.71	4.58	4.73	4.76
Sci	7.79	5.69	4.22	3.75	4.09	3.81	3.91	3.62	3.91	3.84
Ls	7.6	5.71	4.54	4.2	4.38	3.94	4.24	3.98	4.34	4.23

ตารางที่ 4.2 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time : Minutes) รถไฟฟ้าสายสีเหลือง กรณีปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้า

	จำนวนรถไฟฟ้า (คัน)									
Station	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
Eng	4.71	3.49	2.9	2.55	0.64	0.94	2.61	2.46	2.61	2.55
Hospital	9.59	7.77	6.71	6.04	1.38	2.21	6.01	4.9	6.03	5.83
Human	9.78	7.71	6.7	6.09	1.45	2.33	6.13	4.94	6.1	6.08
It	9.8	7.72	6.78	6.1	1.52	2.38	6.19	4.93	6.2	6.12
Ls	9.52	7.57	6.67	6.05	1.39	2.42	6.17	4.83	6.16	6.06
Lb	13.17	7.74	6.81	6.1	1.29	2.15	6.26	4.9	6.3	6.13
Med	9.68	7.73	6.58	5.93	1.33	2.15	6.04	4.85	6	5.9
NuDome	121.4	114.2	7.16	6.12	1.11	2.21	6.16	5.03	6.23	6.01
QS	45.95	7.96	7.01	6.3	1.37	2.17	6.51	5	6.45	6.23
Sci	9.78	7.53	6.44	5.68	1.23	2.04	5.78	4.82	5.88	5.58



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถไฟฟ้า กับเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้าสายสีแดง ที่สถานี QS



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถไฟฟ้า กับเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้าสายสีเหลือง ที่สถานี QS

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จำนวนรถไฟฟ้าสายสีแดงเมื่อเพิ่มถึง 30 คันแล้วจะทำให้ทำให้ใช้เวลาในการรอคอยรถไฟฟ้าน้อยที่สุด หากมีการเพิ่มรถไฟฟ้ามากไปกว่านี้จะไม่ช่วยให้เวลาในการรอรถไฟฟ้าลดลงเลยแต่กลับเพิ่มมากขึ้น

จำนวนรถไฟฟ้าสายสีแดงเมื่อเพิ่มถึง 25 คันแล้วจะทำให้ใช้เวลาในการรอคอยรถไฟฟ้าน้อยที่สุด หากมีการเพิ่มรถไฟฟ้ามากไปกว่านี้จะไม่ช่วยให้เวลาในการรอรถไฟฟ้าลดลงเลยแต่กลับเพิ่มมากขึ้น

สาเหตุที่เพิ่มจำนวนรถไฟฟ้าถึงระดับหนึ่ง แล้วทำการเพิ่มต่อไปอีกแต่ประสิทธิภาพไม่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากรถไฟฟ้าในแบบจำลองไม่สามารถวิ่งแซงกันจึงทำให้เกิดปัญหาคอขวดขึ้น

4.2 การทดลองที่ 2 เป็นการปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วรถไฟฟ้า

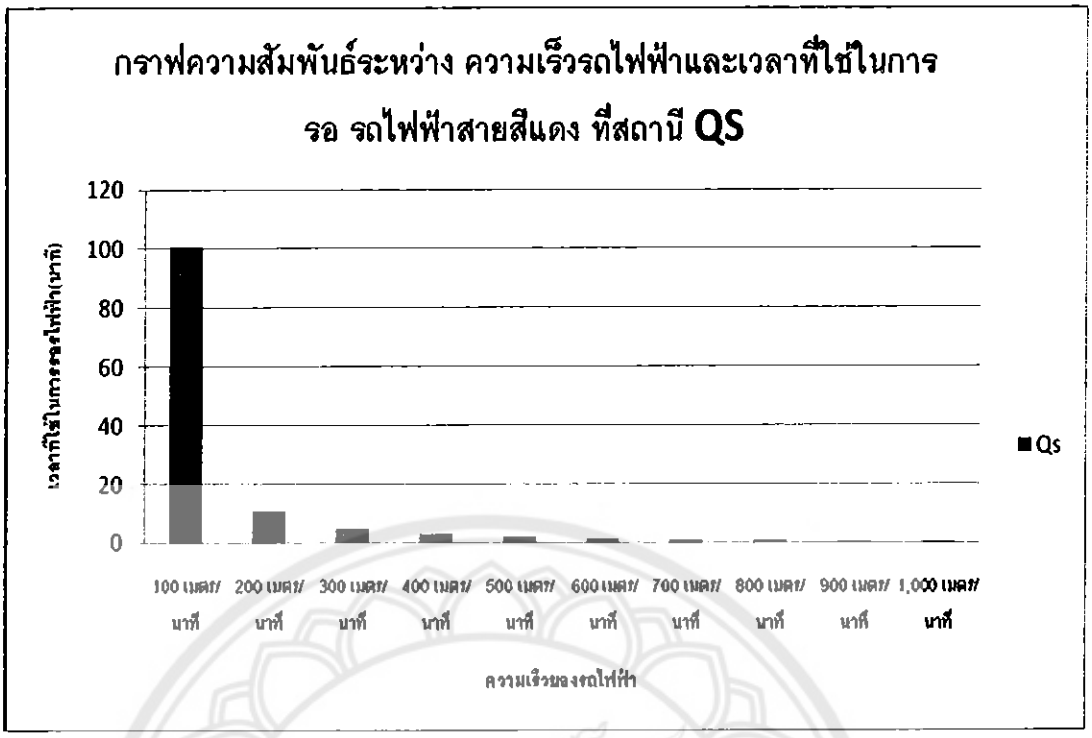
การประมวลผลโมเดลเพิ่มอัตราความเร็วรถไฟฟ้า 100,200,300,....1000 เมตร/นาที โดยทำการ fix จำนวนรถไฟฟ้าสายละ 20 คัน จำนวนที่นั่ง 15 ที่นั่ง รอบเวลาปล่อยรถทุกๆ 3 นาที

ตารางที่ 4.3 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) รถไฟฟ้าสายสีแดง กรณีปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วรถไฟฟ้า

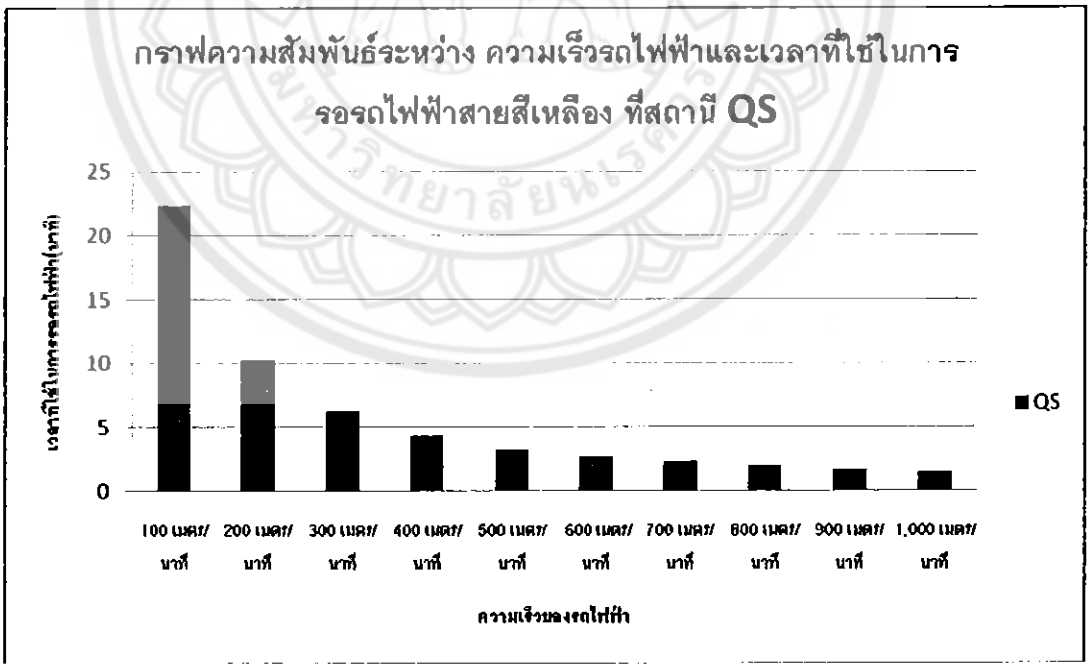
	อัตราความเร็วรถไฟฟ้า (เมตร/นาที)									
Station	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000
Eng	11.3	3.95	1.84	1.29	0.88	0.62	0.52	0.42	0.36	0.32
Hospital	19.8	7.95	4.13	2.91	2.07	1.52	1.27	1.02	0.92	0.8
Human	20.2	7.76	3.86	2.75	2.06	1.49	1.26	1.06	0.92	0.81
It	19.8	7.75	3.96	2.76	2.09	1.53	1.28	1.08	0.93	0.8
Lb	22.7	8.56	4.11	2.82	1.98	1.4	1.13	0.94	0.79	0.69
Med	19.9	7.81	3.87	2.83	2.08	1.56	1.27	1.06	0.91	0.8
NuDome	20.2	8.2	4.06	2.75	2.00	1.37	1.15	0.98	0.83	0.73
Qs	101	11.2	4.69	3.21	2.16	1.51	1.14	0.93	0.32	0.63
Sci	19.8	7.9	3.75	2.67	1.93	1.39	1.14	0.96	0.84	0.75
Ls	19.8	7.98	4.2	2.88	2.21	1.56	1.34	1.12	0.96	0.85

ตารางที่ 4.4 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) รถไฟฟ้าสีเหลือง กรณีปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วรถไฟฟ้า

	อัตราความเร็วรถไฟฟ้า (เมตร/นาที)									
Station	**100**	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**	**900**	**1,000**
Eng	11	4.4	2.55	1.67	1.21	9.4	0.78	0.67	0.62	0.53
Hospital	21	9.3	6.04	4.26	3.25	2.69	2.28	2.03	1.85	1.68
Human	22	9.5	6.09	4.34	3.35	2.81	2.34	2.07	1.81	1.69
It	22	9.3	6.1	4.39	3.37	2.8	2.36	2.09	1.84	1.7
Ls	21	9.5	6.05	4.44	3.32	2.8	2.37	2.12	1.88	1.73
Lb	22	9.9	6.1	4.32	3.25	2.75	2.31	2.17	1.75	1.58
Med	22	9.3	5.93	4.23	3.33	2.72	2.34	2.03	1.82	1.64
NuDome	36	10	6.12	4.4	3.41	2.56	2.17	1.96	1.65	1.57
QS	22	10	6.3	4.35	3.29	2.74	2.3	1.97	1.73	1.55
Sci	21	9.3	5.68	4.23	3.16	2.63	2.26	1.98	1.81	1.63



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรถไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการรอ รถไฟฟ้าสายสีแดง ที่สถานี QS



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรถไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้าสายสีเหลือง ที่สถานี QS

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นเวลาที่ใช้ในการรอคอยรถไฟฟ้าจะน้อยลง แต่เมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นไปจนถึงระดับหนึ่ง เวลาในการรอรถไฟฟ้าจะเริ่มคงที่ เพราะ ถึงแม้รถจะเร็วแต่ไหนก็ต้องหยุดรอนิสิตขึ้นที่สถานีรถไฟฟ้า และรถคันต่อๆไปก็ต้องหยุดรอรถคันแรกไปก่อนจึงจะไปต่อได้

4.3 การทดลองที่ 3 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า

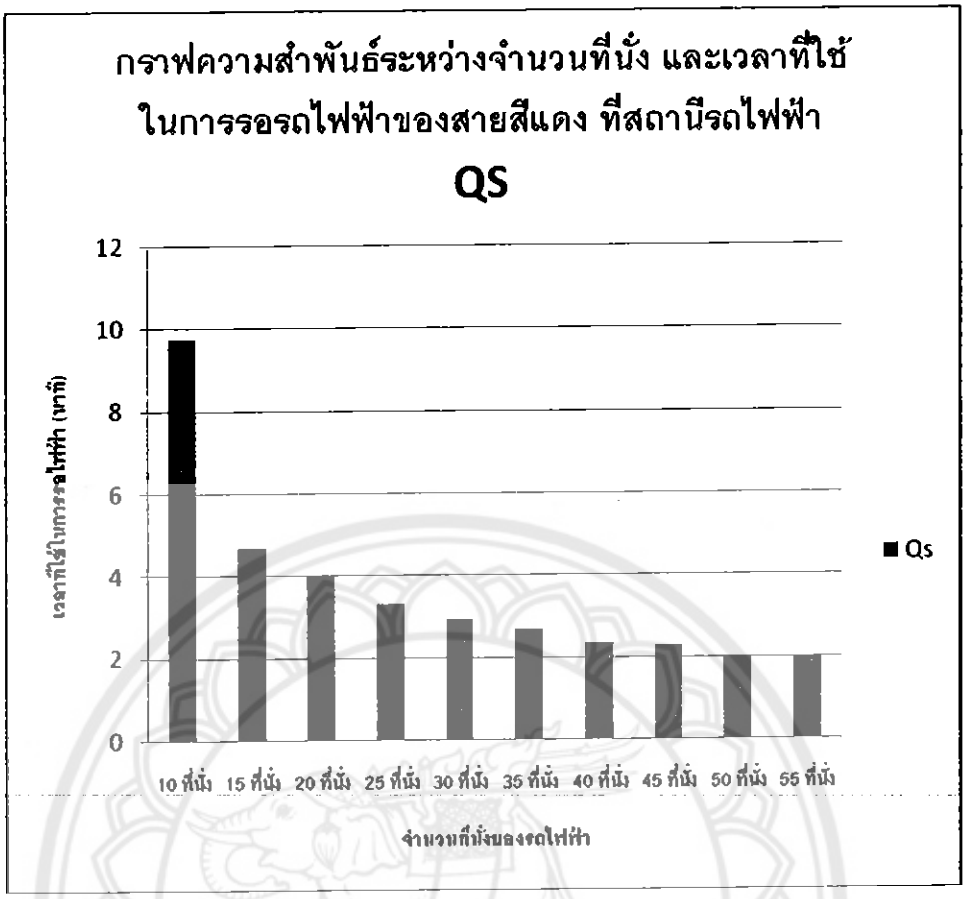
การประมวลผลโมเดลปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า 10,15,20,25,.....55 ที่นั่ง โดยทำการ fix จำนวนรถไฟฟ้าสายละ 20 คัน อัตราความเร็วรถ 300 เมตร/นาที รอบเวลาปล่อยรถทุกๆ 3 นาที

ตารางที่ 4.5 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) รถไฟฟ้าสายสีแดง กรณีปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า

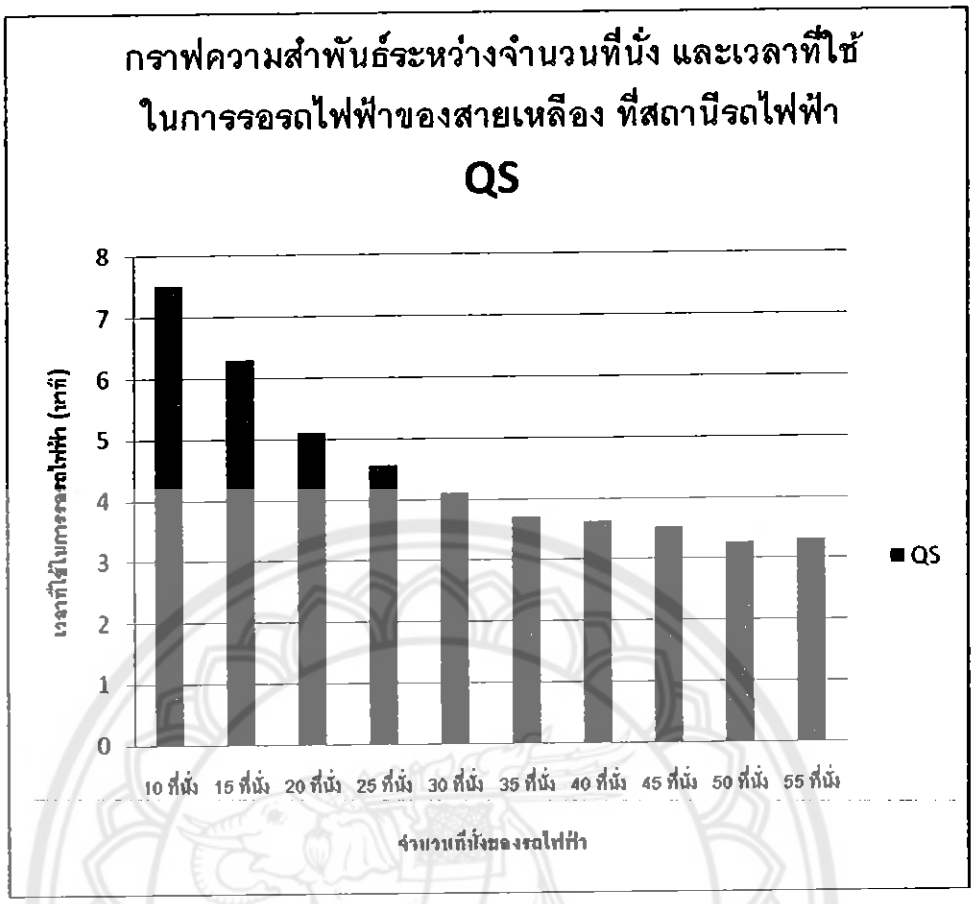
	จำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า									
Station	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
Eng	2.81	1.84	1.68	1.5	1.31	1.28	1.19	1.18	1.16	1.13
Hospital	5.33	4.13	3.84	3.61	3.11	2.95	2.85	2.86	2.8	2.77
Human	5.5	3.86	3.67	3.41	3.07	2.96	2.79	2.81	2.7	2.73
It	5.42	3.96	3.68	3.44	3.09	3.00	2.83	2.76	2.72	2.72
Lb	5.99	4.11	3.55	3.06	2.72	2.63	2.38	2.44	2.34	2.32
Med	539	3.87	3.58	3.48	3.08	3.11	2.81	2.84	2.78	2.76
NuDome	5.62	4.06	3.68	3.42	2.89	2.78	2.62	2.6	2.59	2.54
Qs	9.75	4.69	3.99	3.3	2.94	2.7	2.36	2.29	2	1.99
Sci	5.5	3.75	3.36	3.15	2.81	2.7	2.56	2.58	2.54	2.48
Ls	5.41	4.2	3.83	3.58	3.27	3.05	2.99	2.91	2.83	2.84

ตารางที่ 4.6 เวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) รถไฟฟ้าสายสีเหลือง กรณีปรับเปลี่ยนจำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า

	จำนวนที่นั่งรถไฟฟ้า									
Station	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
Eng	3.3	2.55	2.04	1.74	1.52	1.38	1.37	1.32	1.26	1.27
Hospital	7.02	6.04	5.02	4.76	4.28	3.98	3.98	3.81	3.57	3.56
Human	7.28	6.09	5.11	4.79	4.36	4.03	4.04	3.9	3.68	3.7
It	7.32	6.1	5.16	4.77	4.32	4.18	4.04	3.96	3.68	3.71
Ls	7.15	6.05	5.16	4.8	4.48	4.23	4.08	4.03	3.82	3.8
Lb	7.35	6.1	5.01	4.55	4.06	3.83	3.68	3.62	3.39	3.32
Med	7.21	5.93	5.05	4.61	4.23	3.84	3.89	3.68	3.45	3.39
NuDome	8.16	6.12	5.3	4.8	4.37	3.98	3.81	3.49	3.29	3.25
QS	7.51	6.3	5.12	4.56	4.1	3.71	3.62	3.51	3.27	3.32
Sci	6.96	5.68	4.83	4.56	4.09	3.7	3.82	3.53	3.29	3.28



รูปที่ 4.5 กราฟความสำพันธ์ระหว่างจำนวนที่นั่ง และเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้าของสายแดง ที่สถานีรถไฟฟ้า QS



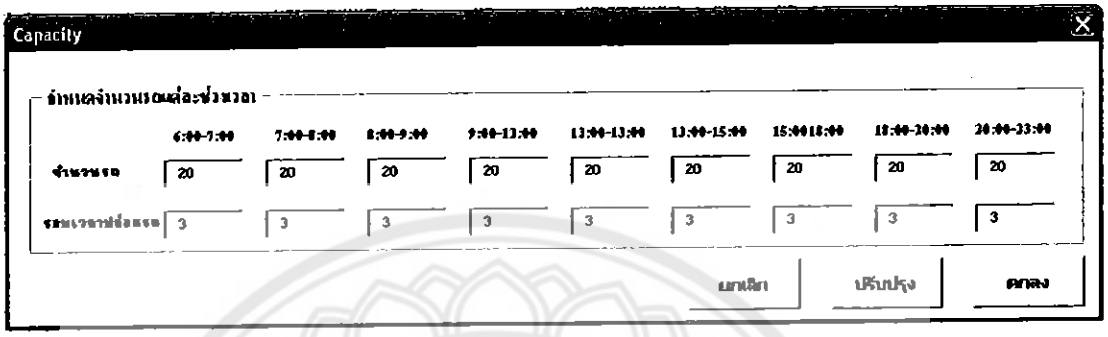
รูปที่ 4.6 กราฟความสำพันธ์ระหว่างจำนวนที่นั่ง และเวลาที่ใช้ในการรอรถไฟฟ้าของสายเหลือง ที่สถานีรถไฟฟ้า QS

วิเคราะห์ผลการทดลอง

รถไฟฟ้าทั้ง 2 สายเมื่อเพิ่มที่นั่งจะทำให้ใช้เวลาในการรอลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อมีการเพิ่มที่นั่งถึง 50 ที่นั่ง หากมีการเพิ่มที่นั่งเกิน 50 ที่นั่งเวลาในการรอคอยรถไฟฟ้าจะเริ่มคงที่ และปรับเพิ่มขึ้น สาเหตุมาจาก รถไฟฟ้าต้องใช้เวลาในรอให้นิสิตขึ้นรถนานขึ้นก่อนที่จะทำการออกจากสถานี

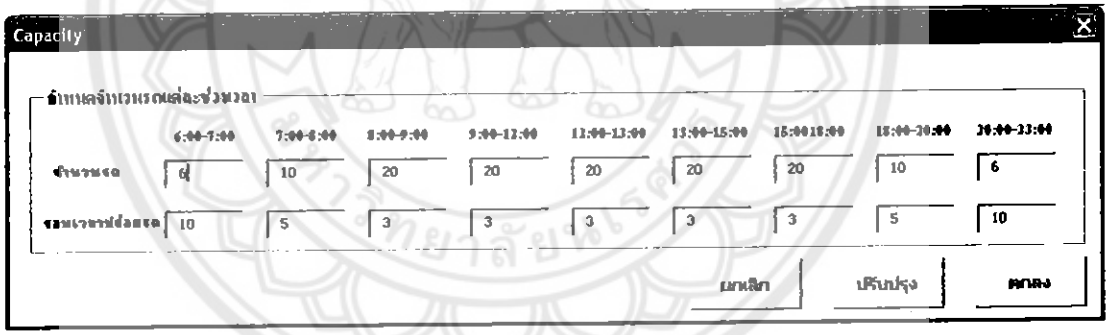
4.4 การทดลองที่ 4 เป็นการปรับเปลี่ยนจำนวนรถในแต่ละช่วงเวลา

การประมวลผลโมเดลโดยการปรับเปลี่ยนจำนวนรถในแต่ละช่วงเวลาเทียบกับค่าเริ่มต้น โดยกำหนดให้จำนวนรถไฟฟ้าแต่ละสาย 20 คัน วิ่งที่อัตราเร็ว 300 เมตร/นาที จำนวนที่นั่ง 15 ที่นั่ง รอบเวลาปล่อยรถทุกๆ 3 นาที ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ค่าเริ่มต้นของจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของสายสีแดง และสายสีเหลือง

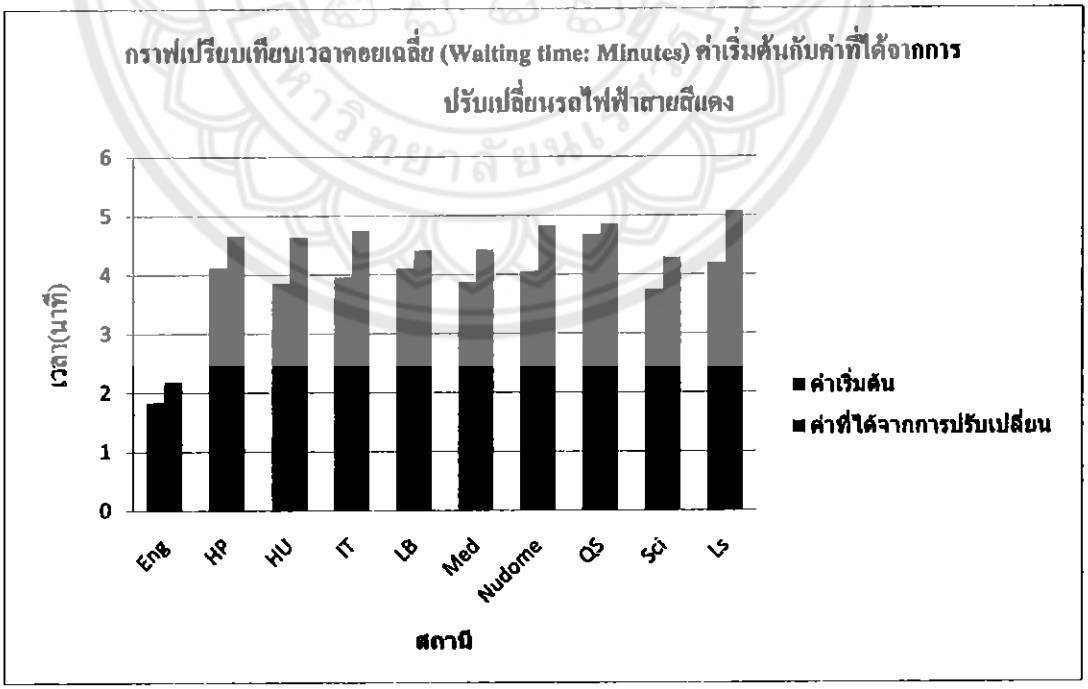
การปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีแดงเป็นดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของรถไฟฟ้าสายสีแดง

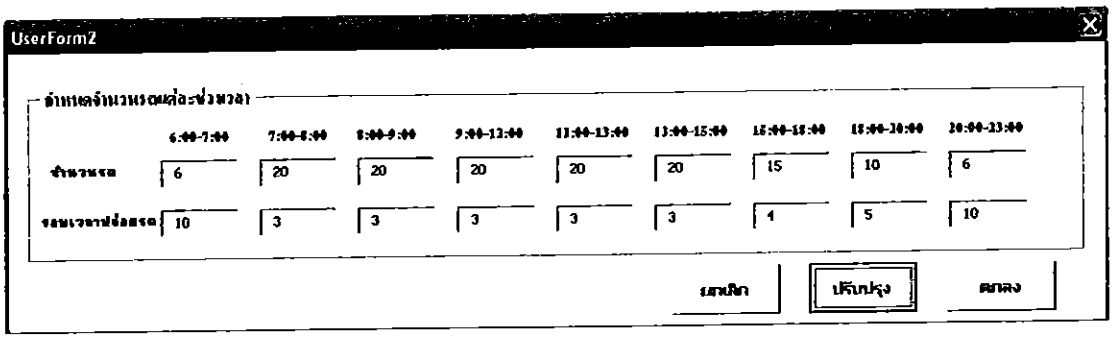
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีแดง

Station	ค่าเริ่มต้น	ค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยน (นาที)
Eng	1.84	2.18
HP	4.13	4.66
HU	3.86	4.64
IT	3.96	4.75
LB	4.11	4.41
Med	3.87	4.42
Nudome	4.06	4.82
QS	4.69	4.85
Sci	3.75	4.29
Ls	4.2	5.08



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีแดง

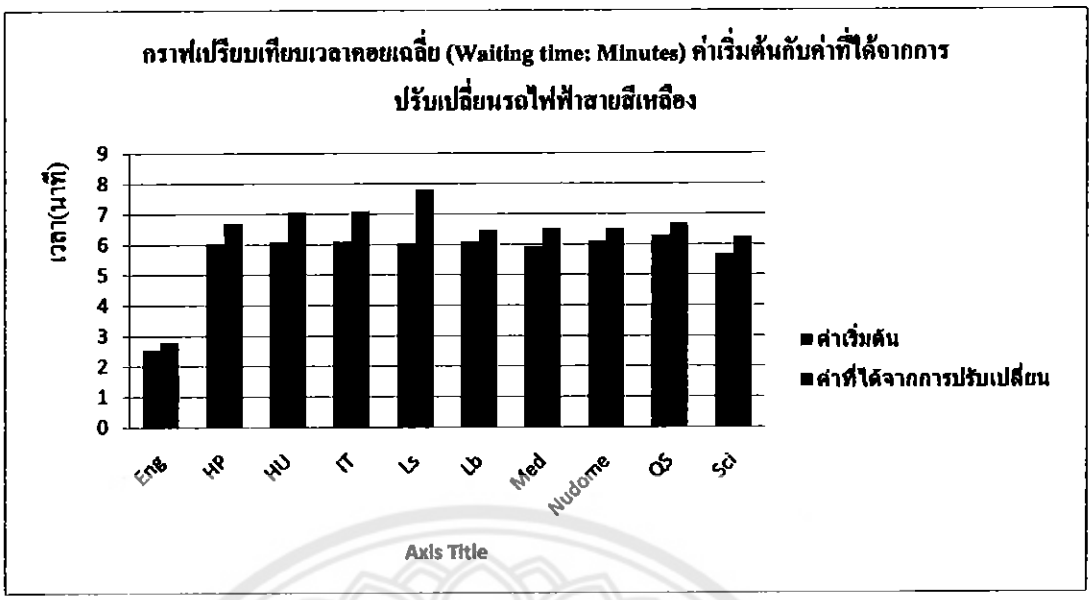
การปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีเหลืองเป็นดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.10 ปรับเปลี่ยนจำนวนรถไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

Station	ค่าเริ่มต้น	ค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยน (นาที)
Eng	2.55	2.81
HP	6.04	6.71
HU	6.09	7.08
IT	6.10	7.10
Ls	6.05	7.80
Lb	6.10	6.48
Med	5.93	6.55
Nudome	6.12	6.54
QS	6.30	6.69
Sci	5.68	6.25



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบเวลาคอยเฉลี่ย (Waiting time: Minutes) ค่าเริ่มต้นกับค่าที่ได้จากการปรับเปลี่ยนรถไฟฟ้าสายสีเหลือง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการลดจำนวนรถไฟฟ้าลงในบางช่วงเวลา พบว่าระยะเวลาในการรอคอยเฉลี่ยทั้งวันไม่ได้ลดลงมากนัก แต่สามารถลดจำนวนรถไฟฟ้าในบางช่วงเวลาได้มากกว่าครึ่งซึ่งช่วยประหยัดพลังงานของรถไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายของพนักงานลงได้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาโมเดลต้นแบบการประยุกต์แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการให้บริการรถไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้โปรแกรม Arena เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ การให้บริการว่าเพียงพอต่อความต้องการของนิสิตและบุคคลากรในมหาวิทยาลัยนเรศวรหรือไม่ โดยสามารถหาว่าช่วงเวลาในแต่ละวันที่นิสิตต้องใช้เวลารอคอยในแต่ละสถานีเป็นเท่าไร ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อปรับปรุงและรองรับการให้บริการรถไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับช่วงเวลาต่างๆ

จาก Model ที่จำลองเหตุการณ์ในการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร ทำให้ทราบข้อมูล

1. Waiting time ในระบบแบบจำลองเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าระบบงานจริงเพื่อที่จะได้วิเคราะห์รู้ว่ามีผู้โดยสารที่ต้องรอแต่ละสถานีนานเท่าใด

2. Number waiting จำนวนผู้โดยสารรอเฉลี่ยในแต่ละสถานีเป็นเท่าใดเพื่อที่จะได้ปรับเปลี่ยนของการเดินรถไฟฟ้าต่อไปได้

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถใช้แบบจำลอง ที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้

2. ทราบค่าอัตราการรอเฉลี่ยของผู้โดยสาร (Waiting Time) , จำนวนรอเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการประมวลผลโปรแกรม

3. ได้โปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้น (Computer Simulation Model) สำหรับระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการเดินรถไฟฟ้าต่อไปได้

5.3 ปัญหาที่พบ

1. การเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลานานและต้องเก็บซ้ำๆ

2. การจำลองแบบทางคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องที่ใหม่ ซึ่งทางผู้จัดทำโครงงานต้องใช้เวลาในการศึกษาโปรแกรม Arena ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ในการออกแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และต้องลองผิดลองถูกในการออกแบบโมเดลต้นแบบเพื่อให้ได้เหมือนจริงกับระบบการเดินรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยนเรศวร

3. มีข้อจำกัดในการใช้โปรแกรมเพราะเป็นโปรแกรมตัวอย่าง (Arena Demo Version 7.0.1)

5.4 แนวทางการพัฒนา

1. เนื่องจากค่า delay time ของผู้โดยสารที่ขึ้น-ลง รถไฟฟ้ายังเป็นค่าที่กำหนดไว้เองซึ่งเราควรจะหาค่าของการกระจายตัวทางสถิติของค่า delay time ของผู้โดยสารนี้ใหม่

2. ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมค่าอัตราการรอของผู้โดยสารในแต่ละสถานีจากสถานที่จริงเพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าอัตราการรอในแบบจำลองว่าเป็นอย่างไรเพื่อที่จะได้ปรับปรุงระบบให้ดีขึ้น

3.ให้โปรแกรมสามารถ แสดงผลออกมาในรูปกราฟได้เพื่อสรุปเปรียบเทียบค่ากำหนดต่างๆที่ใส่ไปในการรันแต่ละครั้ง

4. ทำการเก็บข้อมูลเวลาในการรอเฉลี่ยของผู้โดยสารแต่ละสถานีในระบบจริงเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าการรอเฉลี่ยของผู้โดยสารในแบบจำลองเพื่อที่จะสามารถนำไปปรับปรุงได้

เอกสารอ้างอิง

[1] C.Dennis Pegden, **Robert E. Shannon, Randall P. Introduction to simulation using SIMAN/** Sadowskisingapore:McGraw-Hill,1991, c1990

[2] **ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, การจำลองแบบปัญหา(Simulation),** กรุงเทพฯ:**ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2535**

[3] ผศ.ดร.รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ฉบับปรับปรุง** กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น,2553

[4] เกรียงศักดิ์ บุญรักษ์และคณะ, **การประยุกต์ใช้แบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบ** การตั้งเวลาของสัญญาณไฟจราจร:มหาวิทยาลัยนเรศวร,2546

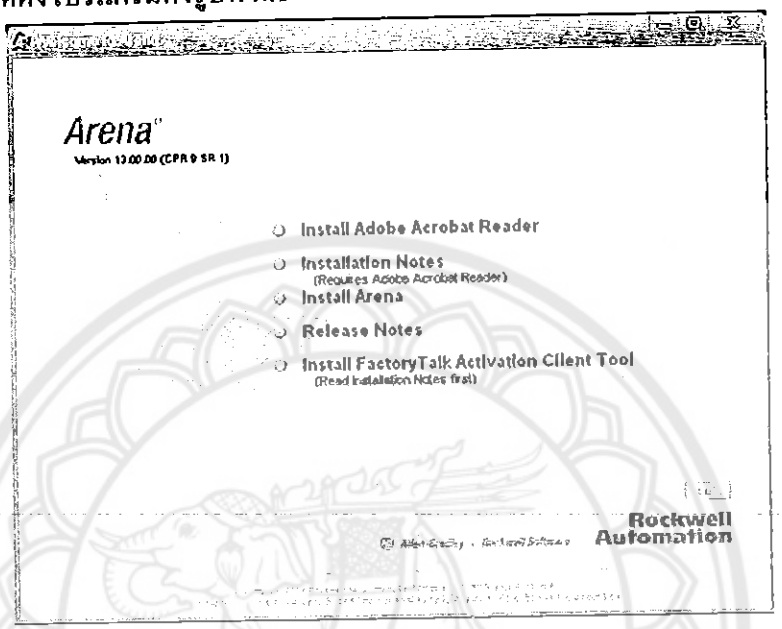
[5] คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์, **ความน่าจะเป็นและสถิติ,**กรุงเทพฯ:**ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2544**

[6] Shanon, R.E., System Simulation: The Art and Science, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.,1975

ภาคผนวก ก

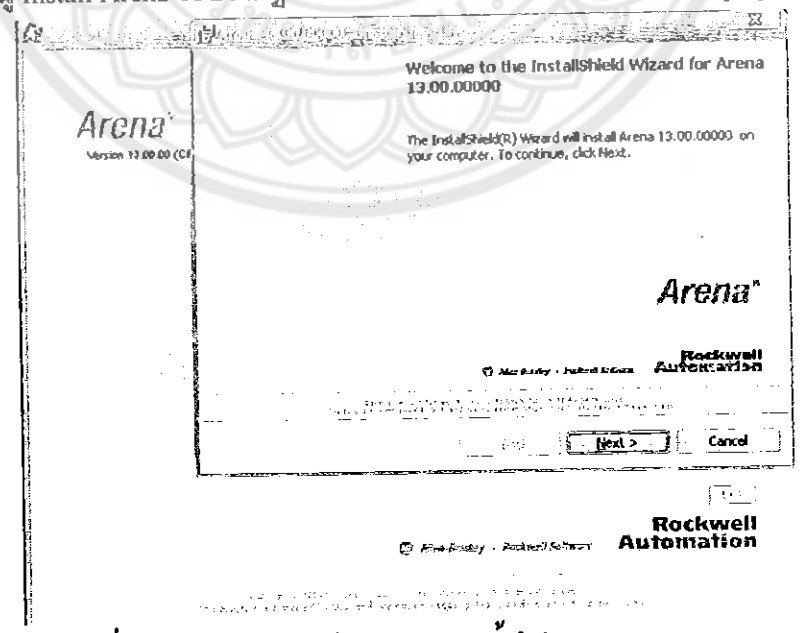
การติดตั้งโปรแกรม Arena

1.นำแผ่นโปรแกรม Arena ใส่ในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรมจะปรากฏหน้าจอการติดตั้งโปรแกรมดังรูปที่ ก.1



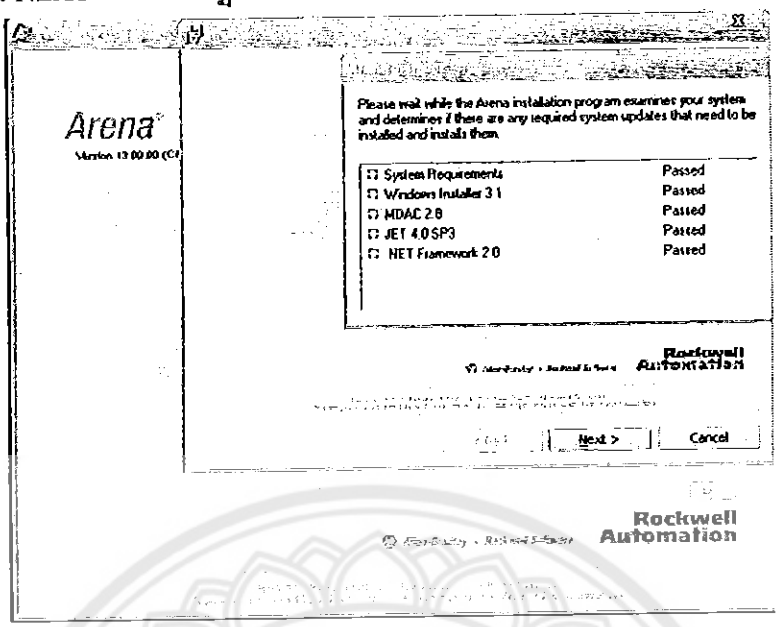
รูปที่ ก.1 แสดงหน้าจอการติดตั้งโปรแกรม Arena

2. คลิกที่เมนู Install Arena จะปรากฏหน้าจอต้อนรับการติดตั้งโปรแกรม ดังรูปรูปที่ ก.2



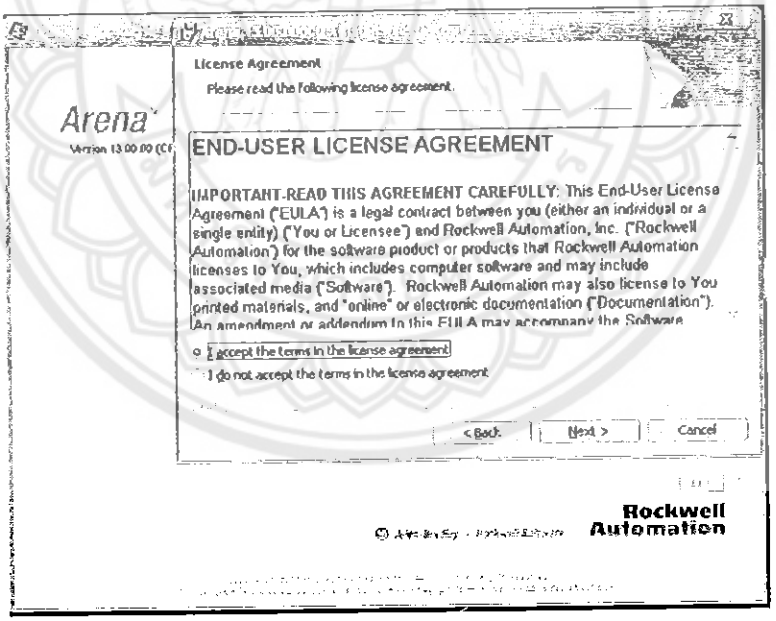
รูปที่ ก.2 แสดงหน้าจอต้อนรับการติดตั้งโปรแกรม Arena

3.คลิกที่ปุ่ม NEXT > จะปรากฏหน้าจอของการต้องติดตั้งโปรแกรมเสริมดังกล่าว



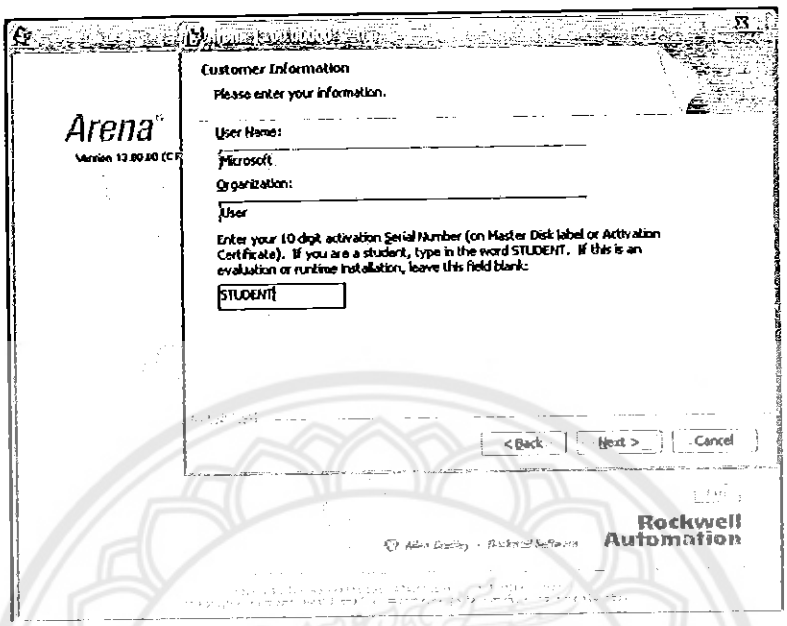
รูปที่ ก.3 แสดงหน้าจอของการติดตั้งโปรแกรมเสริม

4.คลิกปุ่ม Next> เพื่อยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้งโปรแกรม Arena



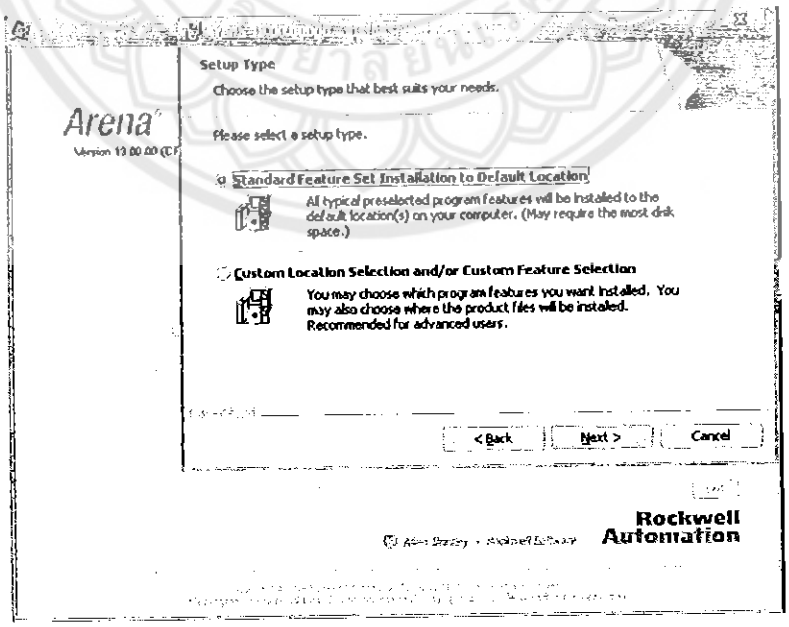
รูปที่ ก.4 หน้าต่าง Accept Software License Agreement

5.จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างให้ใส่ชื่อ (User Name) และองค์กรผู้ใช้ (Organization) รวมถึงรหัสใช้งาน(a serial number) ให้กรอกข้อมูลให้ครบ โดยในช่องรหัสให้พิมพ์คำว่า **STUDENT**



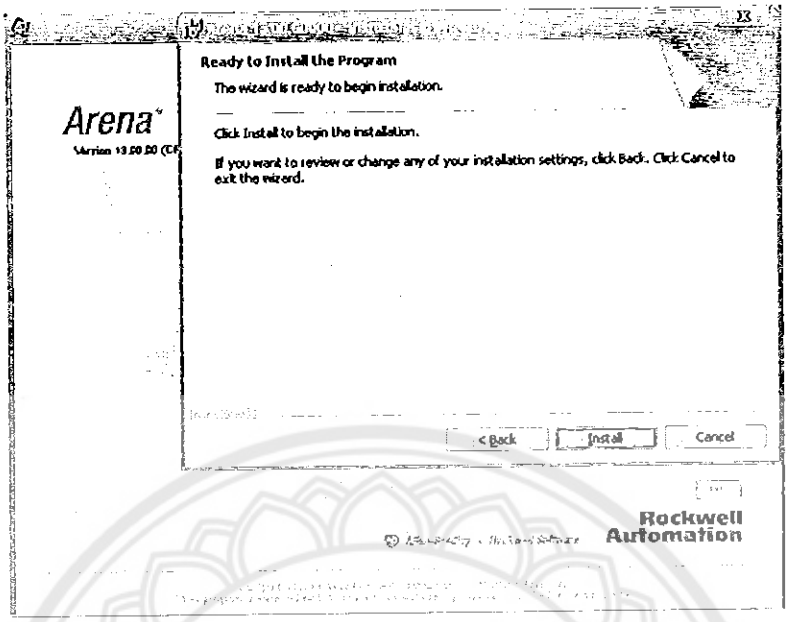
รูปที่ ก.5 แสดงหน้าจอการใส่ข้อมูลต่างๆ

6.โปรแกรมจะถามว่าต้องการติดตั้งแบบมาตรฐาน(Standard Feature Set Installation…)หรือติดตั้งแบบตามความประสงค์ของผู้ใช้(Custom Location Selection…) ในที่นี้แนะนำให้ติดตั้งแบบมาตรฐาน



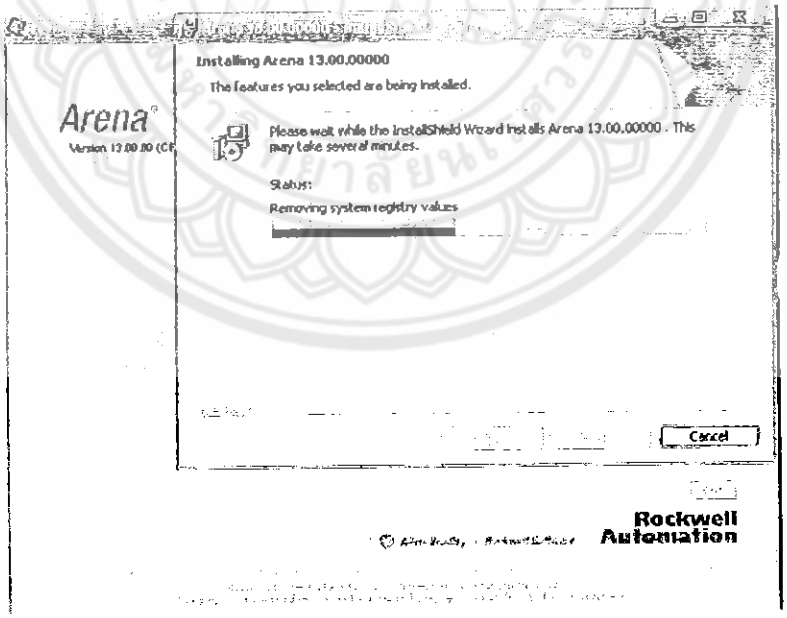
รูปที่ ก.6 แสดงการเลือกรูปแบบการติดตั้งโปรแกรม Arena

7.คลิกปุ่ม Install เพื่อเริ่มทำการติดตั้งโปรแกรม Arena



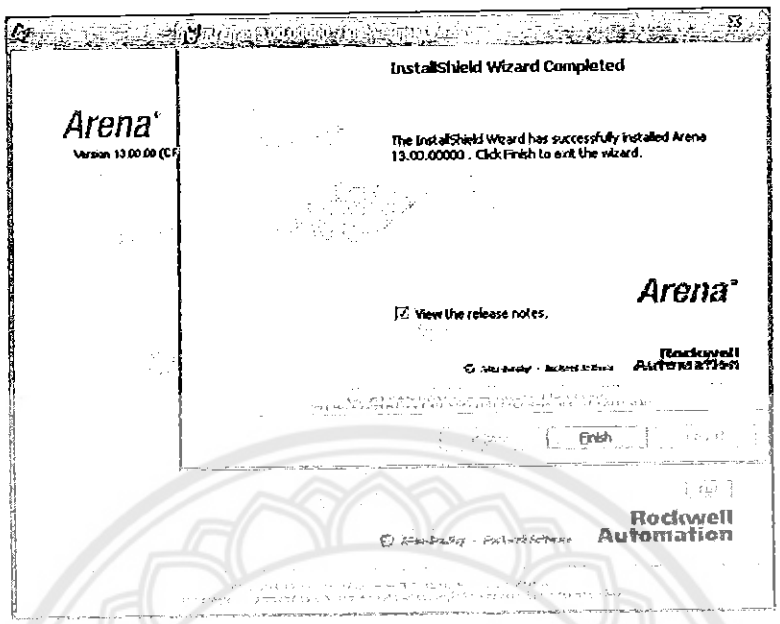
รูปที่ ก.7 แสดงหน้าจอพร้อมที่จะติดตั้งโปรแกรม Arena

8.จากนั้นรอจนติดตั้งโปรแกรมจนเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ ก.8 หน้าต่าง Begin Installation ขณะกำลังติดตั้ง

9.คลิกปุ่ม Finish เพื่อแสดงว่าได้ติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์แล้ว



รูปที่ ก.9 แสดงหน้าต่างการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

ภาคผนวก ข

การใช้งานโปรแกรม Arena เบื้องต้น

Arena เป็นโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจำลองการตัดสินใจ เป็นโปรแกรมที่สร้างและให้ทดลองใช้งานบนแบบจำลองระบบที่เราสร้างขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์แทนการใช้งานจริงซึ่งจะทำให้เรารู้ถึงอนาคต และสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขระบบให้ดียิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1.สร้างแบบตัวอย่าง โดยการจำลองระบบงานอย่างคร่าวๆ

2.การเก็บข้อมูลของระบบนั้นๆเช่น ความต้องการทรัพยากร รายละเอียดกระบวนการ

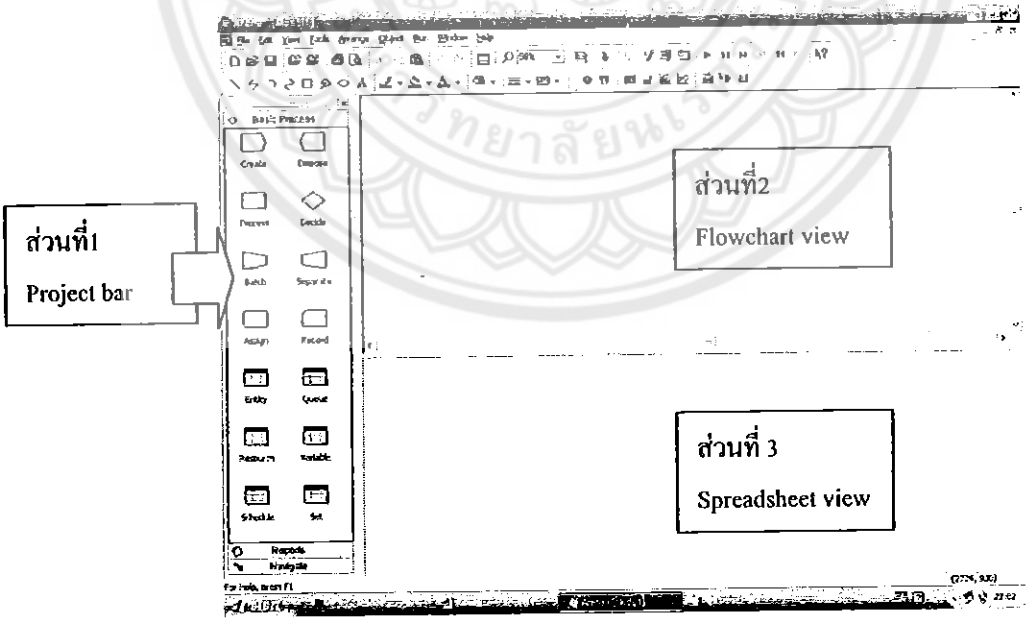
3.เลียนแบบตัวอย่าง เป็นการเริ่มใช้งานแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อพิสูจน์ว่าแบบจำลองที่เราสร้างขึ้นนั้นถูกต้อง เหมาะสมและใช้งานได้กับระบบตามความเป็นจริง

4.วิเคราะห์ผลลัพธ์แบบจำลองศึกษารายงานของแบบจำลอง

5.ปรับปรุงแก้ไขหาทางเลือกที่ดีที่สุด หรือเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเพื่อให้ได้สิ่งที่เราต้องการที่ดีที่สุด

ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม Arena

เมื่อเปิดโปรแกรม Arena ครั้งแรก โปรแกรมจะปรากฏหน้าจอซึ่งมีส่วนประกอบหลักต่อไปนี้



รูปที่ ข.1 หน้าต่างแรกเมื่อเข้าสู่โปรแกรม Arena

ส่วนที่ 1 เรียกว่า "Project bar" ส่วนนี้ใช้สำหรับมองหาหน่วยประกอบต่างๆ ซึ่งแต่ละหน่วยประกอบจะเรียกว่า โมดูล (Module) โดยตัวหน่วยโมดูลนี้มีไว้ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยคุณลักษณะของหน่วยโมดูลแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.หน่วยโครงสร้าง (Flowchart module) เป็นหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับจำลองโครงสร้างขั้นตอนการทำงานของระบบ

2.หน่วยตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet module) เป็นหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สามารถนำมาคำนวณได้ หรือประมวลผลในตัวแบบจำลอง

ส่วนที่ 2 เรียกว่า "Flowchart view" เป็นส่วนที่ใช้แสดงการเชื่อมต่อของหน่วยโครงสร้าง (Flowchart module) โดยส่วนนี้ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงกระบวนการทำงานทั้งหมดของระบบ นอกจากนี้ส่วน Flowchart view ยังมีไว้สำหรับสร้างภาพการเคลื่อนไหว (Animation) ให้กับระบบจำลองสถานการณ์อีกด้วย

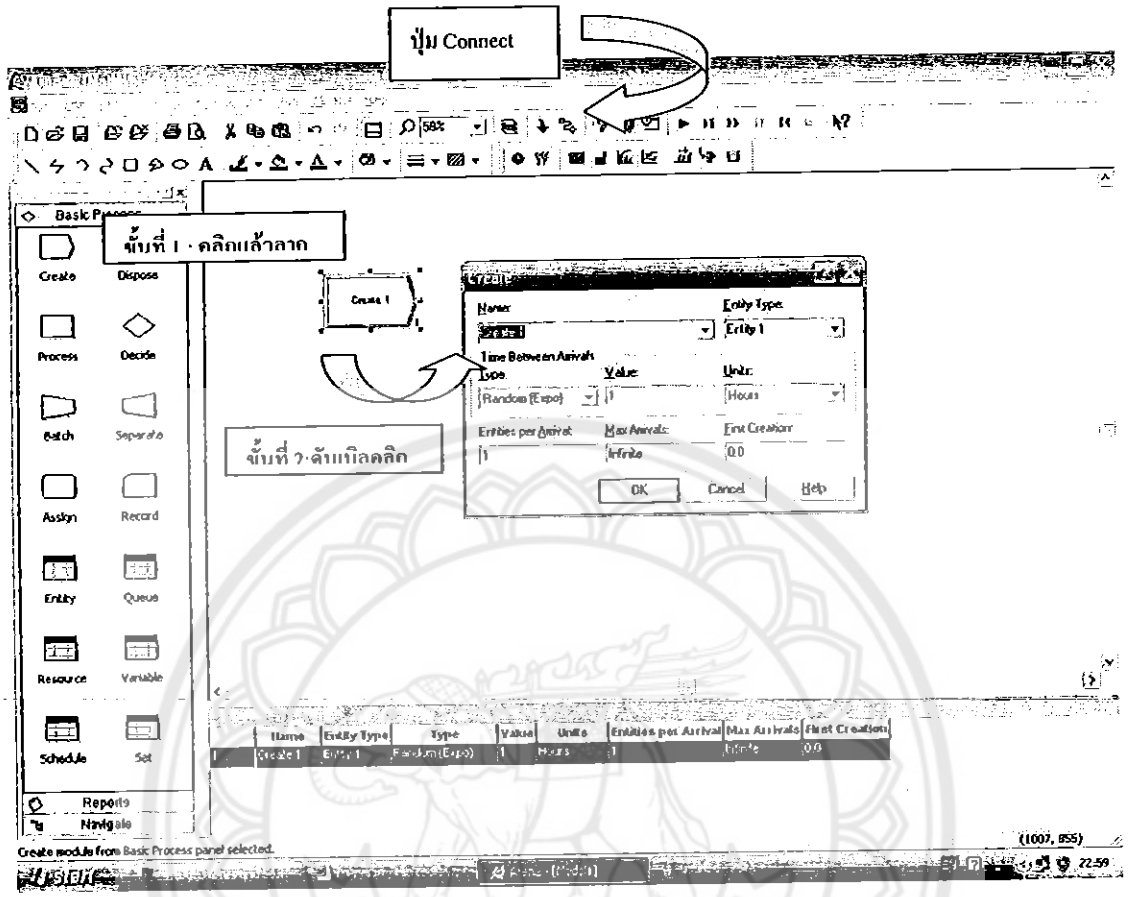
อย่างไรก็ตาม แต่ละตัวโมดูลโครงสร้างใน Flowchart view นั้นยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการประมวลผลสำหรับการแสดงสถานะของระบบ เช่น ตารางการดำเนินงาน แผนการซ่อมบำรุง จำนวนผู้ให้บริการ หรือลักษณะการให้บริการ เป็นต้น โดยข้อมูลต่างๆเหล่านี้ไม่สามารถกรอกโดยตรงผ่านหน่วยโครงสร้างได้ ดังนั้นจึงมีหน่วยตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet module) ไว้สำหรับจัดเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับหน่วยโครงสร้างข้างต้น การเรียกใช้ตารางจัดการข้อมูลทำได้โดยการคลิก ณ หน่วยตารางจัดการข้อมูลที่ต้องการในส่วน Project bar จากนั้นหน่วยตารางนั้นจะปรากฏขึ้นในส่วนที่สามทันที

ส่วนที่ 3 เรียกว่า "Spreadsheet view" เป็นส่วนที่ใช้สำหรับใส่และแสดงข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับสร้างแบบจำลอง ซึ่งแต่ละหน่วยตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet Module) ที่ถูกสร้างนี้ จะมีความสัมพันธ์กับหน่วยโครงสร้างเสมอ

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในส่วน Flowchart view สามารถทำได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 : คลิกเลือกหน่วยโครงสร้างในส่วนที่หนึ่ง (Project bar) จากนั้นคลิกลากหน่วยโครงสร้างนั้นมาวางลงในพื้นที่ส่วนที่สอง (Flowchart view)

ขั้นที่ 2 : โดยแต่ละหน่วยโครงสร้างที่ถูกสร้างขึ้นในส่วนที่สองนี้ สามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลได้โดยการดับเบิลคลิกบนตำแหน่งหน่วยโครงสร้างนั้น จากนั้นสามารถกรอกข้อมูลต่างๆลงในหน่วยโมดูลโครงสร้างได้



รูปที่ ข.2 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการแก้ไขข้อมูลบนตำแหน่งหน่วยโครงสร้าง

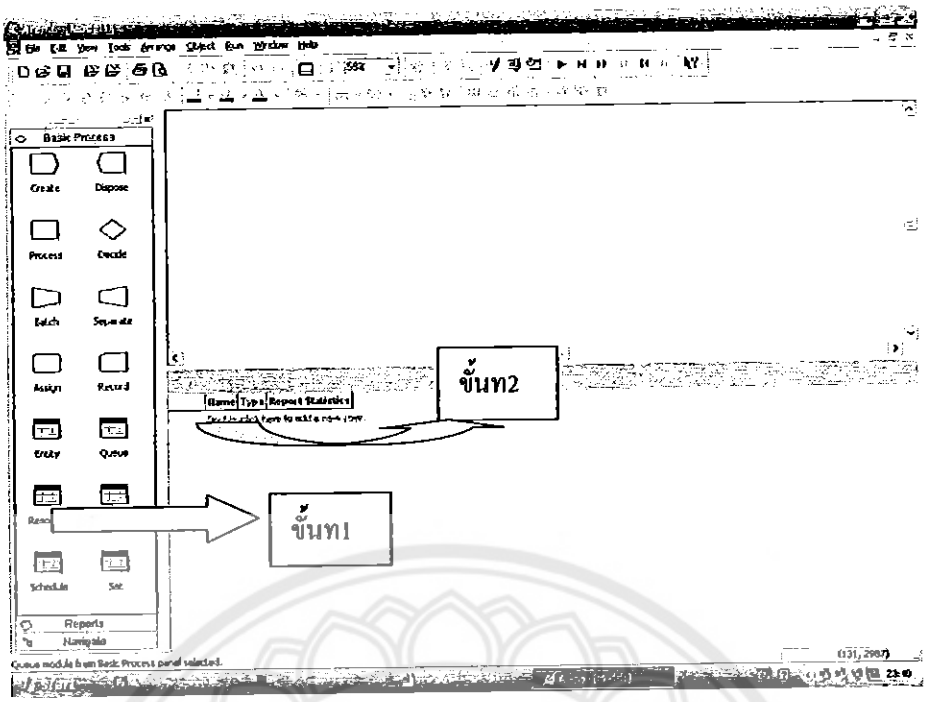
ขั้นที่ 3: การเชื่อมต่อแต่ละหน่วยโครงสร้าง สามารถทำได้โดยคลิกที่ปุ่ม (connect) ณ ส่วนทูลบาร์ จากนั้นจะปรากฏรูป ติดตัวเม้าส์มาด้วย ให้คลิกเม้าส์ ณ จุดออกของหน่วยโครงสร้างต้นทาง แล้วคลิกลากเมาส์มาวางที่จุดข้าวของอีกหน่วยโครงสร้างปลายทางที่ต้องการเชื่อมต่อ จะปรากฏเส้นเชื่อมที่จุดต้นทางและจุดปลายทาง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในส่วน Spreadsheet View

สามารถทำได้ดังนี้

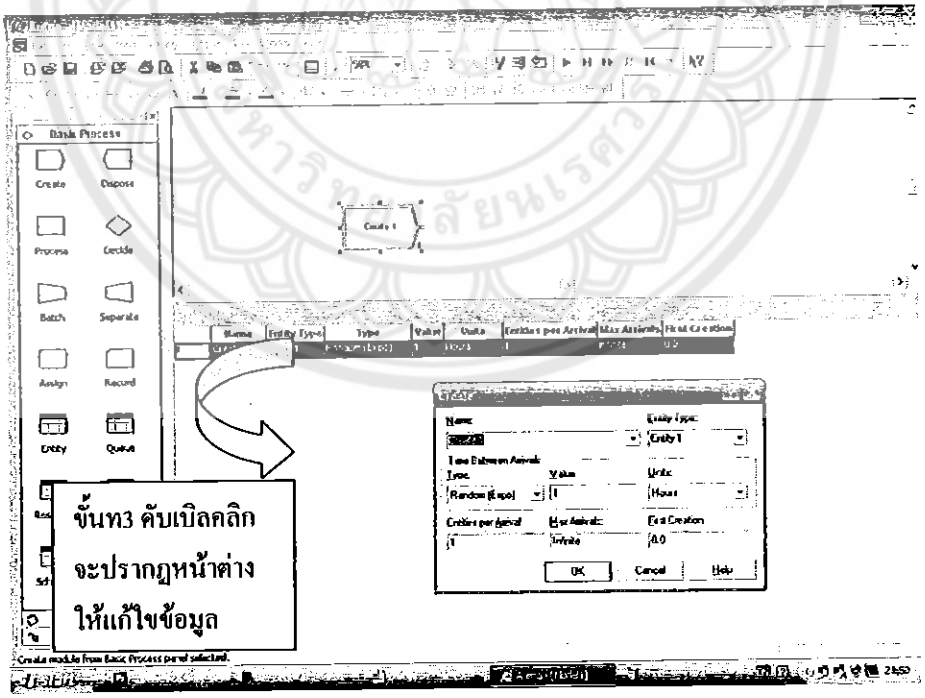
ขั้นที่ 1: การเรียกใช้ตารางจัดการข้อมูลทำได้โดยการคลิก ณ หน่วยตารางจัดการข้อมูลที่ต้องการในส่วน Project bar จากนั้นหน่วยตารางนั้นจะปรากฏขึ้นในพื้นที่ส่วนที่สาม (Spreadsheet view)

ขั้นที่ 2: หน่วยตาราง สามารถเพิ่มเติมหน่วยตารางข้อมูลได้โดย การดับเบิลคลิกบนตำแหน่ง "Double-click hear to add a new row"



รูปที่ ข.3 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการเรียกใช้หน่วยตารางจัดการข้อมูล

ขั้นที่ 3: แต่ละหน่วยตาราง สามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลในหน่วยตาราง โดยการดับเบิลคลิกบนตำแหน่งหน่วยตารางนั้น



รูปที่ ข.4 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการแก้ไขข้อมูลในหน่วยตารางจัดการข้อมูล

บัญชีชื่อหน่วยโมดูล (Arena modeling Panels)

บัญชีชื่อหน่วยโมดูลประกอบด้วย 3 บัญชีคือ

1.บัญชีแสดงกรรมวิธีพื้นฐาน (Basic Process Panel)

บัญชีนี้จะแสดงหน่วยโมดูลพื้นฐานที่ถูกเรียกใช้บ่อยๆสำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์พื้นฐาน

2.บัญชีแสดงกรรมวิธีก้าวหน้า (Advanced Process Panel)

บัญชีนี้จะแสดงหน่วยโมดูลที่มีความสามารถของหน่วยโครงสร้างละเอียดกว่าโมดูลพื้นฐาน ใช้เพื่อแสดงกิจกรรมเฉพาะด้านใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง ที่มีสถานการณ์ที่มีลักษณะกิจกรรมละเอียดมากขึ้น

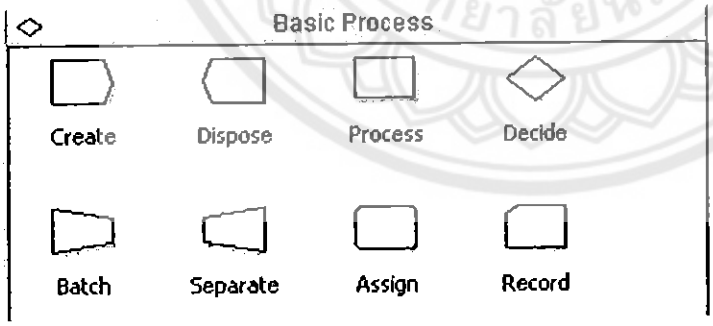
3.บัญชีแสดงกรรมวิธีขนถ่าย (Advanced Transfer Panel)

บัญชีนี้จะแสดงหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับการขนย้ายวัตถุที่สนใจ (Entity) ด้วยอุปกรณ์ลำเลียงที่ใช้ในการขนย้ายจะประกอบด้วยอุปกรณ์สายพาน (Conveyor System),ทรัพยากรขนถ่าย(Resource System) และอุปกรณ์ขนถ่าย(Transportation System)

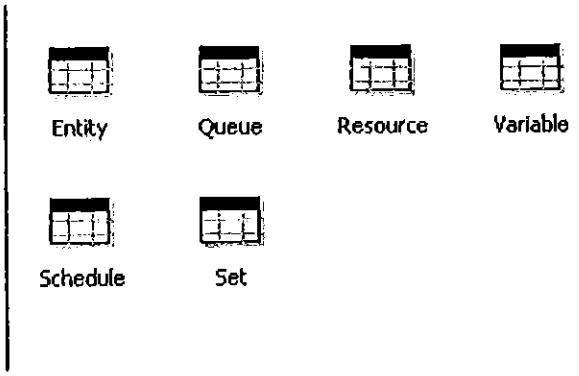
บัญชีแสดงกรรมวิธีพื้นฐาน (Basic Process Panel)

หน่วยโมดูลโครงสร้างมีดังนี้คือ Create Module, Dispose Module, Process Module, Decide Module, Batch Module, Separate Module, Assign Module and Record Module

หน่วยโมดูลตารางจัดการข้อมูลมีดังนี้คือ Entity Spreadsheet Module, Queue Spreadsheet Module, Resource Spreadsheet Module, Variable Spreadsheet Module, Schedule Spreadsheet Module and Set Spreadsheet Module



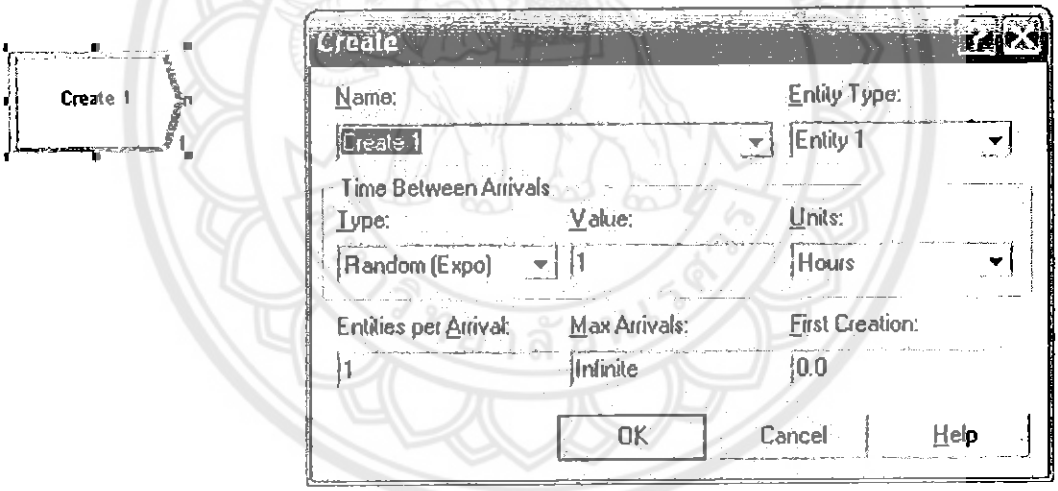
รูปที่ ข.5 หน่วยโมดูลโครงสร้าง (Flowchart Modules) ที่อยู่ในบัญชีแสดงกรรมวิธีพื้นฐาน(Basic Process Panel)



รูปที่ ข.6 หน่วยโมดูลตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet Modules) ที่อยู่ในบัญชีแสดงกรรมวิธีพื้นฐาน (Basic Process Panel)

Create Module

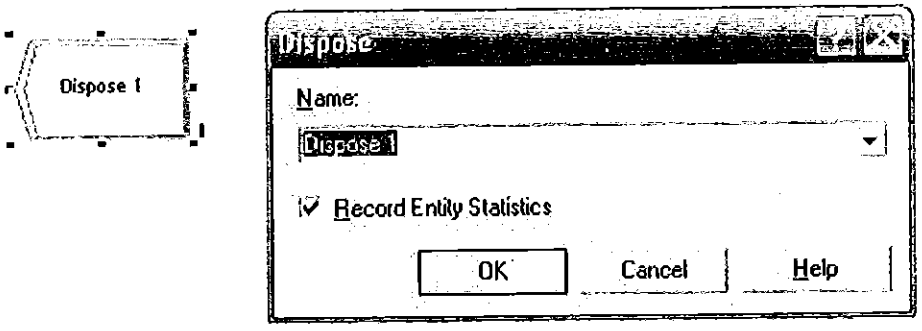
ใช้สำหรับเริ่มต้นสร้างวัตถุที่เราสนใจ (Entity) เข้ามาในแบบจำลอง เช่น ชิ้นงานเข้ามาในระบบการผลิต ลูกค้าเดินเข้ามาในร้าน โดยวัตถุที่เราสนใจจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยแบบแผนตารางการมาถึงของวัตถุ หรือช่วงเวลาระหว่างการมาถึงของวัตถุ เป็นข้อมูลใส่เข้าไปในหน่วยโครงสร้าง



รูปที่ ข.7 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Create Module

Dispose Module

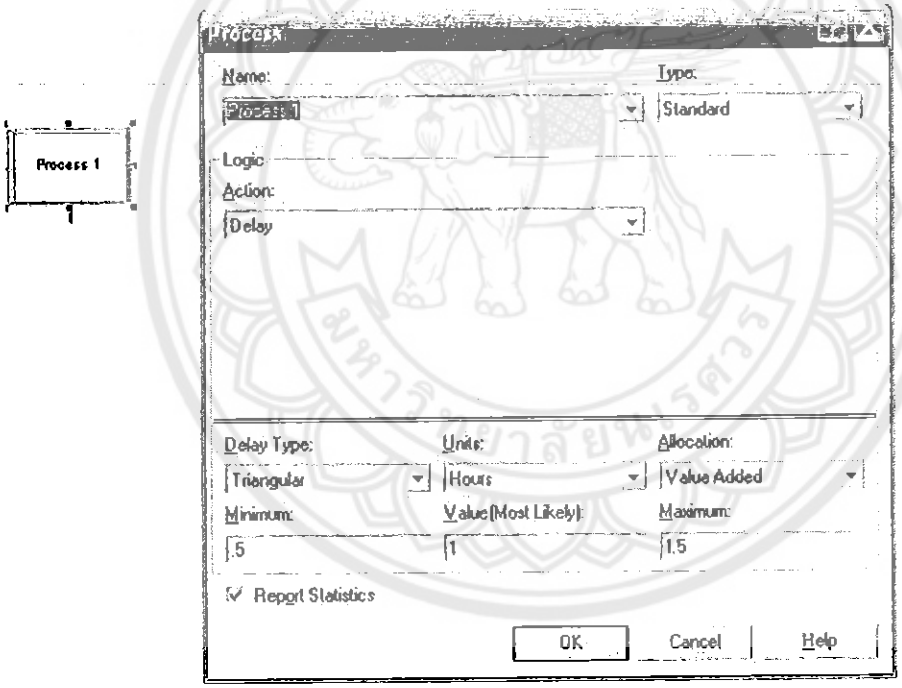
ใช้จบการทำงานของวัตถุที่เราสนใจ (Entity) วัตถุจะออกจากระบบแบบจำลอง ณ จุดนี้ และแสดงถึงการเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลทางสถิติของวัตถุตัวนั้น เช่น ชิ้นงานออกจากระบบการผลิต ลูกค้าเดินออกจากร้าน



รูปที่ ข.8 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Dispose Module

Process Module

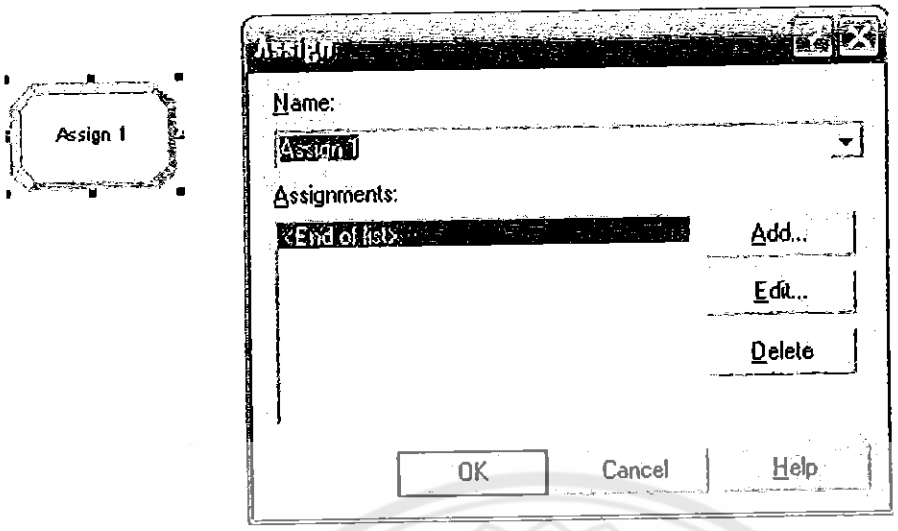
เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้แสดงกิจกรรม โดยกิจกรรมนั้นอาจหมายถึง การให้บริการลูกค้า การบรรจุชิ้นงาน การเคลื่อนย้ายชิ้นงาน ฯลฯ



รูปที่ ข.9 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Process Module

Assign Module

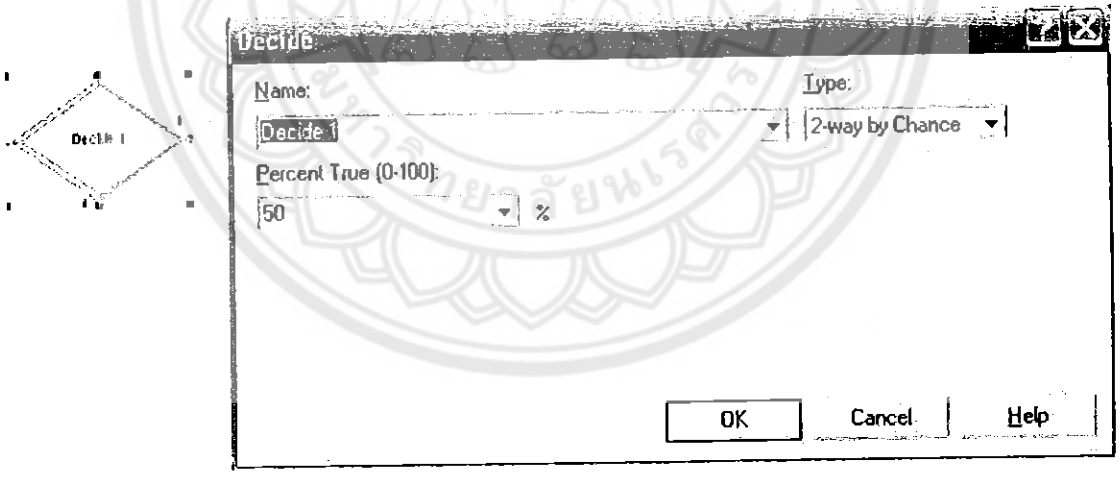
ใช้สำหรับกำหนดหน้าที่ให้ค่าตัวแปร (variable), คุณสมบัติประจำตัว(attribute), ชนิดของวัตถุ (entity type), ภาพของวัตถุ(entity picture), หรือตัวแปรระบบอื่นๆ โดยการกำหนดหน้าที่สามารถทำได้หลายหน้าที่ในหน่วยโมดูลเดียวกัน



รูปที่ ข.10 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Assign Module

Decide Module

ใช้สำหรับตัดสินใจทางเลือกให้กับวัตถุว่าควรไปในเส้นทางไหนโดยแต่ละวัตถุสามารถเลือกทางให้กับตัวเองได้เพียงหนึ่งเส้นทางเท่านั้น

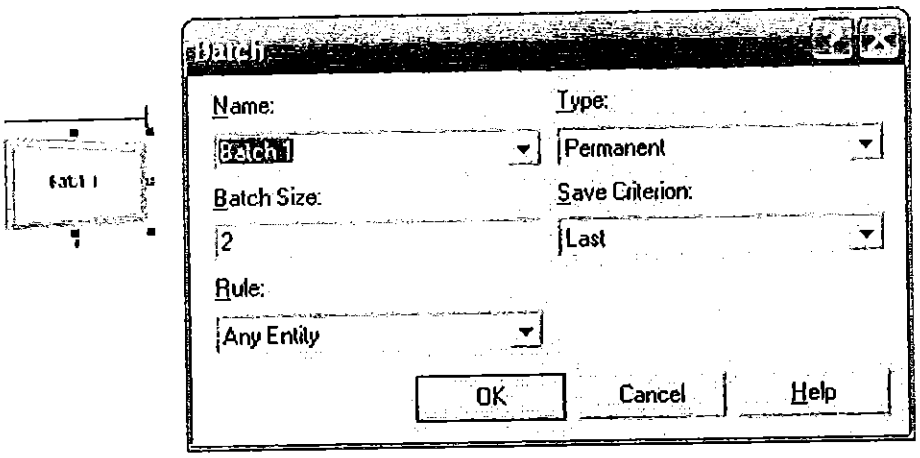


รูปที่ ข.11 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Design Module

Batch Module

ทำหน้าที่รวมวัตถุที่สนใจไว้ด้วยกัน

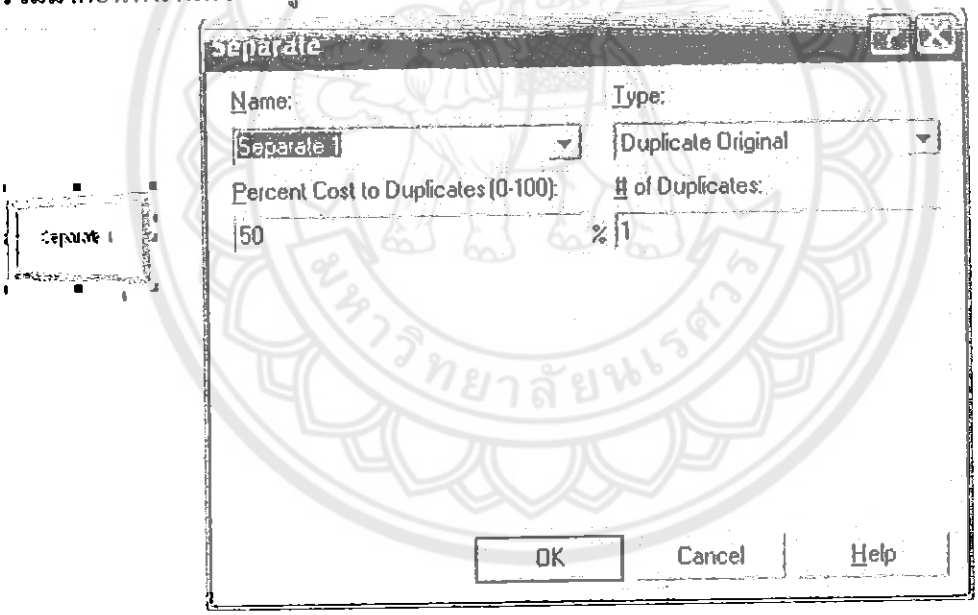
การแยกวัตถุที่รวมกันอย่างชั่วคราวออกจากกัน สามารถทำได้โดยการสร้างโมดูล separate



รูปที่ ข.12 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Batch Module

Separate Module

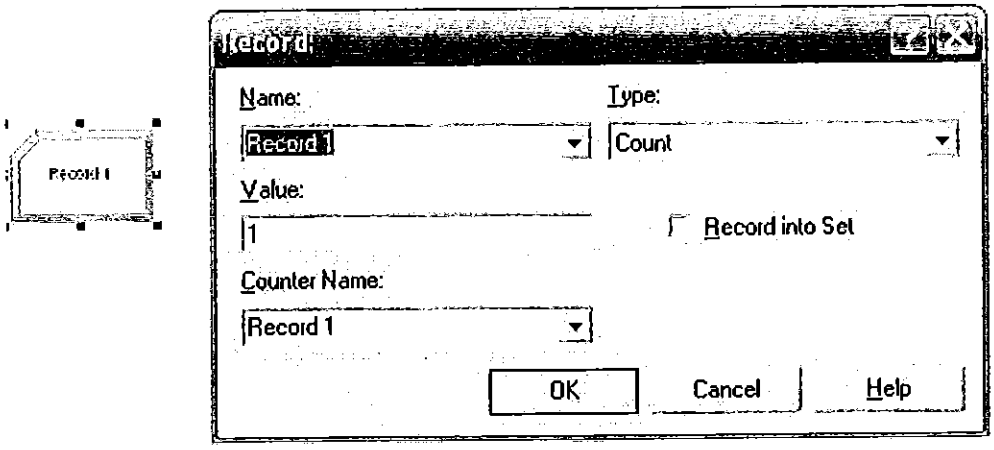
ทำหน้าที่คัดลอกวัตถุที่เข้าโมดูลนี้ให้กลายเป็นหลายวัตถุ หรือใช้ในการแยกก้อนวัตถุที่ถูกรวมมาก่อนหน้านี้ด้วยโมดูล batch



รูปที่ ข.13 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Separate Module

Record Module

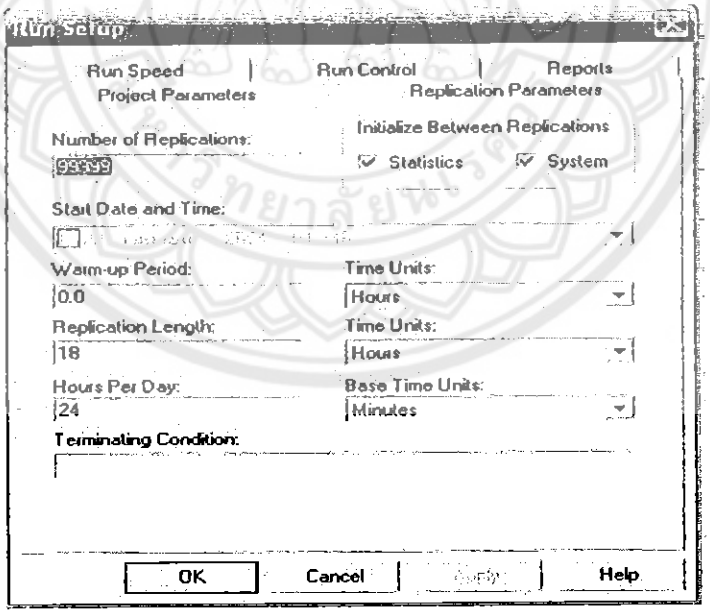
เป็นหน่วยโครงสร้างใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลอง เช่น เก็บข้อมูลวัตถุที่เข้าสู่โมดูลนี้ บันทึกเวลาที่วัตถุอยู่ในระบบ บันทึกค่าช่วงเวลาห่างของวัตถุที่มาถึงโมดูล



รูปที่ ข.14 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของ Record Module

การรันผลโปรแกรม

หลังจากสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Arena เรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกแบบจำลองใน "ชื่อแฟ้มงาน.doe" (แบบจำลองที่ได้จากการสร้างด้วยโปรแกรม Arena จะมีนามสกุลเป็น doe) การรันโปรแกรม Arena สามารถทำได้โดยการเลือกไปที่แถบเครื่องมือ Run>Setup> เลือกแถบ Replication Parameters จะปรากฏหน้าต่างดังรูป ข.15



รูปที่ ข.15 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของการกำหนดขอบเขตของการรันผล

การกำหนดรูปแบบการรัน

การกำหนดรูปแบบการรันแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือ "ระบบที่มีการสิ้นสุด" (Terminating System) และ "ระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุล" (Stead-State System)

- ระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating System)

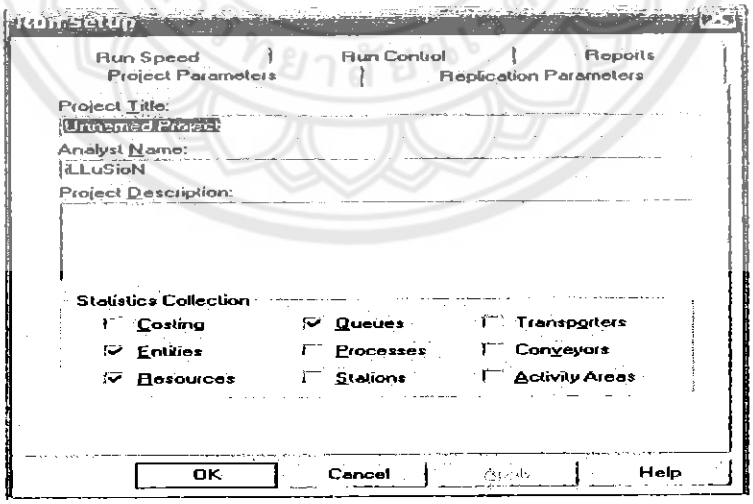
ระบบที่มีการสิ้นสุดการรันที่แน่นอน ด้วยเงื่อนไขที่กำหนดหรือด้วยเวลาที่กำหนด ซึ่งระบบนี้จะไม่มีค่าช่วงเวลาที่มีการแกว่ง (warm-up period = 0) แต่สามารถทำซ้ำการรันได้มากกว่าหนึ่งครั้ง (Number of Replication) เพื่อความถูกต้องแม่นยำของผลที่รันออกมา โดยความยาวของการรัน (Replication Length) ขึ้นกับเวลาที่ระบบทำงานเช่น ธนาคารเปิดทำการตั้งแต่ 8.30-17.30 น. จะเห็นว่าระบบนี้เป็นระบบที่มีการสิ้นสุดเมื่อธนาคารเปิดไปได้ 9 ชั่วโมง (Replication Length)

- ระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุล(Stead-State System)

ระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อผ่านช่วงเวลาที่มีการแกว่ง(Warm-up period) เนื่องจากเมื่อเริ่มระบบในช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูล ทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานของระบบยังไม่เต็มที่ จึงไม่ควรนำผลการทดลองช่วงแรกมาทำการวิเคราะห์ เพราะอาจทำให้สรุปผลผิดพลาดได้ ซึ่งระบบแบบนี้จะนิยมรันเพียงหนึ่งครั้งหรืออาจรันซ้ำก็ได้ ด้วยความยาวของการรันที่ต้องการอ่านผลลัพธ์ทางสถิติและความยาวของการรันต้องมากพอเพื่อลดความเกี่ยวพันกันของข้อมูลผลลัพธ์เช่น ระบบอินเทอร์เน็ตเปิดระบบตลอด 24 ชั่วโมงทุกวันโดยเมื่อเปิดระบบใหม่ๆ ระบบยังไม่เสถียร แต่พอเปิดทำงานไป 5 วัน ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุลเป็นต้น

การเลือกประเภทรายงานผลลัพธ์ทางสถิติ

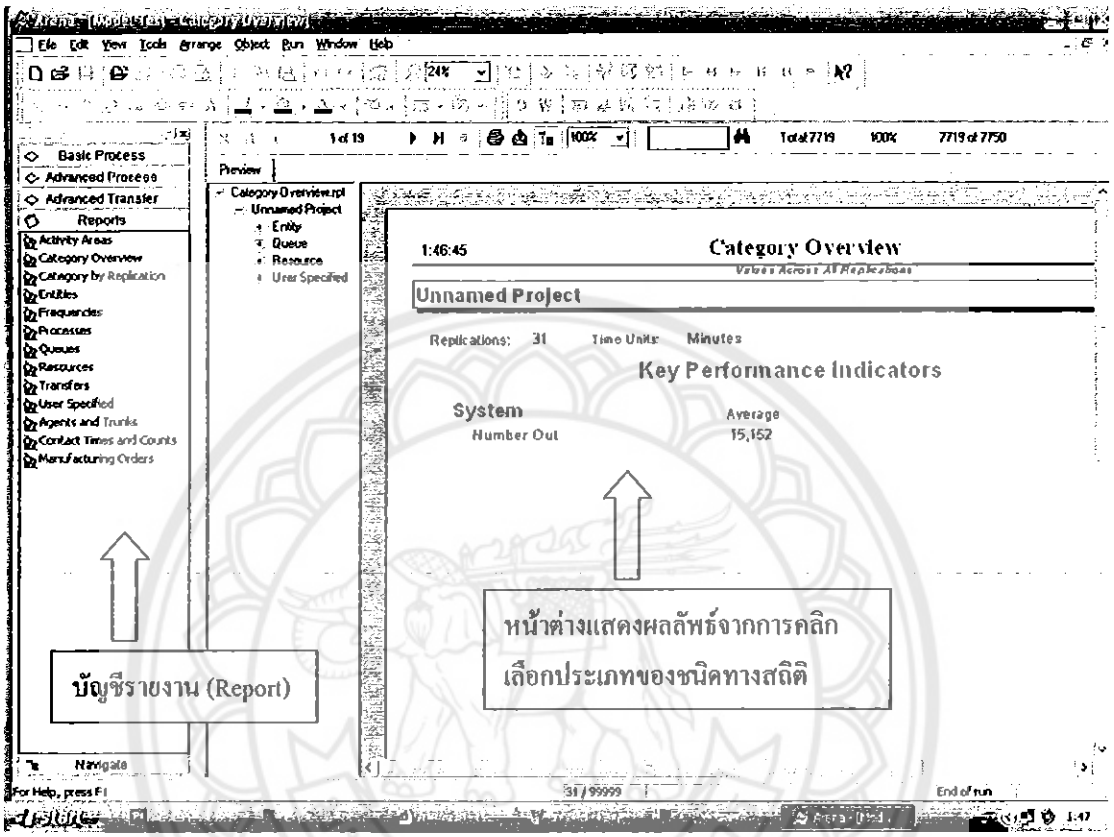
การเลือกประเภทรายงานผลลัพธ์ทางสถิติว่าจะให้แสดงผลหรือไม่ให้ไปที่แถบเครื่องมือ Run>Setup>เลือกแถบ Project Parameter จะปรากฏหน้าต่างดังรูป จากนั้นคลิกเครื่องหมายถูกที่รายงานผลลัพธ์ทางสถิติที่ต้องการให้แสดงผล



รูปที่ ข.16 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของการกำหนดประเภทรายงานผลลัพธ์ทางสถิติ

รายงานผลลัพธ์จากโปรแกรม Arena

โปรแกรม Arena จะรายงานผลลัพธ์แบ่งตามประเภทของชนิดทางสถิติ ที่ผู้สร้างได้เลือกไว้ระหว่างการตั้งค่าก่อนการรันซึ่งเมื่อการรันเสร็จสิ้น จะปรากฏรายงานผลลัพธ์ทางสถิติที่ต้องการ



รูปที่ ข.17 แสดงรายงานผลแบ่งตามประเภททางสถิติ

รายงานวัตถุ (Entity Report)

รายงานค่าทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ(Entity) ซึ่งประกอบด้วย

Time(เวลา)

- Value Add Time (VA Time) คือมูลค่าเพิ่มเวลาเฉลี่ยต่อวัตถุ ซึ่งเกิดจากเวลาที่วัตถุทำกิจกรรมอันทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม
- Non Value Add Time (NVA Time) คือมูลค่าไม่เพิ่มเวลาโดยเฉลี่ยต่อวัตถุ ซึ่งเกิดจากเวลาที่วัตถุทำกิจกรรมอันทำให้ไม่เกิดมูลค่าเพิ่ม
- Wait Time คือเวลาคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อวัตถุ ซึ่งเกิดจากการที่วัตถุรอคอยก่อนเข้ารับบริการ ณ หน่วยงานต่างๆและเกิดจากเวลาที่วัตถุทำกิจกรรมอันทำให้เกิดการรอคอย (wait)
- Total Time คือเวลารวมทั้งหมดที่วัตถุอยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อวัตถุ

Half Width (ช่วงความกว้างระหว่างจุดกึ่งกลาง)

ในกรณีที่จำนวนรอบการทำซ้ำตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไปจะปรากฏค่า Half Width ออกมา เป็นค่าที่บ่งบอกถึงช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% (=0.05) ของข้อมูลต่างๆในระบบที่ได้จากการประมวลผล ซึ่งการกำหนดจำนวนรอบของการประมวลผลที่เพียงพอจะสามารถลดความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ โดยผลของ Half Width ของระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating System) จะระบุค่าออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง จาก 2 ลักษณะดังนี้

- Insufficient คือการบ่งชี้ว่ามีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะใช้ในการคำนวณค่า Half Width
- Value คือการบ่งชี้ว่า มีข้อมูลพอที่จะใช้ในการคำนวณค่า Half Width แต่ข้อมูลนี้ไม่ได้บ่งว่าข้อมูลนั้นพอเพียงกับการนำไปวิเคราะห์ผลลัพธ์ เพราะถ้าจำนวนรอบการทำซ้ำมากขึ้นจะทำให้ค่า Value นั้นมีค่าน้อยลง ซึ่งทำให้ข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

และผลของ Half Width ของระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุล (Stead-State System) จะระบุค่าออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่งจาก 3 ลักษณะดังนี้

- Insufficient คือการบ่งชี้ว่า มีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะใช้ในการคำนวณค่า Half Width
- Correlated คือการบ่งชี้ว่าข้อมูลที่เราสนใจยังไม่มีความเป็นอิสระแก่กัน หมายถึงข้อมูลนั้นยังมีความสัมพันธ์กันอยู่ เนื่องมาจากความยาวของการรันยังไม่มากพอ ดังนั้นต้องกำหนดช่วงความยาวของการรันให้ยาวขึ้นเพื่อลดความสัมพันธ์ของข้อมูล
- Value คือการบ่งชี้ว่า มีข้อมูลพอที่จะใช้ในการคำนวณค่า Half Width แต่ข้อมูลนี้ไม่ได้บ่งว่าข้อมูลนั้นพอเพียงกับการนำไปวิเคราะห์ผลลัพธ์เพราะถ้าช่วงความยาวของการรันยาวขึ้นจะทำให้ค่า Value นั้นมีค่าน้อยลงซึ่งทำให้ข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

Other (อื่นๆ,จำนวน)

- Number In คือจำนวนวัตถุทั้งหมดที่เข้ามาในระบบ
- Number Out คือจำนวนวัตถุทั้งหมดที่ออกจากระบบ
- WIP คือจำนวนวัตถุเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ

รายงานแถวคอย (Queue Report)

รายงานค่าทางสถิติที่เกี่ยวข้องกระบวนการดำเนินงานที่มีคิวการรอคอย เพื่อใช้ทรัพยากรและอุปกรณ์ลำเลียงนการดำเนินกิจกรรมซึ่งประกอบด้วย

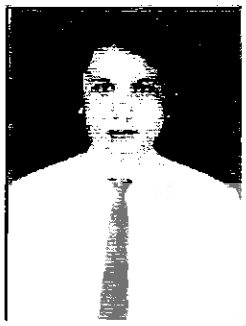
- Waiting Time คือเวลารอคอยเฉลี่ยต่อวัตถุของแต่ละหน่วยโมดูลที่มีคิว ซึ่งหมายถึงเวลาที่เกิดจากการรอคอยก่อนเข้าหน่วยโมดูลที่มีคิว
- Number of Waiting คือจำนวนวัตถุที่คอยเฉลี่ยก่อนเข้าแต่ละหน่วยโมดูลที่มีคิว

รายงานทรัพยากร (Resource Report)

เป็นรายงานการใช้ทรัพยากรทั้งหมดของระบบ ซึ่งประกอบด้วย

- Number busy คือจำนวนหน่วยเฉลี่ยของทรัพยากรกำลังทำงานอยู่
- Number Scheduled คือจำนวนหน่วยเฉลี่ยของทรัพยากรถูกำหนดตารางเวลา
- Instantaneous Utilization คือค่าอรรถประโยชน์ของทรัพยากร แสดงสัดส่วนเฉลี่ยเวลาน การทำงานของทรัพยากรต่อเวลาที่ระบบมีทั้งหมด
- Scheduled Utilization คือสัดส่วนเฉลี่ยเวลาในการทำงานของทรัพยากรต่อเวลาที่ทรัพยากร ตัวนั้นมีทั้งหมด
- Total Number Seized คือจำนวนครั้งที่ทรัพยากรถูกจองเรียกใช้

ประวัติผู้เขียนโครงงาน



ชื่อ นายพีรพัฒน์ พุฒนาค

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 1 หมู่ 12 ต. วัดพริก

อ. เมือง จ. พิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65230

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก
  โรงเรียนบุญวัฒนา จ.นครราชสีมา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail p_peeraphat@yahoo.com

ชื่อ นายจักรกฤช ทองย้อย

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 120 ถ.มลิวรรณ ต.กุดป่อง

อ.เมืองเลย จ. เลย รหัสไปรษณีย์ 42000

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก
  โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยเพชรบูรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail jaggrich@hotmail.com