

การประเมินประสิทธิภาพระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ
โดยการจำลองเชิงคอมพิวเตอร์
Performance Evaluation of Air Traffic Control Service System
By Computer Simulation

โดย

นายศุภชัย พรหมวิสุทธิภรณ์

รหัส 43067245

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์



H002864

วัน เดือน ปี.....	02 พ.ค. 2550
เลขทะเบียน.....	02864
เลขเรียกหนังสือ.....	วพ: ศบ๕๖๓ 2544
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจขฉ."	

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษาระดับพิเศษ
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อหัวข้อ	การประเมินประสิทธิภาพระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ โดยการจำลองเชิงคอมพิวเตอร์
นักศึกษา	นายศุภชัย พรหมวิสุทธิภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ธุรกิจทางการขนส่งทางอากาศ เป็นรูปแบบหนึ่งของระบบการขนส่งที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริม สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศชาติ ซึ่งธุรกิจทางด้านนี้จะดำเนินการมิได้หากปราศจากการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพียงพอ โดยงานการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศนี้ รัฐบาลไทยได้มอบหมายให้บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด เป็นผู้ดำเนินการและรายงานผลการดำเนินงานให้รัฐบาลทราบ

การประเมินประสิทธิภาพระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ จึงมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และรัฐบาล ซึ่งประโยชน์ส่วนหนึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือเสริมการดำเนินการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ในโอกาสต่อไป

การประเมินประสิทธิภาพของระบบ จะประเมินในส่วนของการให้บริการ ณ ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ กรุงเทพฯ เนื่องจากเป็นศูนย์กลางของการให้บริการฯ ซึ่งในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จะใช้การจำลองเชิงคอมพิวเตอร์ โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแบบจำลองการปฏิบัติงานจริงของระบบ

Title Performance Evaluation of Air Traffic Control Service System
By Computer Simulation

Student Mr. Supachai Promvisutthiporn

Advisor Dr. Chanboon Sathitviriyawong

Level of Study Master of Science in Information Technology

Major Information Technology Management

Academic Year 2001

Abstract

Air transportation business is one form of the transportation system that is important role to support the national society and economic development. If Air Traffic Control Service is not sufficient efficiency and effectiveness, this business will not operate . This job is assigned to Aeronautical Radio of Thailand by Thai Governor , then the operation will be report to them too.

So, the performance evaluation of Air traffic Control Service System is crucial and useful for Aeronautical Radio of Thailand and government to improve or develop the performance of system in the future.

The performance evaluation of System will do in the part of the Air Traffic Control Center, which is in Bangkok. The analysis will use the computer simulation which is separately into two types: the analysis model and simulation model.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 การให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ	2
1.3 ประวัติความเป็นมาของการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ	3
2. Model ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ	
2.1 M/M/1/∞/∞/FCFS Model	12
2.2 Simulation Model	17
3. การประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้ Model	
3.1 เป้าหมาย	20
3.2 วัตถุประสงค์	20
3.3 คำนิยาม	20
3.4 M/M/1 Model ในแต่ละกรณีของการเกิดเหตุการณ์	24
3.5 Simulation Model ในแต่ละกรณีของการเกิดเหตุการณ์	40
3.7 สรุปผลการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง M/M/1 และ Simulation	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. สรุป	
4.1 กลยุทธ์ที่อาจนำมาพิจารณาเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการ	52
4.2 การพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของทั้ง 4 กลยุทธ์	52
4.3 ปัญหา	52
4.4 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	55
ประวัติผู้เขียน	58



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่	
2.1 สัญลักษณ์การแจกแจงรูปแบบต่าง ๆ ของระบบแถวคอย	13
2.2 รูปแบบและความหมายของแบบจำลอง M/M/1	14
3.1 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละเหตุการณ์	49
ก แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณในแต่ละกรณี เมื่อใช้ M/M/1 Model	56
ข แสดงการเปรียบเทียบค่าที่ได้จาก M/M/1 และ Simulation ในแต่ละตัวแปร	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงสภาพแวดล้อมในการดำเนินงานของระบบ	5
1.2 แสดงหน้าจอรadarในการควบคุมจราจรทางอากาศ	7
1.3 แสดง System Flow Diagram ของการดำเนินงาน	8
1.4 แสดงพื้นที่ในความรับผิดชอบการควบคุมจราจรทางอากาศในแต่ละ AREA	9
2.1 หน่วยบริการแบบช่องเดียว	15
2.2 หน่วยบริการหลายช่องแบบขนาน แต่มีแถวคอยเดียว	16
2.3 หลายหน่วยบริการและมีแถวคอยบริการมากกว่า 1	16
2.4 หน่วยบริการแบบอนุกรม	16
2.5 หน่วยบริการแบบผสม	17
3.1 Model จำลองเหตุการณ์ กรณี High Traffic Under Radar ใน M/M/1	25
3.2 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิวกรณี High Traffic Under Radar	26
3.3 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนถึงสุดท้าย การให้บริการกรณี High Traffic Under Radar ใน M/M/1	26
3.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงาน กรณี High Traffic Under Radar	27
3.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะไม่ว่างงาน กรณี High Traffic Under Radar	28
3.6 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการ กรณี High Traffic Under Radar ใน M/M/1	28
3.7 Model จำลองเหตุการณ์ กรณี High Traffic-Cloud Effect Under Radar	29
3.8 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิว กรณี High Traffic-Cloud Effect Under Radar ใน M/M/1	30
3.9 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนถึงสุดท้าย กรณี High Traffic-Cloud Effect Under Radar ใน M/M/1	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงาน กรณี High Traffic-Cloud Effect Under Radar ใน M/M/1	31
3.11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะไม่ว่างงาน กรณี High Traffic- Cloud Effect Under Radar ใน M/M/1	32
3.12 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการ กรณี High Traffic-Cloud Effect Under Radar ใน M/M/1	32
3.13 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic Non Radar ใน M/M/1	33
3.14 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิว กรณี High Traffic Non Radar	34
3.15 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนสิ้นสุด การให้บริการ กรณี High Traffic Non Radar ใน M/M/1	34
3.16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงาน กรณี High Traffic Non Radar	35
3.17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะไม่ว่างงาน กรณี High Traffic Non Radar	36
3.18 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการกรณี High Traffic Non Radar	36
3.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิวของทั้ง 3 กรณี	37
3.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนสิ้นสุด การให้บริการของทั้ง 3 กรณี ใน M/M/1	38
3.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงาน ของทั้ง 3 กรณี	38
3.22 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบ ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงาน ของทั้ง 3 กรณี	39
3.23 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการ ของทั้ง 3 กรณี	40
3.24 Model จำลองเหตุการณ์การเกิด High Traffic Under Radar ของ Simulation	41
3.25 แสดงการปรับแต่งความยาวของช่วงเวลาของเหตุการณ์จำลองของ Simulation	42
3.26 แสดงการปรับแต่ง Mean Arrival Time ของเหตุการณ์จำลองของ Simulation	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.27 แสดงการปรับแต่ง Mean Service Time ของเหตุการณ์จำลอง ใน Simulation	43
3.28 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการของทั้ง 3 กรณี ใน Simulation	44
3.29 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic Under Radar	44
3.30 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic-Cloud Effect Under Radar ใน Simulation	45
3.31 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic-Cloud Effect Under Radar	46
3.32 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic Non Radar ใน Simulation	47
3.33 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic Non Radar	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.35 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic-Cloud Effect Under Radar	41
3.36 แสดงการจำลองเหตุการณ์ High Traffic Non Radar ใน Simulation Model	42
3.37 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic Non Radar	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการเติบโตทางด้านการขนส่งทางอากาศ ได้ส่งผลกระทบต่อการค้าบริการด้านการควบคุมจราจรทางอากาศของนานาชาติ ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย ดังนั้น สิ่งที่จะสามารถทำให้กิจการทางด้านการควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศไทยมีคุณภาพทัดเทียมกับประเทศต่าง ๆ และเป็นที่ยังพอใจของลูกค้ำที่เป็นสายการบินทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ คือการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพให้อยู่ในระดับที่สากลยอมรับ แต่ก่อนที่จะคิดหาทางพัฒนาปรับปรุงระบบ ควรต้องทราบถึงตัวแปรที่สร้างผลกระทบให้กับระบบก่อนว่ามีอะไรบ้าง

1.1.1 ความคับคั่งของสนามบินและเส้นทางบิน ซึ่งมีผลมาจากปัจจัยที่สำคัญคือ

- ต้นทุนการเดินทางโดยทางอากาศลดลง
- มีการแข่งขันด้านการค้าระหว่างประเทศอย่างเข้มข้น
- สถานภาพความมั่นคงด้านการเมือง
- การผ่อนคลายความเข้มงวดของการเดินทางท่องเที่ยว
- การมีเวลาว่างมากขึ้น
- การสนับสนุนด้านการท่องเที่ยว
- ความเสมอภาคด้านสิทธิการขนส่งทางอากาศ

1.1.2 สภาพการแข่งขันในด้านธุรกิจการบินที่สูงมากในปัจจุบัน เป็นผลทำให้รัฐบาลต้องพยายามควบคุมต้นทุนค่าบริการควบคุมจราจรทางอากาศ (Flight Charge) ไว้ในระดับที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ

1.1.3 ข้อจำกัดทางด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานมีไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งในปัจจุบันได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญของระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศแล้ว อาทิ ข้อจำกัดทางด้านปริมาณของสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของท่าอากาศยานต่าง ๆ ที่ยังมีไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณการจราจรทางอากาศ เช่น Runway Taxiway และ Gateway

เอกสารเป็นต้น เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.4 ความสามารถในการให้บริการของแต่ละประเทศที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะประเทศเพื่อนบ้านของไทย ทำให้ในการรับหรือส่งเครื่องบินระหว่างกันจะต้องคำนึงถึงข้อกำหนดของประเทศเพื่อนบ้านด้วยว่ากำหนดไว้เท่าใด อาทิ ประเทศพม่า และมาเลเซีย จะกำหนดให้เครื่องบินแต่ละลำที่จะส่งต่อให้เขาควบคุมฯ จะต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 10 นาที ซึ่งถือเป็นอุปสรรคสำคัญของประเทศไทย ในการที่จะพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพในการให้บริการกับลูกค้าของ

1.2 การให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ

ปัจจุบันเกือบทุกประเทศในโลกล้วนต่างเร่งยกระดับความเจริญของประเทศตนเองในทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านที่คิดว่าจะทำให้ประเทศสามารถที่จะอยู่ในระดับที่ทัดเทียมหรือเหนือกว่าประเทศอื่น ๆ และสิ่งซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดถึงความเจริญก้าวหน้าในยุคนี้นั้นไม่พ้น ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและสารสนเทศ ซึ่งเมื่อนำมาผนวกเข้ากับการขนส่งทางอากาศ อาทิ การให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศด้วยแล้ว ก็ยิ่งจะทำให้ประเทศสามารถอยู่ในระดับที่สากลยอมรับ

ทำไมจึงต้องผนวกเข้ากับการขนส่งทางอากาศด้วย นั่นเป็นเพราะในประเทศที่พัฒนาแล้ว การเดินทางที่รวดเร็วและรู้สึกสะดวกสบาย คือการใช้เครื่องบินเป็นพาหนะ และสิ่งที่เป็นส่วนควบกับเครื่องบินที่จะขาดไม่ได้ก็คือ สนามบิน และการควบคุมจราจรทางอากาศ ที่เพียงพอเหมาะสม และมีคุณภาพ

ปัจจุบันการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศไทย ดำเนินงานโดย บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด โดยรูปแบบของการให้บริการยังคงเป็นแบบที่ต้องอาศัยมนุษย์ร่วมกับอุปกรณ์เทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งมีสองรูปแบบการให้บริการ คือ แบบที่ต้องอาศัยเรดาร์ และแบบที่ไม่ต้องอาศัยเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ โดยแบบที่ไม่ต้องอาศัยเรดาร์ช่วยนั้น จะใช้ในกรณีเมื่อเกิดเหตุขัดข้องทางเทคนิคที่ไม่อาจจะให้การบริการแบบอาศัยเรดาร์ได้ อาทิ เมื่อระบบเรดาร์เสีย หรือ กระแสไฟฟ้าดับ เป็นต้น

ระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศของ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศระดับภูมิภาค (Area Control Service) และส่วนของการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศเขตประชิดสนามบิน (Approach Control and Aerodrome Control Service) โดยมีหลายหน่วยงานที่รับผิดชอบในการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศกับอากาศยานที่บินผ่าน (Over fly) และหรือบินลงจอด (Landing) ทั้งเที่ยวบินขาเข้า และขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประวัติความเป็นมาของการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ

หลังจากสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลง สายการบินระหว่างประเทศหลายสายการบินได้กลับมาทำการบินยังประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง แต่ในขณะนั้นประเทศไทยยังไม่พร้อมที่จะให้บริการด้านอุปกรณ์สื่อสาร ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในกิจการขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ ในปี พ.ศ. 2491 สายการบินต่าง ๆ จึงได้ร่วมกันขออนุมัติรัฐบาลไทยจัดตั้งบริษัทวิทยุการบินแห่งสยาม จำกัด ขึ้นเพื่อดำเนินกิจการสื่อสารการบินตามมาตรฐานและข้อเสนอแนะขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ จนกระทั่งต่อมารัฐบาลไทยได้เล็งเห็นถึงหน้าที่และความสำคัญของการบินว่าเกี่ยวข้องกับความมั่นคงของประเทศชาติ ประกอบกับมีความพร้อมในทุก ๆ ด้านแล้ว จึงได้ขอซื้อหุ้นทั้งหมดคืน เมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2506 และได้เปลี่ยนชื่อของบริษัท วิทยุการบินแห่งสยาม จำกัด มาเป็น บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และในเวลาต่อมารัฐบาลไทยยังได้อนุญาตให้สายการบินที่ทำการบินมายังประเทศไทยเป็นประจำ เข้าร่วมเป็นผู้ถือหุ้นด้วยในอัตรา 91:9 ซึ่งทำให้บริษัท วิทยุการบินฯ มีฐานะเป็นรัฐวิสาหกิจตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา โดยดำเนินการหลักในด้านการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศและการสื่อสารการบินในเส้นทางบินพาณิชย์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ บริเวณท่าอากาศยานกรุงเทพและท่าอากาศยานทั่วประเทศไทย

นอกจากภารกิจหลักดังกล่าวข้างต้นแล้ว บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ยังจัดให้มีบริการที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ได้แก่ บริการจัดหาอุปกรณ์วิทยุสื่อสารและอุปกรณ์โทรพิมพ์ชนิดต่าง ๆ ให้ผู้ประกอบการเกี่ยวกับการบินเข้าใช้ รวมทั้งออกแบบจัดสร้างอุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ตามความต้องการใช้งานของผู้ประกอบการเกี่ยวข้องกับการบิน

1.3.1 วัตถุประสงค์หลักในการดำเนินงานควบคุมจราจรทางอากาศ

- 1) เพื่อป้องกันการชนกันของอากาศยานที่กำลังบินอยู่ในอากาศ
- 2) เพื่อป้องกันการชนกันของอากาศยานในพื้นที่จับเค็ดือน (Manoeuvring Area) หรือชนกับสิ่งกีดขวางอื่น ๆ (Obstructions) ที่อยู่ในพื้นที่นั้น
- 3) เพื่อความรวดเร็ว และความเป็นระเบียบเรียบร้อย (Expediting) ในการเลื่อนไหล (Orderly Flow) ของการจราจรทางอากาศ
- 4) เพื่อให้คำแนะนำและข่าวสารที่เป็นประโยชน์แก่อากาศยาน
- 5) เพื่อประสานงานกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในกรณีอากาศยานต้องการความช่วยเหลือเร่งด่วน

1.3.2 การดำเนินงานของระบบ

1. ผู้ปฏิบัติงาน

งานปฏิบัติการในห้องควบคุมจราจรทางอากาศ ต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการในแต่ละผลัด/กะ (Shift) ของ 7 เขตควบคุม (Sectors) รวมทั้งสิ้น 22 คน โดยมีการจัดแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ผลัด/กะ ใน 7 เขตควบคุม ซึ่งแต่ละเขตควบคุมจะเรียกชื่อตามจำนวน Sector ที่มี เช่น Sector One หรือ Sector Two เป็นต้น และมีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในแต่ละ Sector จำนวน 3 คน (ไม่รวมถึงผู้จัดการงานควบคุมจราจรทางอากาศ) โดยบุคคลในแต่ละตำแหน่งงานมีหน้าที่และความรับผิดชอบดังนี้

1.1) ผู้จัดการงานควบคุมจราจรทางอากาศ (Manager of Air Traffic Control) จะทำหน้าที่เป็นหัวหน้าเวร (W/S: Watch Supervisor) รับผิดชอบในการกำกับดูแลเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในแต่ละผลัด/กะ

1.2) เจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ (Air Traffic Controller) หรือโดยทั่วไปจะเรียกว่า “A-Man” ทำหน้าที่ให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศทั้งแบบอาศัยเรดาร์ (Radar) และแบบไม่อาศัยเรดาร์ (Non-Radar) โดยใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่แบบ VHF และ UHF ในการติดต่อสื่อสาร

1.3) พนักงานผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ (Assistant Air Traffic Controller) หรือโดยทั่วไปจะเรียกว่า “R-Man” ทำหน้าที่แจ้งให้ Controller ทราบว่าจะมีเครื่องบินเข้ามา ด้วยความเร็วที่เท่าใด อยู่ระดับเพดานบินไหน จะบินจากไหนไปไหน โดยดูจากหน้าจอเรดาร์ประกอบควบคู่ไปกับ Strip ของ D-Man

1.4) เจ้าหน้าที่ข้อมูลการบิน (Flight Data Operator) หรือโดยทั่วไปจะเรียกว่า “D-Man” ทำหน้าที่จัดทำ Strip ในการบินของเครื่องบินแต่ละลำ และมีหน้าที่แจ้งข่าวอากาศโดยทั่วไปออกอากาศให้เครื่องบินทุกลำที่กำลังบินได้ทราบ

2. สภาพแวดล้อมของการดำเนินงาน มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังภาพที่ 1.1

Airspace Users



ATC PROCESS

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. People (Controller) | 3. Workload (Aircraft) |
| 2. Technology | 4. Environment (Weather) |



Performance

- Safety
- Efficiency
- Effective
- Capacity

ภาพที่ 1.1 แสดงสภาพแวดล้อมในการดำเนินงานของระบบ

1.3.3) พื้นที่ และหน่วยงานที่รับผิดชอบ

1. บริเวณสนามบิน (Aerodrome Control Service) จะมีรัศมีทำการไม่เกิน 5 ไมล์ทะเล (Nautical Mile) มีหน่วยงานที่รับผิดชอบ ได้แก่

1.1) บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ (ดอนเมือง) และศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศส่วนภูมิภาคอีก 8 ศูนย์ คือ เชียงใหม่ หาดใหญ่ ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี อุรธานี และพิษณุโลก

1.2) กรมการบินพาณิชย์ เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยานที่บริษัท วิทยุการบินฯ ไม่ได้ให้บริการ

1.3) กองทัพอากาศ เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยาน นครราชสีมา ดาเกี และกำแพงแสน และที่อยู่ในเส้นทางบินของราชการทหาร

1.4) กองทัพเรือ เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยาน สากลอยู่ตะเภา และสงขลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เขตประชิดสนามบิน (Approach Control Service) จะมีรัศมีทำการควบคุม ในส่วนที่เกินกว่า 25-50 ไมล์ทะเล มีหน่วยงานที่รับผิดชอบ ได้แก่

2.1) บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ (ดอนเมือง) และศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศส่วนภูมิภาคอีก 8 ศูนย์ คือ เชียงใหม่ หาดใหญ่ ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี อุรธานี และพิษณุโลก

2.2) กรมการบินพาณิชย์ เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยานที่บริษัท วิทยุการบินฯ ไม่ได้ให้บริการ

2.3) กองทัพอากาศ เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยาน นครราชสีมา และตากลิ

2.4) กองทัพเรือ เป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการ ณ ท่าอากาศยาน สากลอุตะเกา

3. ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศระดับภูมิภาค (Area Control Service) จะมีรัศมีทำการควบคุม ในส่วนที่เกินกว่า 50 ไมล์ทะเล

หน่วยงานที่รับผิดชอบ คือ ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งตั้งอยู่ที่ทุ่งมหาเมฆ กรุงเทพฯ (Bangkok Area Control Center) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการให้บริการ ด้านนี้แต่เพียงหน่วยงานเดียว โดยใช้เรดาร์ (Radar) และไม่ใช่เรดาร์ (Non Radar) ในการควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งหน้าจอที่ใช้เรดาร์ช่วยควบคุม แสดงได้ดังภาพที่ 1.2

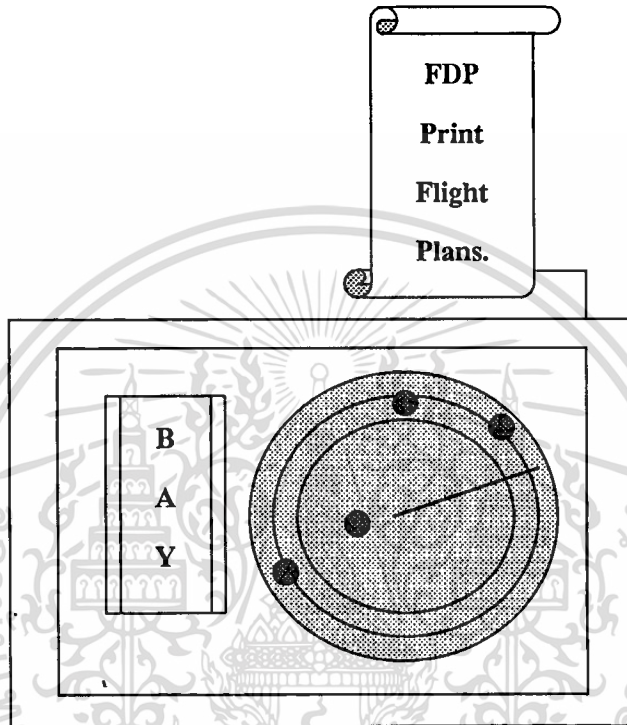
1.3.4 แนวทางการควบคุมจราจรทางอากาศ

1. เที่ยวบินขาเข้า (Arriving Flight)

ในกรณีอากาศยานทำการบินมายังประเทศไทย ตัวอย่างเช่น บินจากกรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย มายังท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ (ดอนเมือง) เมื่ออากาศยานเข้ามาถึงเขต Bangkok FIR หรือจุดรายงาน (Reporting Point) ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศมาเลเซีย (Kuala Lumpur ACC) ก็จะส่งมอบการควบคุมอากาศยานนั้นให้แก่ ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศไทย (Bangkok ACC) ซึ่งตั้งอยู่ที่ทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ ที่บริษัท วิทยุการบินฯ เป็นผู้รับผิดชอบดูแล โดยอากาศยานจะต้องติดต่อสื่อสารทางวิทยุกับศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศกรุงเทพฯ ซึ่งทางศูนย์ฯ จะแนะนำระดับการบิน (Flight Level) ที่เหมาะสม รวมทั้งให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการบินตลอดเส้นทางกับอากาศยานลำนั้น ๆ ไปจนถึงสิ้นสุดเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรับผิดชอบ จึงจะส่งมอบหน้าที่ความรับผิดชอบให้หน่วยงานอื่นต่อไป ซึ่ง System Flow ในการดำเนินงานของระบบ แสดงไว้ในภาพที่ 1.3

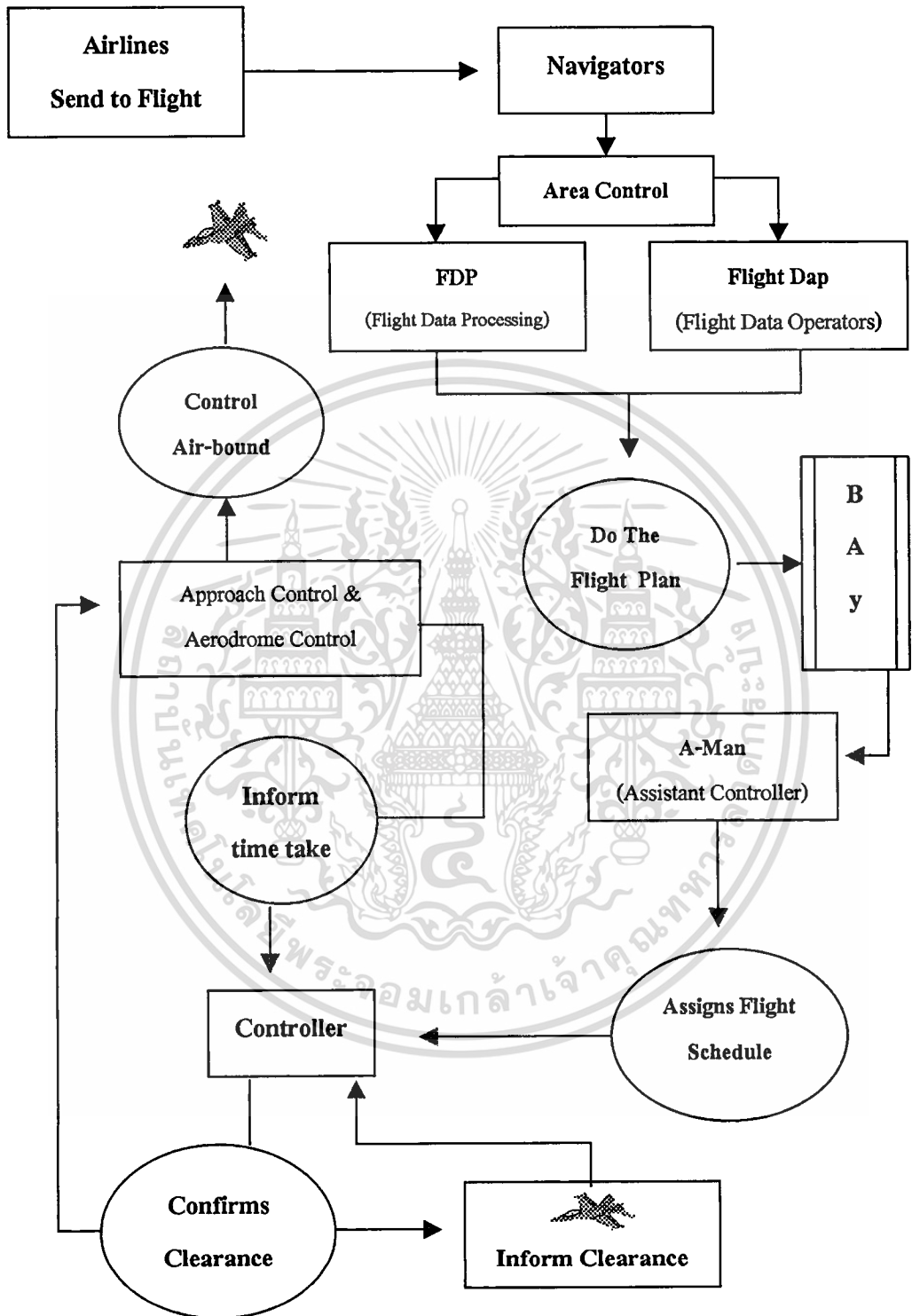


ภาพที่ 1.2 แสดงหน้าจอร์เคอร์ในการควบคุมจราจรทางอากาศ

2. เที่ยวบินขาออก (Departing Flight)

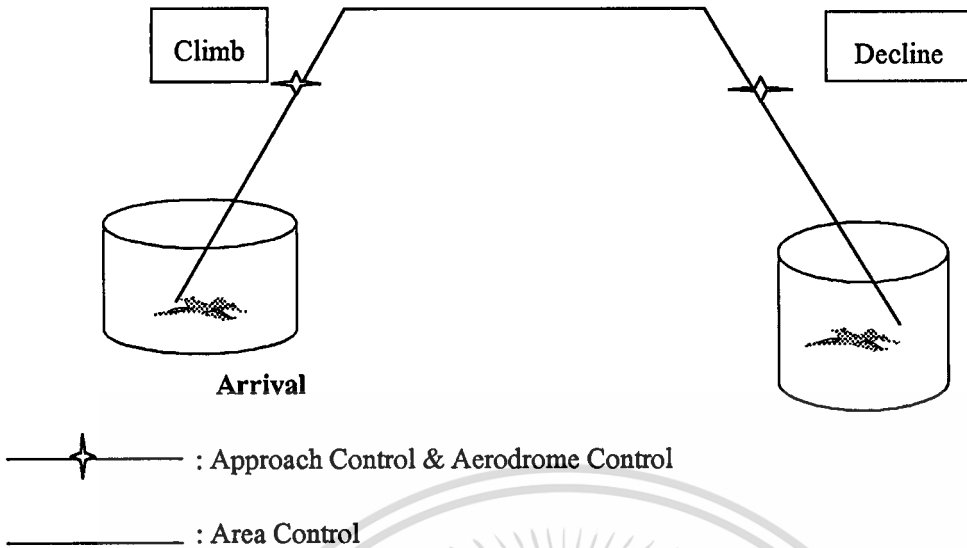
กรณีเครื่องบินต้องการบินออกจากประเทศไทย เช่น บินจากท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ ไปยังประเทศออสเตรเลีย นักบินจะต้องขออนุญาตจากศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศกรุงเทพฯ (Area Control Center) เพื่อขอคำสั่งการบิน (Air Traffic Control Clearance) และเส้นทางบินก่อน ซึ่งอย่างน้อยจะต้องแจ้งให้ศูนย์ควบคุมฯ ทราบก่อน 2 ชั่วโมง จากนั้นศูนย์ควบคุมฯ จะประสานงานให้กับ Aerodrome Control ที่ประจำอยู่ ณ ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ หรือดอนเมืองทราบ จากนั้น Aerodrome Control จะประสานงานต่อไปยัง Approach Control เพื่ออนุญาตให้นักบินนำเครื่องขึ้นได้ และเมื่อเครื่องบินวิ่งขึ้นเกิน 50 ไมล์ทะเลแล้ว หน้าที่ความรับผิดชอบในการควบคุมฯ ก็จะถูกโอนจาก Approach Control ไปให้กับศูนย์ควบคุมฯ พื้นที่ในความรับผิดชอบแต่ละส่วนงานแสดงไว้ในภาพที่ 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.3 แสดง System Flow Diagram ของการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.4 แสดงพื้นที่ในความรับผิดชอบการควบคุมจราจรทางอากาศในแต่ละ AREA

1.3.5 หลักเกณฑ์ในการจัดการควบคุมจราจรทางอากาศ ทั้งที่เครื่องบินเข้าและขาออก มี 3 หลักเกณฑ์ คือ

หลักเกณฑ์ที่ 1 การจัดระยะห่างที่อยู่ในความสูงเดียวกัน (Horizontal Separation) แบ่งเป็น

- 1) การจัดระยะห่างทางด้านข้าง (Lateral Separation) ได้แก่ การให้อากาศยานทำการบินต่างทิศทางกัน
- 2) การจัดระยะห่างในการบินตามกัน (Longitudinal Separation) โดยการจัดการระยะต่อระหว่างอากาศยานให้มีระยะห่างกันตามกฎเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้เหมาะสม เช่น ห่างกัน 10 เป็นต้น (สำหรับอากาศยานโดยสารไอพ่นทั่ว ๆ ไป จะมีระยะห่างกันประมาณ 120 ไมล์ทะเล กรณีไม่มีเรดาร์ควบคุม (Non-Radar) และในกรณีใช้เรดาร์ควบคุม (Radar Control) การให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศนั้น สามารถจัดระยะห่างระหว่างเครื่องบินแต่ละลำให้เหลือเพียง 5 ไมล์ทะเลได้ มีหลักเกณฑ์ในการจัดการควบคุมจราจรทางอากาศอยู่ แต่ต้องบินไม่ใช่ระดับเพดานบินเดียวกัน

หลักเกณฑ์ที่ 2 การจัดระยะสูงที่แตกต่างกัน (Vertical Separation) โดยให้เครื่องบินใช้ความสูงแตกต่างกันไม่น้อยกว่า 1,000 ฟุต ที่ระดับความสูงไม่เกิน 29,000 ฟุต และห่างกันไม่น้อยกว่า 2,000 ฟุต ที่ความสูง 29,000 ฟุตขึ้นไป

1.3.6 จุดรายงานของเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการจัดการควบคุมดังกล่าวแล้ว ยังกำหนดให้อากาศยานต้องมีจุดรายงาน (Reporting Point) ตามที่กำหนดไว้ด้วย โดยแบ่งจุดรายงานออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) จุดรายงานบังคับ (Compulsory Reporting Point) ซึ่งเป็นจุดรายงานที่นักบินหรือผู้ควบคุมอากาศยานจะต้องรายงานเมื่อถึงจุดรายงานนี้ สัญลักษณ์ในแผนที่แสดงเขตควบคุมจะเป็น ▲

2) จุดรายงานไม่บังคับ (Non-Compulsory Reporting Point) เป็นจุดรายงานที่นักบินหรือผู้ควบคุมอากาศยานสามารถเลือกรายงานหรือไม่รายงานก็ได้ เมื่อถึงจุดรายงานนี้ สัญลักษณ์ในแผนที่แสดงเขตควบคุมจะเป็น △

ในการควบคุมเครื่องบินที่เป็นเที่ยวบินระหว่างประเทศนั้น ศูนย์ควบคุมฯ จะทำการควบคุมเครื่องบินให้บินไปตามเส้นทางการบินจนถึงเขตแถลงข่าวการบิน (Bangkok FIR) ซึ่งปกติจะอยู่บริเวณรอยต่อของแต่ละประเทศ แล้วจึงส่งมอบการควบคุมฯ ต่อให้กับหน่วยงานควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศใกล้เคียง (Adjacent Center) เพื่อควบคุมต่อไป

บทที่ 2

Model ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบใดระบบหนึ่ง โดยทั่วไปจะใช้ 2 วิธีการประกอบกัน (Hybrid) ทั้งนี้เพื่อทดแทนข้อจำกัดของอีกวิธีที่อาจทำไม่ได้ หรือทำได้แต่ต้องใช้ระยะเวลานาน ซึ่ง 2 วิธีการที่ส่วนใหญ่นำมาใช้คือ

1. การสร้างแบบจำลองโดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์มาคำนวณหาผลลัพธ์ (Analytical Model)
2. การสร้างแบบจำลองการปฏิบัติงานจริงของระบบ โดยอาศัย Computer Software ช่วยในการคำนวณหาผลลัพธ์ (Simulation Model) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยจำลองให้ผู้วิเคราะห์สามารถเห็นภาพการทำงานเสมือนจริงของระบบได้ และยังประหยัดเวลาในการทดสอบการทำงานของระบบ ดังนั้น จึงถือเป็นวิธีการที่ช่วยเสริมวิธีการประเมินประเมินประสิทธิภาพของระบบแบบ Analytical Model

ในการใช้ Model แต่ละแบบ จำเป็นที่ผู้ใช้งานจะต้องทราบความหมายของตัวแปรหลัก (Parameters) ที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งโดยทั่วไปมีดังนี้

1. เวลาเฉลี่ยที่ภาระงาน (workload) มาถึง (Mean Interarrival Time) จะแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คือ $1/\lambda$ ซึ่งจะมีความเร็วเป็น เวลาต่อหน่วย
2. อัตราการมาถึงของภาระงาน (Mean Arrival Rate) จะแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คือ λ ซึ่งจะมีลักษณะเป็น จำนวนต่อเวลา
3. เวลาเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ (Mean Service Time) จะแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คือ $E[S]$ ซึ่งจะมีลักษณะเป็น เวลาต่อหน่วย
4. อัตราเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ (Mean Service Rate) จะแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คือ μ ซึ่งจะมีลักษณะเป็น จำนวนต่อเวลา
5. ความหนาแน่นของจำนวนการจราจร (Traffic Intensity) จะแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คือ ρ

2.1 M/M/1 /∞/∞/FCFS Model

คือ แบบจำลองที่อาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์ช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อเอาผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการและเหตุผล เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจอีกครั้งหนึ่ง โดย

M ตัวแรก หมายถึง Mean Interarrival Time หรือ เวลาเฉลี่ยในการมาใช้บริการของภาระงาน (workload) กับระบบ ซึ่งมีการกระจายแบบ Exponential แต่รูปแบบการมาจะเป็นแบบ Poisson คือไม่สามารถจะกำหนดเวลาในการได้ที่แน่นอนได้

M ตัวที่สอง หมายถึง Mean Service Time หรือ เวลาเฉลี่ยในการให้บริการของระบบกับภาระงาน (workload) ซึ่งมีการกระจายแบบ Exponential

1 หมายถึง จำนวนผู้ให้บริการหนึ่งคน

∞ ตัวแรก หมายถึง ความยาวของแถวคอย ซึ่งจะเป็นแบบไม่จำกัดจำนวน

∞ ตัวที่สอง หมายถึง จำนวนของภาระงานที่มาใช้บริการ จะเป็นแบบไม่จำกัดจำนวน

FCFS ย่อมาจากคำว่า “First Come First Serve” ซึ่งหมายความว่า ใครมาก่อน

2.1.1 Algorithms ของ M/M/1 Model

1. ช่วงเวลาการมาของภาระงาน (workload) จะต้องเป็นเวลาเฉลี่ยที่มีการกระจายแบบ Exponential แต่ลักษณะการมาของภาระงาน จะต้องเป็นแบบ Poisson คือ ไม่สามารถจะกำหนดการมาที่แน่นอนได้ว่าจะมาจากทิศทางใด

2. เวลาที่ผู้ให้บริการแก่ภาระงาน จะต้องเป็นเวลาเฉลี่ยที่มีการกระจายแบบ Exponential

3. มีผู้ให้บริการ (Server) เพียง 1 เดียวเท่านั้น

4. ไม่มีการจำกัดขนาดของประชากรที่จะมาใช้บริการของระบบ นั่นคือ ประชากรเป็น ∞ (infinity)

5. กฎการให้บริการจะเป็นแบบ “ใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน” (FCFS)

6. ρ จะต้องน้อยกว่า 1 เสมอ

7. $\rho = \lambda/\mu$ โดย

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์และความหมายของการแจกแจงในรูปแบบ a/b/c/d/e/f

สัญลักษณ์ตัวที่	ความหมาย	แทนด้วย
a (กระบวนการมาถึง)	ปัวซอง (Poisson) คือ ไม่สามารถจะกำหนดการมาที่แน่นอนได้ว่าจะมาจากทิศทางใด แต่ช่วงเวลาการมาของภาระงาน (workload) จะเป็นเวลาเฉลี่ยที่มีการกระจายแบบ Exponential คือ มีการกระจายแบบทั่วถึงในจำนวนประชากรทั้งหมด	M
	เออร์แลงค์ (Erlang, shape parameter-k)	Ek
	คงที่ (Constant)	D
	ปกติ (Normal)	N
	เอกรูป (Uniform)	U
	ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน	G
b (กระบวนการบริการ)	เวลาในการให้บริการ มีการกระจายแบบ Exponential คือ มีการกระจายแบบทั่วถึงในจำนวนประชากรทั้งหมด	M
	Erlang, shape parameter-k	Ek
	เวลาในการให้บริการเป็นแบบคงที่ (Constant)	D
	เวลาในการให้บริการมีการกระจายแบบปกติ (Normal)	N
	เวลาในการให้บริการมีการกระจายแบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Uniform)	U
	ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน	G
c (จำนวนหน่วยบริการ)	จำนวนของผู้ให้บริการที่มีมากกว่า 1 หน่วยบริการ	K
d (ระเบียบแถวคอย)	ใครมาก่อน จะได้รับบริการก่อน	FCFS
e(ความยาวสูงสุดของแถวคอย)	ไม่จำกัดความยาวของแถวคอย	∞

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

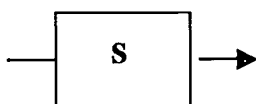
สัญลักษณ์ตัวที่	ความหมาย	แทนด้วย
	จำกัดความยาวของแถวคอย	N
f (จำนวนประชากร)	ไม่จำกัดจำนวนประชากร	∞
	จำกัดจำนวนประชากร	N

ตารางที่ 2.2 รูปแบบและความหมายของแบบจำลอง M/M/1

รูปแบบ	ความหมาย
M/M/1 / ∞ / ∞ /FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการเพียง 1 หน่วยบริการ (Standard single server model) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/M/c/ ∞ / ∞ /FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการหลายหน่วยบริการ (Standard multi-server model) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/Ek/1/ ∞ / ∞ /FCFS	ตัวแบบบริการเออร์แลงต์ ที่มีผู้ให้บริการเพียง 1 หน่วยบริการ (Single Erlang server model) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/G/1/ ∞ / ∞ /FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการเพียง 1 หน่วยบริการ แต่ไม่ทราบการแจกแจงของเวลาให้บริการให้บริการ เนื่องจากทราบค่าความแปรปรวนแปร (Service Time Distribution Unknown) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/M/1/ ∞ / ∞ / PRI	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการเพียง 1 หน่วยบริการ แต่ให้บริการแบบเรียงลำดับก่อน-หลัง (Priority service)
M/M/c/ ∞ / ∞ /PRI	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการหลายหน่วยบริการ แต่ให้บริการแบบเรียงลำดับก่อน-หลัง (Multi-server priority service)

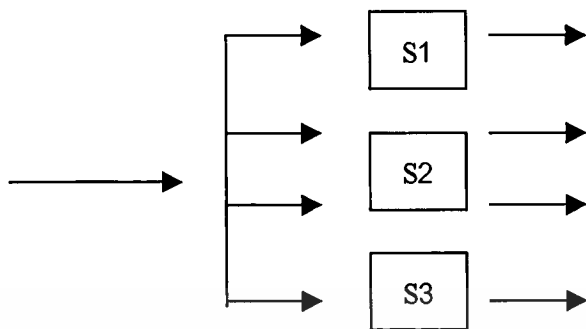
รูปแบบ	ความหมาย
M/M/1/N/∞/FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการเพียง 1 หน่วยบริการ ที่จำกัดแถวคอย (Finite queue, single server) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/M/c/N/∞/FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการหลายหน่วยบริการ ที่จำกัดแถวคอย และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน (Finite queue, multi-servers) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/M/1/∞/N/FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการเพียง 1 หน่วยบริการ ไม่จำกัดแถวคอย แต่จำกัดจำนวนประชากรที่จะมารับบริการจากระบบ (Limited source, single server) และให้บริการแบบใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน
M/M/c/∞/N/FCFS	ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการหลายหน่วยบริการ ไม่จำกัดแถวคอย แต่จำกัดจำนวนประชากรที่จะมารับบริการจากระบบ (Limited source, multi-servers) ตัวแบบบริการที่มีผู้ให้บริการหลายหน่วยบริการ

2.1.2 รูปแบบการให้บริการของแต่ละระบบ

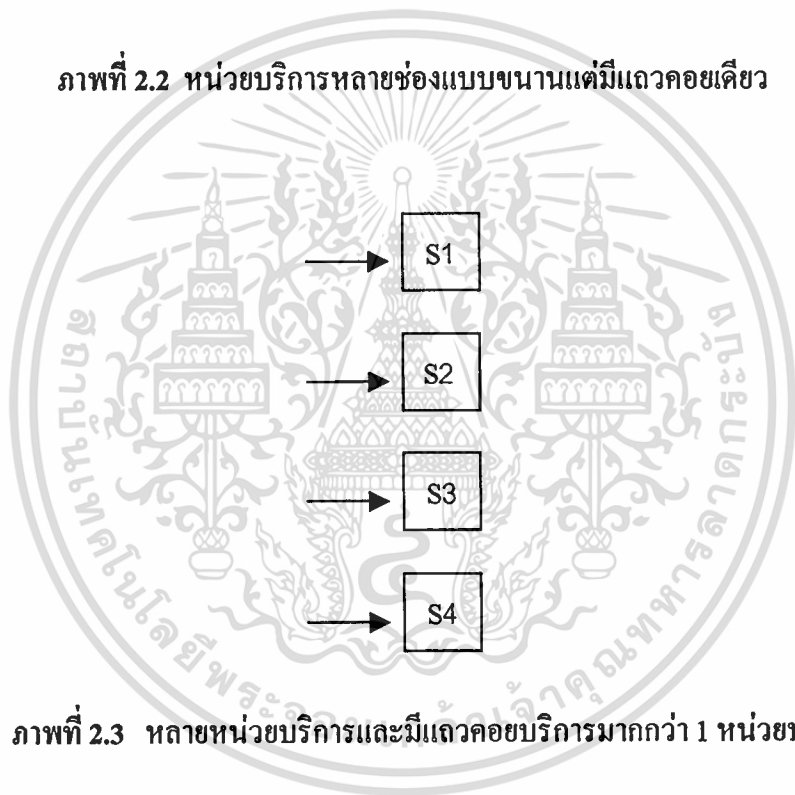


ภาพที่ 2.1 หน่วยบริการช่องเดียว

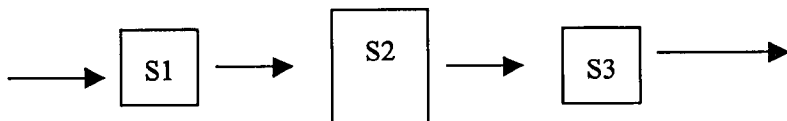
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 หน่วยบริการหลายช่องแบบขนานแต่มีแถวคอยเดียว

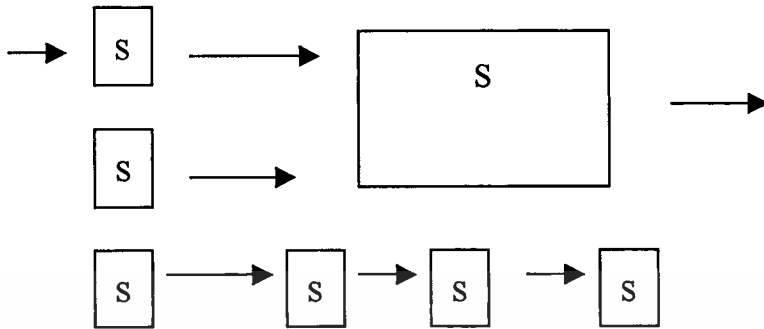


ภาพที่ 2.3 หลายหน่วยบริการและมีแถวคอยบริการมากกว่า 1 หน่วยบริการ



ภาพที่ 2.4 หน่วยบริการแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 หน่วยบริการแบบผสม

จากรูปข้างต้นเป็นเพียงตัวอย่างการให้บริการของหน่วยให้บริการในแต่ละรูปแบบ โดยลูกค้าเข้าหาก่อนที่เหลี่ยมจะแทนการมาของลูกค้าเพื่อที่จะใช้บริการของระบบ ส่วนกล่องสี่เหลี่ยมและมีตัวอักษร S ข้างใน จะแทนจำนวนหน่วยให้บริการของระบบ และลูกค้าที่มีหัวออก จะแทนการจากไปของลูกค้าหลังจากรับบริการเสร็จสิ้นแล้ว

2.2 Simulation Model

การจำลองการปฏิบัติงานจริงของระบบเพื่อใช้แก้ปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ มานานแล้ว แต่ได้รับความสนใจมากขึ้นเมื่อมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งนักวิชาการบางท่านได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองแบบปัญหาว่าเป็นกระบวนการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้ตัวแบบจำลองนั้นเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ หรือประเมินผลการดำเนินงาน การใช้แผนงานต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ขอบเขตที่วางไว้ ดังนั้น การจำลองแบบปัญหาจึงมีกระบวนการที่แบ่งได้ 2 ส่วน คือ

- 1) การสร้างตัวแบบจำลอง
- 2) การนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน

2.2.1 สาเหตุที่ไม่ใช้ระบบงานจริงในการศึกษาทดลอง

1. ทำให้การทำงานตามช่วงเวลาปกติเกิดความติดขัด เช่น ทดลองใช้พนักงานฝาก-ถอนเงินในเวลาปกติ (11.00-13.00 น.) จากเดิม 3 คน เป็น 5 คน ทำให้งานปกติที่คนสองคนที่เพิ่มเข้ามาจะไม่ได้ทำหน้าที่ที่เคยทำอยู่ประจำ

2. ใช้ค่าใช้จ่ายในการทดลองมาก เช่น ต้องมีการจ้างพนักงาน หรือซื้อเครื่องมือ

3. ใช้เวลาในการทดลองมากเท่ากับเวลาจริงของการทำงาน เช่น ทำการทดลอง 30 วัน ก็ต้องใช้เวลา 30 วันจริง

4. ได้ผลการทดลองไม่ทันตามความต้องการ
5. ทดลองไม่ได้ทุกสถานการณ์

2.2.2 ข้อได้เปรียบการใช้ตัวแบบจำลอง (Advantage of Simulation)

1. ตัวแบบจำลองสามารถทำการทดลองงานซ้ำ ๆ กัน หลายครั้งในแต่ละกรณี
2. ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการทดลองกับระบบงานจริง
3. เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ประยุกต์ใช้ได้ง่าย เพราะคำตอบที่ได้รับสามารถใช้งานได้ทันที
4. ตัวแบบจำลองสามารถใช้วิเคราะห์ระบบงานจริงได้ แม้ว่าข้อมูลจะน้อยก็ตาม
5. เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรม หรือทดลองในสถานการณ์ที่อันตราย

2.2.3 ข้อเสียเปรียบของการใช้ตัวแบบจำลอง (Disadvantage of Simulation)

1. ตัวแบบจำลองที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายในการสร้างตัวแบบจำลองมาก
2. ผลที่ได้จากตัวแบบจำลองมักจะเป็นค่าประมาณ
3. ทำให้ผู้คุ้นเคยในการสร้างตัวแบบจำลองมักไม่ค่อยค้นหาวิธีการหรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจแก้ปัญหาได้ง่ายกว่าในบางเรื่อง

2.2.4 ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้ตัวแบบจำลอง (Step in a Simulation Study)

ในการสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงาน จะมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดรูปแบบปัญหา (Problem Formulation) การศึกษาเพื่อแก้ปัญหาแบบใดก็ตาม ประการแรกสุดคือ ต้องกำหนดว่าปัญหามีอะไรบ้าง ผู้กำหนดนโยบายต้องพิจารณาอย่างมั่นใจว่า ปัญหาที่หยิบขึ้นมา นั้นครอบคลุมปัญหาทั้งหมดแล้ว
2. กำหนดจุดมุ่งหมาย และวางแผนสำหรับโครงการ (Set Objective & Overall Planning) การกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อให้แน่ชัดว่าจะทำตัวแบบจำลองอย่างไร กำหนดขอบเขตของโครงการ และข้อจำกัดต่าง ๆ
3. สร้างตัวแบบ (Model Building) สร้างตัวแบบจำลองต้องคำนึงถึงลักษณะของระบบงานที่เราจำลอง และตัวแบบจำลองนี้ต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาตเห็นมาใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเก็บข้อมูล (Data Collection) ตัวแปรของระบบทั้งหมดจะเป็นข้อมูลที่เรากำลังเก็บรวบรวม
5. การลงรหัส (Coding) เป็นการเปลี่ยนตัวแบบจำลองให้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์
6. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verified) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบว่าโปรแกรมนี้ทำงานได้หรือไม่
7. ตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลอง (Validate) เป็นการตรวจสอบต่อว่าเมื่อรันโปรแกรมนั้นแล้ว จะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่
8. วางแผนการทดลอง (Experimental Design) เป็นการวางแผนการใช้ตัวแบบจำลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลมาวิเคราะห์ได้
9. ให้ตัวแบบทำงานและวิเคราะห์ผล (Production Runs & Analysis) เมื่อวางแผนการทดลองอย่างไรก็สั่งให้ตัวแบบทำตามแผนที่วางไว้ และวิเคราะห์ผลที่ออกมา
10. ต้องทำงานเพิ่มหรือไม่ (More Runs) บางครั้งตัวแบบจำลองให้ผลออกมาไม่น่า หรือต้องการความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ก็ให้ตัวแบบทำงานเพิ่มขึ้น
11. การทำคู่มือการใช้งานและทำรายงานผล (Document Program & Report Result) การทำคู่มือการใช้เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้ผู้ใช้งานทราบข้อจำกัดต่าง ๆ ของตัวแบบจำลอง หากมีการนำตัวแบบจำลองไปใช้งาน และจัดทำรายงานผลการทำงานหรือผลการทดลองออกมาแสดงด้วย
12. การนำไปใช้งาน (Implementation) เป็นการนำผลสำเร็จในรายงานมาช่วยในการตัดสินใจต่อไป

บทที่ 3

การประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้ Model

3.1 เป้าหมาย

1. ต้องการทราบว่ามีความเป็นไปได้มีกัปเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงานเลย เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาในระบบ 15 ลำ ในแต่ละช่วงเหตุการณ์ที่เป็น High Traffic Under Radar, High Traffic-Cloud Effect Under Radar และ High Traffic Non Radar
2. ต้องการทราบเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะว่างงาน เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาในระบบ 15 ลำ ในแต่ละช่วงเหตุการณ์ที่เป็น High Traffic Under Radar, High Traffic-Cloud Effect Under Radar และ High Traffic Non Radar
3. ต้องการทราบว่า เครื่องบินจะต้องเสียเวลารอคอยใช้บริการนานเท่าไร เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาในระบบ 15 ลำ ในแต่ละช่วงเหตุการณ์ที่เป็น High Traffic Under Radar, High Traffic-Cloud Effect Under Radar และ High Traffic Non Radar

3.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการเกี่ยวกับการบุคลากรที่จะมาปฏิบัติงานในระบบ เนื่องจากในปัจจุบันผู้ให้บริการบอกว่างานยุ่งมาก ต้องการให้บริษัทฯ หาบุคลากรมาเพิ่ม
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางประเมินความสามารถของผู้ให้บริการที่จะรองรับปริมาณงานในอนาคต
3. เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดกลยุทธ์ เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าให้ได้มากที่สุด

3.3 คำนิยาม

3.3.1 ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศ (Area Control) ที่จะถูกประเมินประสิทธิภาพ

หมายถึง ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งตั้งอยู่ที่ท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิ กรุงเทพฯ โดยแบ่งเขตการควบคุมเป็น 7 เขตการควบคุม (Sectors) แต่เขตที่จะถูกประเมินประสิทธิภาพ คือ เขตการควบคุมที่ 1 (Sector One) เท่านั้น

-เขตการควบคุมที่ 1 (Sector One) หมายถึง เขตการควบคุมจราจรทางอากาศในซึ่งรับผิดชอบในส่วนของภาคกลาง โดยจะมีเครื่องบินบินขึ้นจากสนามบินดอนเมือง และหัวหิน

-การบินแบบบินผ่าน (Over-fly) หมายถึง เครื่องบินที่บินผ่านเขตความรับผิดชอบของ Sector One ทั้งที่เป็นเที่ยวบินภายในประเทศ (Domestic Flight) และเที่ยวบินต่างประเทศ (International Flight) สำหรับเครื่องบินขึ้นจากสนามบินดอนเมืองและหัวหิน จะถือเป็น Over-fly เมื่อเครื่องบินพ้น 50 Nautical Mile ซึ่งเป็นรัศมีการควบคุมของ Approach Control แล้ว

3.3.2 บริการของระบบ (System Service)

คือ การให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศกับเครื่องบินที่บินผ่าน (Over fly) ซึ่งอยู่ในส่วนความรับผิดชอบของศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศทุ่งมหาเมฆ กรุงเทพฯ โดยการให้บริการเกิดจากการติดต่อระหว่าง นักบินกับผู้ควบคุมฯ ณ จุดรายงานบังคับ ซึ่งเรียกว่า “Contact” และ Service Time จะเริ่มนับตั้งแต่เริ่มมีการติดต่อกันจนถึงสิ้นสุดการติดต่อ

3.3.3 ผู้ให้บริการ (Server)

หมายถึง พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่งพนักงานควบคุมจราจรทางอากาศ (Controller หรือ A-Man) ซึ่งจะมีพนักงานผู้ช่วย 2 คนคือ พนักงานผู้ช่วย (R-Man) และพนักงานข้อมูลการบิน (D-Man)

-พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่งพนักงานควบคุมจราจรทางอากาศ (Controller หรือ A-Man) หมายถึง พนักงานผู้ให้ข้อมูลการบินเพื่อจัดจราจรทางอากาศกับนักบิน ตามลำดับที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน

-พนักงานผู้ช่วย (R-Man) หมายถึง พนักงานผู้ทำหน้าที่แจ้งให้ Controller ทราบว่าจะมีเครื่องบินประเภทใดเข้ามา ด้วยความเร็วที่เท่าใด อยู่ระดับเพดานบินไหน จะบินจากไหนไปไหน โดยดูจากหน้าจอเรดาร์ประกอบควบคู่ไปกับ Strip ของ D-Man

- พนักงานข้อมูลการบิน (D-Man) หมายถึง พนักงานผู้ทำหน้าที่จัดทำ Strip หรือ แผนการบินในการบินของเครื่องบินแต่ละลำ และมีหน้าที่แจ้งข่าวอากาศโดยทั่วไปออกอากาศให้เครื่องบินทุกลำที่กำลังบินได้ทราบ

- แผนการบิน หมายถึง ตารางกำหนดการบินที่ D-Man จัดทำขึ้นตามกำหนดการบินที่นักบินแจ้งมาให้ทราบล่วงหน้า 1 สัปดาห์ (สำหรับเครื่องบินที่บินประจำ เช่น การบินไทยหรือ Bangkok Airway) และที่นักบินส่งเป็นโทรสารแจ้งมาก่อนทำการบิน 2 ชั่วโมง

เอกสาร (สำหรับเครื่องบินที่ไม่ได้บินเป็นประจำ) เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ผู้รับบริการ (Customer)

หมายถึง เครื่องบินหรือนักบิน

3.3.5 มาตรวัดหรือเครื่องชี้วัด (Metric) ที่ใช้ในการประเมิน

มาตรวัดที่เลือกใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ คือ ความเร็ว (Speed) ในการให้บริการของระบบ หรือเรียกว่า “Response Time” ซึ่งเป็นการรวม 2 เวลาเฉลี่ยไว้ด้วยกัน คือ เวลาเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ (Service Time) และเวลาเฉลี่ยที่ผู้ให้บริการหรือลูกค้าที่ต้องรอคอย (Waiting Time)

3.3.6 ตัวแปรของระบบ (System Parameters) ตัวแปรของภาระงาน (Workload Parameters) และ ตัวแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมของระบบ (Environment Parameters)

1. System Parameters คือ จำนวนหรือปริมาณของผู้ให้บริการ (Servers) และ ความเร็วในการให้บริการ (Response Time)
2. เมื่อผู้มาใช้บริการ (Workload) คือ เครื่องบิน ดังนั้น Workload Parameters คือ จำนวนหรือปริมาณของผู้มาใช้บริการ (workloads) และเวลาเฉลี่ยของการมาใช้บริการ
3. Environment Parameters คือ ตัวแปรที่อยู่ภายนอกระบบ ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ในที่นี้คือ สภาพอากาศในขณะที่เครื่องบินมาใช้บริการของระบบที่จะเป็นอุปสรรคต่อการเดินทาง เช่น การมีเมฆฝนมาบดบังเส้นทางบิน

3.3.7 ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อระบบ (Factors)

จากการทำศึกษาวิจัยโดยส่งแบบสอบถามเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ จำนวน 200 ชุด โดยการสุ่มจากประชากรทั้งสิ้นประมาณ 500 คน พบว่าปัจจัยสำคัญที่จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ คือ

1. จำนวนของผู้ให้บริการ (servers)
2. ช่วงเวลาในการให้บริการ
3. จำนวนของการ Contact ของนักบินกับผู้ควบคุมฯ (workloads)
4. ใช้เรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ หรือไม่ใช้
5. สภาพอากาศ เช่น มีเมฆฝนมาบดบังเส้นทางบิน

3.3.8 เทคนิคที่ใช้ในการประเมิน

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบจะใช้วิธีการที่เรียกว่า “Hybrid” คือ การใช้แบบจำลอง 2 แบบในการคำนวณผลลัพธ์ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Simulation Model

3.3.9 ภาระงาน (Workload) ของระบบ

Workload คือ Input ของระบบ เพื่อให้ระบบมีงานทำ ซึ่งสำหรับระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศแล้ว workload คือ เครื่องบิน

3.3.10 การจัดคิวเครื่องบิน

หมายถึง การกำหนดคิให้เครื่องบินแต่ละลำต้องออกห่างกันตามช่วงเวลา ซึ่งรวมถึงในช่วงขณะบินอยู่บนท้องฟ้าด้วย โดยปกติทั่วไปนั้น กฎการบินขององค์การการบินระหว่างประเทศ กำหนดคิให้เครื่องบินแต่ละลำที่ต้องการบินหรือบินอยู่ในระดับเพดานบินเดียวกัน จะต้อง

-ห่างกัน 5 NM (ประมาณ 40 วินาที) สำหรับเครื่องบินไอพ่นเที่ยวบินภายในประเทศที่บินต่างเพดานบินกันหรือบินต่างความสูงกัน โดยใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุม

-ห่างกัน 10 นาที สำหรับเครื่องบินไอพ่นเที่ยวบินภายในประเทศที่บินต่างเพดานบินกันหรือบินต่างความสูงกันโดยไม่ใช้เรดาร์ช่วยในการควบคุม (Non Radar) เพราะระบบเรดาร์ไม่ทำงาน

- ห่างกันประมาณ 10 นาที สำหรับเครื่องบินไอพ่น (เครื่อง JET) เที่ยวบินระหว่างประเทศที่ความสูงเดียวกัน

3.3.11 แบบจำลอง (Model)

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จะใช้แบบจำลอง M/M/1 Model และ Simulation Model จำลองเหตุการณ์ใน 3 กรณีวิกฤต (worst case) ดังนี้

1. ช่วงที่เป็น High Traffic แต่ใช้เรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ (Under Radar)
2. ช่วงที่เป็น High Traffic-Cloud Effect และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ควบคุมจราจรทางอากาศด้วยระบบเรดาร์ (Under Radar)
3. ช่วงที่เป็น High Traffic แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ (Non Radar)

3.4 M/M/1 Model ในแต่ละกรณีของการเกิดเหตุการณ์

3.4.1 ข้อกำหนดหรือสมมติฐาน (Assumptions) ที่ใช้ใน M/M/1 Model

1. จะประเมินประสิทธิภาพเฉพาะที่ เขตควบคุมที่ 1 (Sector One)
2. จะประเมินประสิทธิภาพเฉพาะ พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่งพนักงานควบคุมจราจรทางอากาศ (Controller หรือ A-Man) เท่านั้น
3. ในส่วนที่เป็น High Traffic (factor1)
 - 1 Contact ใช้เวลาโดยเฉลี่ย = 15 วินาที
4. ในส่วนที่เป็น High Traffic-Cloud Effect และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ (factor2)
 - 1 Contact ใช้เวลาโดยเฉลี่ย = 25 วินาที
5. ในส่วนที่เป็น High Traffic แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ (factor3)
 - 1 Contact ใช้เวลาโดยเฉลี่ย = 39 วินาที

3.4.2 ตัวอย่างในการคำนวณค่าตัวแปรของ Model

กรณี High Traffic Under Radar ซึ่งโดยเฉลี่ยเครื่องบิน 15 ลำ จะมาภายในเวลาเฉลี่ย 20 นาที และผู้ให้บริการสามารถให้บริการได้ภายในเวลาเฉลี่ย 15 วินาทีต่อลำ ซึ่งสามารถจะคำนวณค่าต่าง ๆ ได้คือ

$$\text{-Mean Arrival Rate } (\lambda) = 15/20 = 0.75 \text{ ลำ/นาที}$$

$$\text{-Mean Service Rate } (\mu) = 60/15 = 4 \text{ ลำ/นาที}$$

$$\text{-Traffic Intensity } (\rho) = 0.75/4 = 0.1875$$

$$\text{-E[s]} = 1/\mu$$

$$\text{-E[w]} = \rho * E[s] / (1 - \rho)$$

$$\text{-E[r]} = E[s] + E[w]$$

$$\text{-Prob. 0 Job } (P_0) = 1 - \rho$$

$$\text{-Prob. 1 Job } (P_1) = P_0 * \rho^1$$

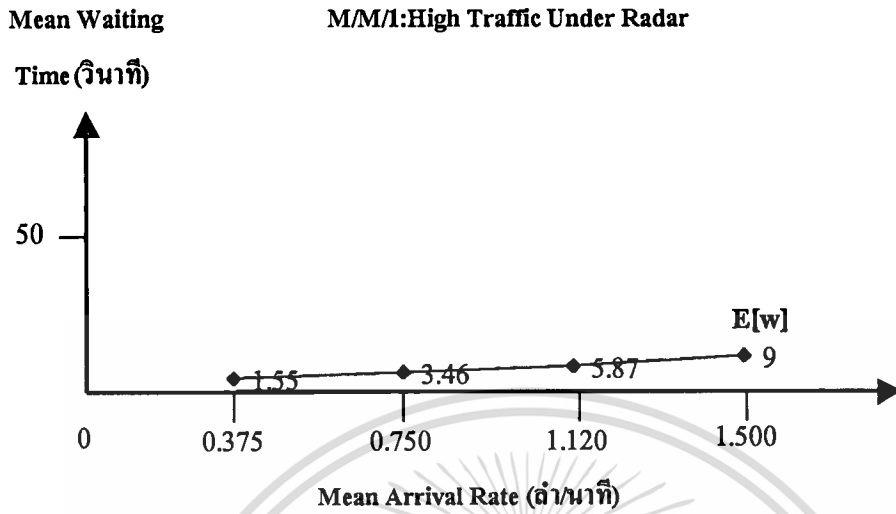
- เป็นต้น

3.4.3 M/M/1 Model:High Traffic Under Radar

ตารางที่ 1 M/M/1 Model: High Traffic Under Radar (F1)							
เครื่องเข้า =	15	ค่า	1 Contact ที่เข้ามาต่อ	15	วินาที		
Period =	20	นาที					
ρ	λ	μ	$E[s]$	$E[w]$	$E[r]$	Prob. 0 Job	Prob. 1 Job
	(ส่วนาที)	(ส่วนาที)	(วินาทีค่า)	(วินาที)	(วินาที)	(%)	(%)
0.1875	0.750	4.00	15.00	3.46	18.46	81.25	15.23
สัญลักษณ์		ความหมาย		สูตร		Throughput	Server Busy
ρ		อัตราความหนาแน่นของเครื่องบินเข้ามา		λ/μ		(ค่า)	(%)
λ		อัตราจำนวนเฉลี่ยในการมาของเครื่องบิน		λ/ρ		15.00	18.75%
μ		อัตราจำนวนเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ		$1/E[s]$			
$E[s]$		อัตราเวลาเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ		$1/\mu$			
$E[w]$		อัตราเวลาเฉลี่ยในการคอยรับบริการของเครื่องบิน		$\rho \cdot E[s] / (1 - \rho)$			
$E[r]$		อัตราเวลาเฉลี่ยในการคอยรับบริการของระบบ		$E[s] + E[w]$			
Prob.0 job		เปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ที่ในระบบจะไม่มีงานเลย		$1 - \rho$			
Prob.1 job		เปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ที่ในระบบจะมีหนึ่งงาน		$\rho \cdot \rho^1$			

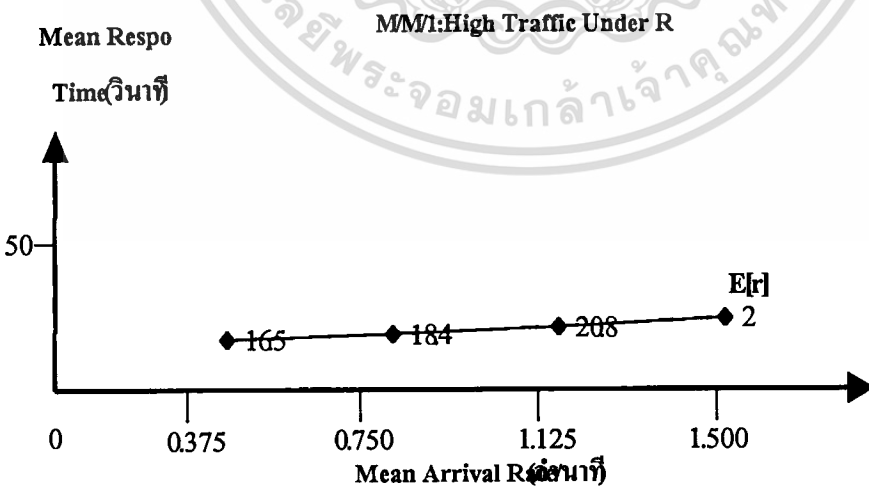
ภาพที่ 3.1 Model จำลองเหตุการณ์กรณี High Traffic Under Radar

Model ตามภาพ 3.1 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ Model เพียงแต่เปลี่ยนค่า λ ตามที่ต้องการเท่านั้น Model ก็จะคำนวณค่าต่าง ๆ ให้โดยอัตโนมัติ



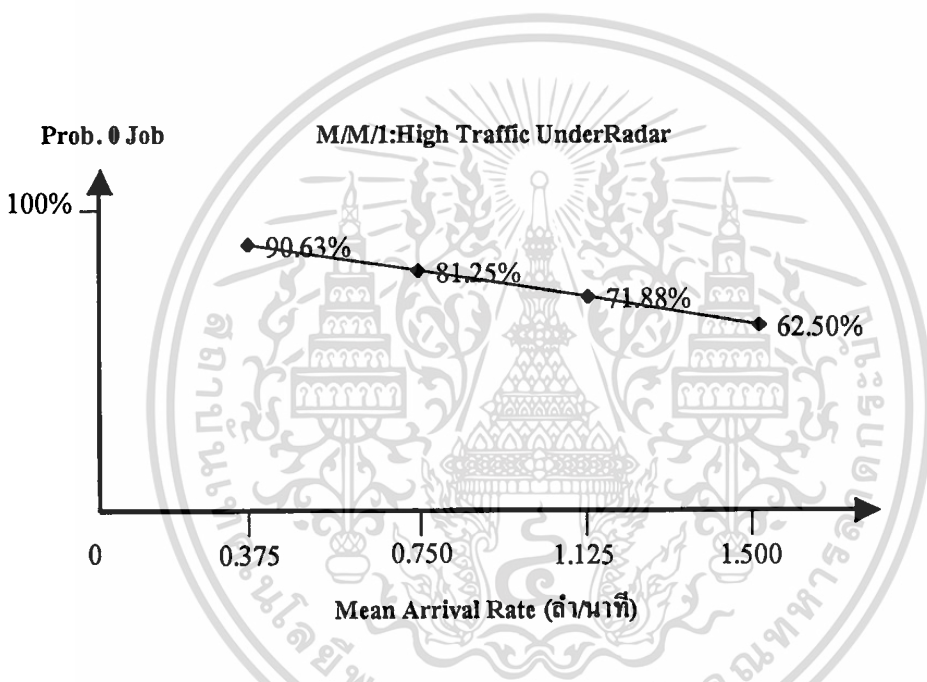
ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิวในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

กราฟตามภาพที่ 3.2 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินต้องรอคอยใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



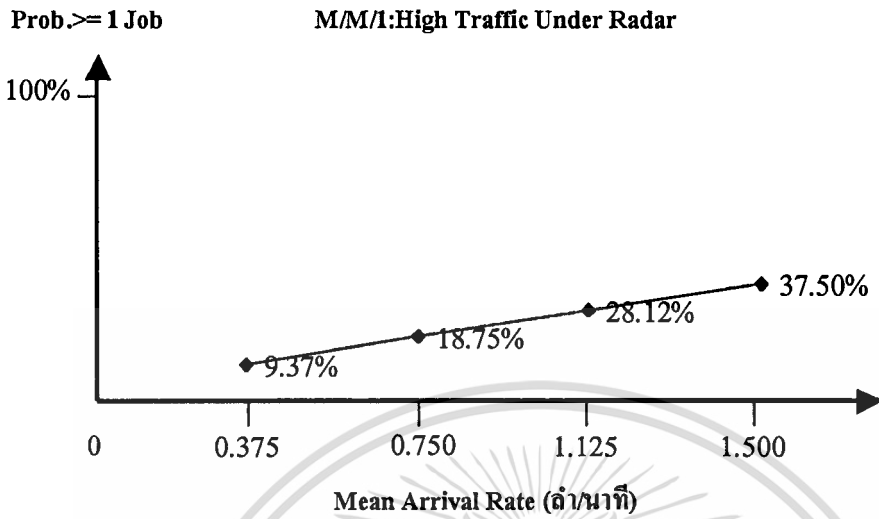
ภาพที่ 3.3 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนสิ้นสุดการให้บริการ ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

กราฟตามภาพที่ 3.3 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินใช้ไปทั้งหมดในการรับบริการแต่ละครั้งตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



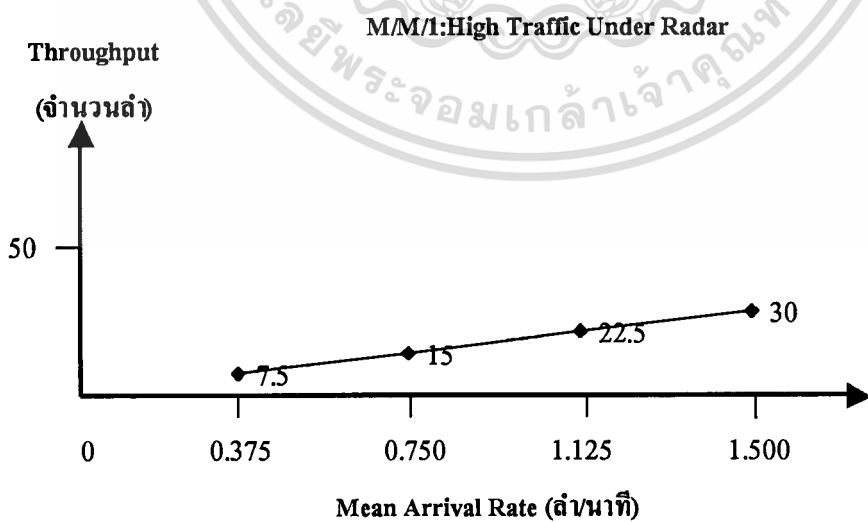
ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงานในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อหน้าที่

กราฟตามภาพที่ 3.4 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



ภาพที่ 3.5 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบ ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงาน
ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อหน้าที่

กราฟตามภาพที่ 3.5 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในกรณีฉุกเฉินการมาใช้บริการต่อหน้าที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

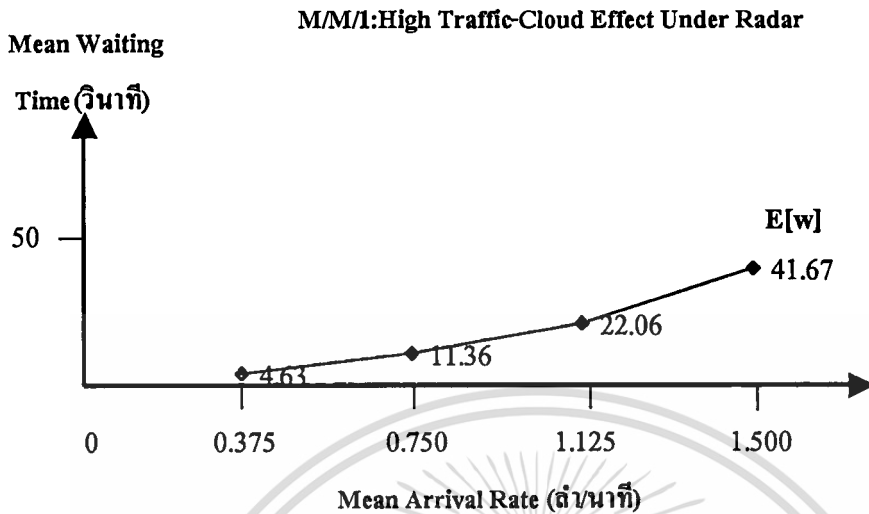
กราฟตามภาพที่ 3.6 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาก่อนหน้าที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ

3.4.4 M/M/1 Model : High Traffic-Cloud Effect Under Radar

ตารางที่ 2 : M/M/1 Model: High Traffic-Cloud Effect Under Radar (F2)							
เครื่องบินเข้า =	15	ลำ	1 Contact ใช้เวลาเฉลี่ย	25	วินาที		
1 Period =	20	นาที					
ρ	λ	μ	$E[s]$	$E[w]$	$E[r]$	Prob. 0 Job	Prob. 1 Job
	(ลำ/นาที)	(ลำ/นาที)	(วินาที/ลำ)	(วินาที)	(วินาที)	(%)	(%)
0.3125	0.750	2.40	25.00	11.36	36.36	68.75	21.48
สัญลักษณ์	ความหมาย			สูตร		Throughput	Server Busy
ρ	อัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มา			λ/μ		(ลำ)	(%)
λ	อัตราจำนวนเฉลี่ยในการมาของเครื่องบิน			μ/ρ		15.00	31.25%
μ	อัตราจำนวนเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ			$1/E[s]$			
$E[s]$	อัตราเวลาเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ			$1/\mu$			
$E[w]$	อัตราเวลาเฉลี่ยในการคอยรับบริการของเครื่องบิน			$\rho * E[s] / (1 - \rho)$			
$E[r]$	อัตราเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองของระบบ			$E[s] + E[w]$			
Prob.0 job	เปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ที่ในระบบจะมีงานเลย			$1 - \rho$			
Prob.1 job	เปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ที่ในระบบจะมีหนึ่งงาน			$\rho * \rho^1$			

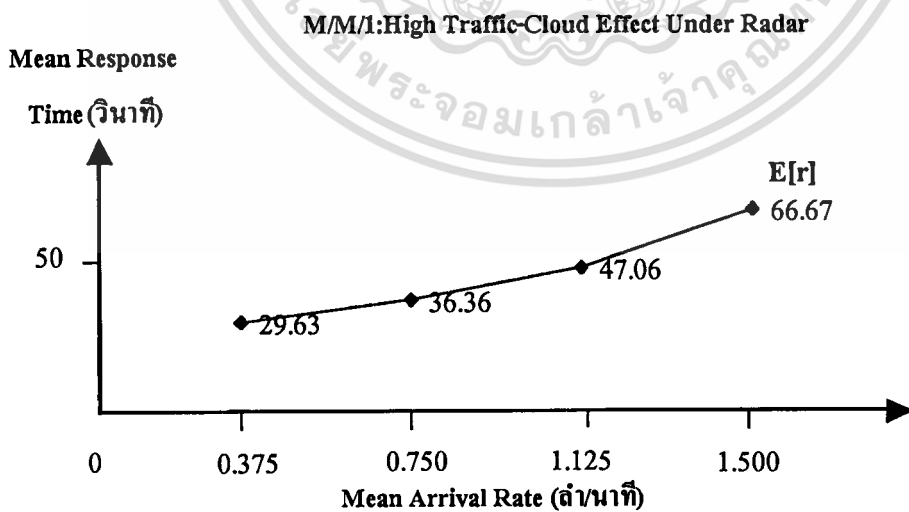
ภาพที่ 3.7 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic-Cloud Effect Under Radar

Model ตามภาพ 3.7 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ Model เพียงแต่เปลี่ยนค่า λ ตามที่ต้องการเท่านั้น จากนั้น Model ก็จะคำนวณค่าต่าง ๆ ให้โดยเอกสรวินเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าอัตโนมัติ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิวในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

กราฟตามภาพที่ 3.8 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินต้องรอคอยใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ

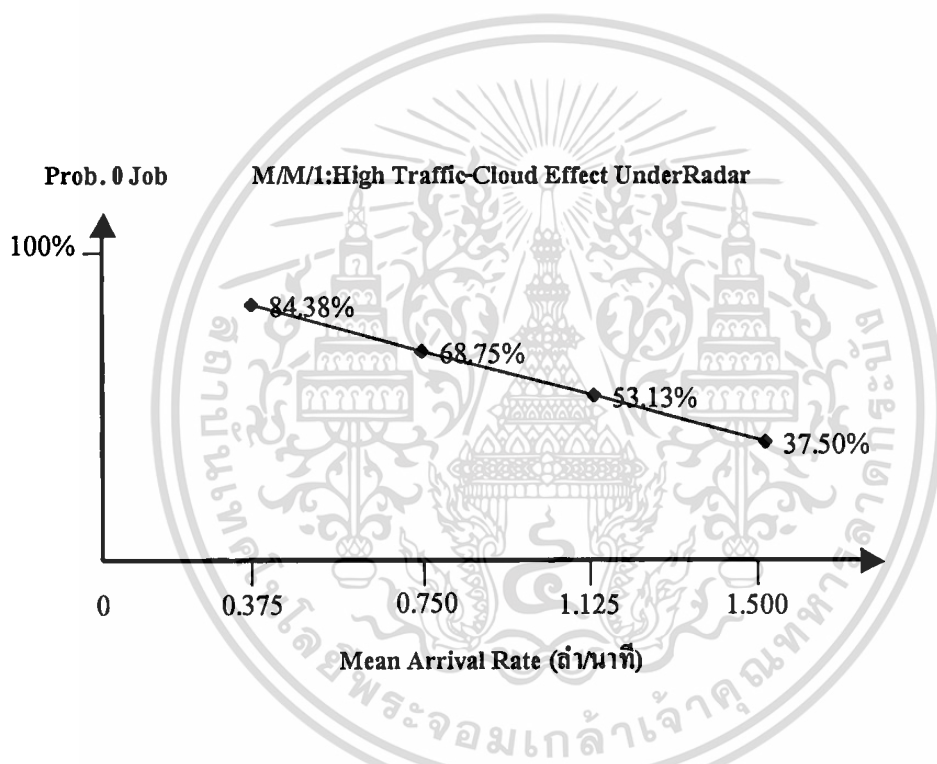


ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนสิ้นสุดการให้

บริการ ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

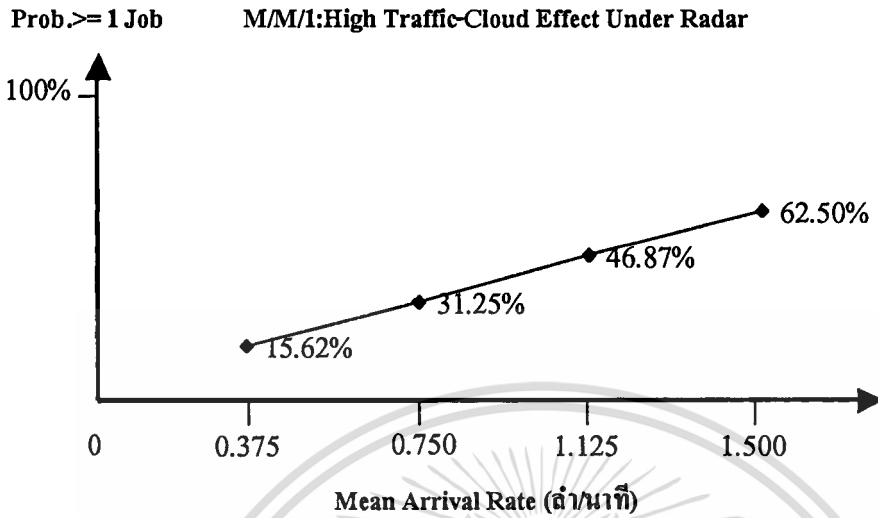
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟตามภาพที่ 3.9 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินใช้ไปทั้งหมดในการรับบริการแต่ละครั้งตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



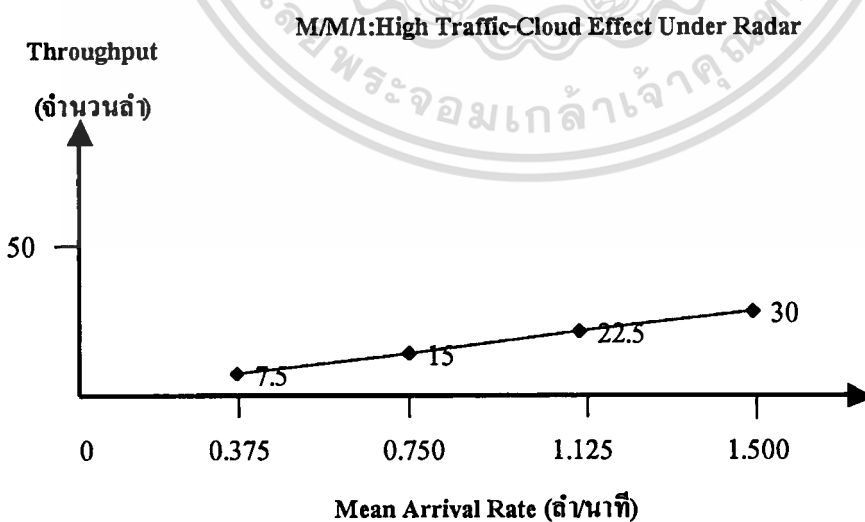
ภาพที่ 3.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงานในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อหน้าที่

กราฟตามภาพที่ 3.10 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



ภาพที่ 3.11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบ ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงาน
ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

กราฟตามภาพที่ 3.11 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่งและสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ



ภาพที่ 3.12 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการ

ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในกรณีฉุกเฉินหรือกรณีที่มีความจำเป็นที่จะต้องนำใบไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

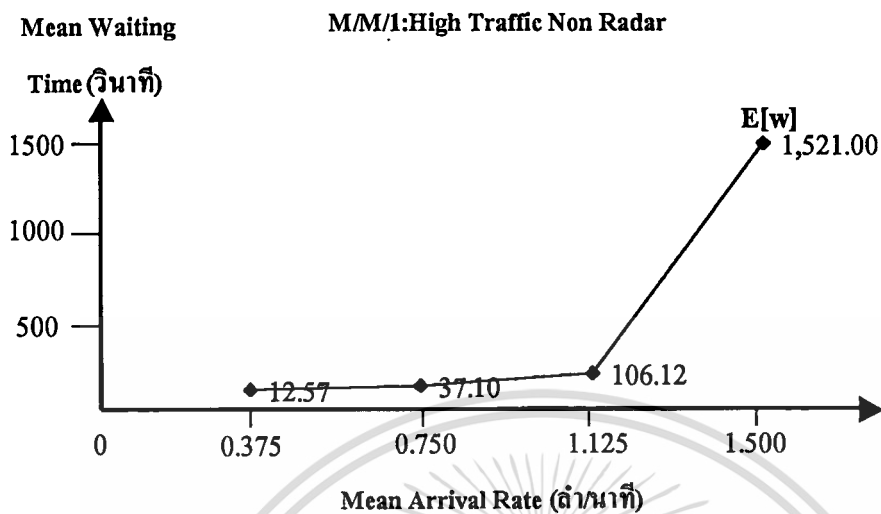
กราฟตามภาพที่ 3.12 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาก่อนที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ใช้ระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ

3.4.5 M/M/1 Model : High Traffic Non Radar

ภาพที่ 3 M/M/1 Model : High Traffic Non Radar (F3)							
เครื่องบินเข้า =	7.5	ลำ	1 Contact ไลน์ของลำ	39	วินาที		
1 Period =	20	นาที					
ρ	λ	μ	$E[s]$	$E[w]$	$E[r]$	Prob. 0 Job	Prob. 1 Job
	(ลำ/นาที)	(ลำ/นาที)	(วินาที/ลำ)	(วินาที)	(วินาที)	(%)	(%)
	0.2438	0.375	1.54	39.00	12.57	51.57	75.83
สัญลักษณ์	ความหมาย		สูตร		Throughput	Server Busy	
ρ	อัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มา		λ/μ		(ลำ)	(%)	
λ	อัตราจำนวนเฉลี่ยในการมาของเครื่องบิน		μ/ρ		7.50	24.38%	
μ	อัตราจำนวนเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ		$1/E[s]$				
$E[s]$	อัตราเวลาเฉลี่ยในการให้บริการของระบบ		$1/\mu$				
$E[w]$	อัตราเวลาเฉลี่ยในการคอยรับบริการของเครื่องบิน		$\rho * E[s] / (1 - \rho)$				
$E[r]$	อัตราเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองของระบบ		$E[s] + E[w]$				
Prob. 0 job	เปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ที่ในระบบจะไม่มีงานเลย		$1 - \rho$				
Prob. 1 job	เปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ที่ในระบบจะมีหนึ่งงาน		$\rho * \rho^1$				

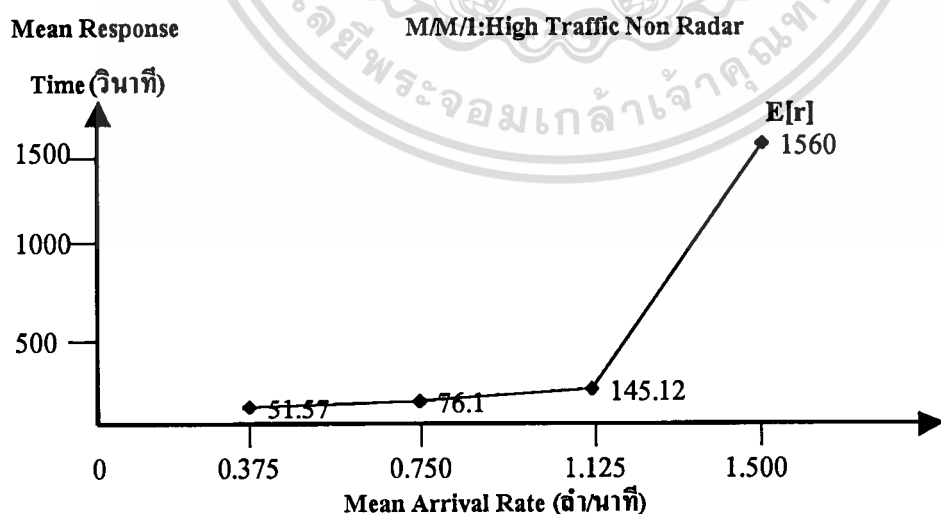
ภาพที่ 3.13 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic Non Radar

Model ตามภาพ 3.13 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งผู้ใช้ Model เพียงแต่เปลี่ยนค่า λ ตามที่ต้องการเท่านั้น จากนั้น Model ก็จะคำนวณค่าต่าง ๆ ออกมาให้โดยอัตโนมัติ ซึ่งส่วนนี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิวในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

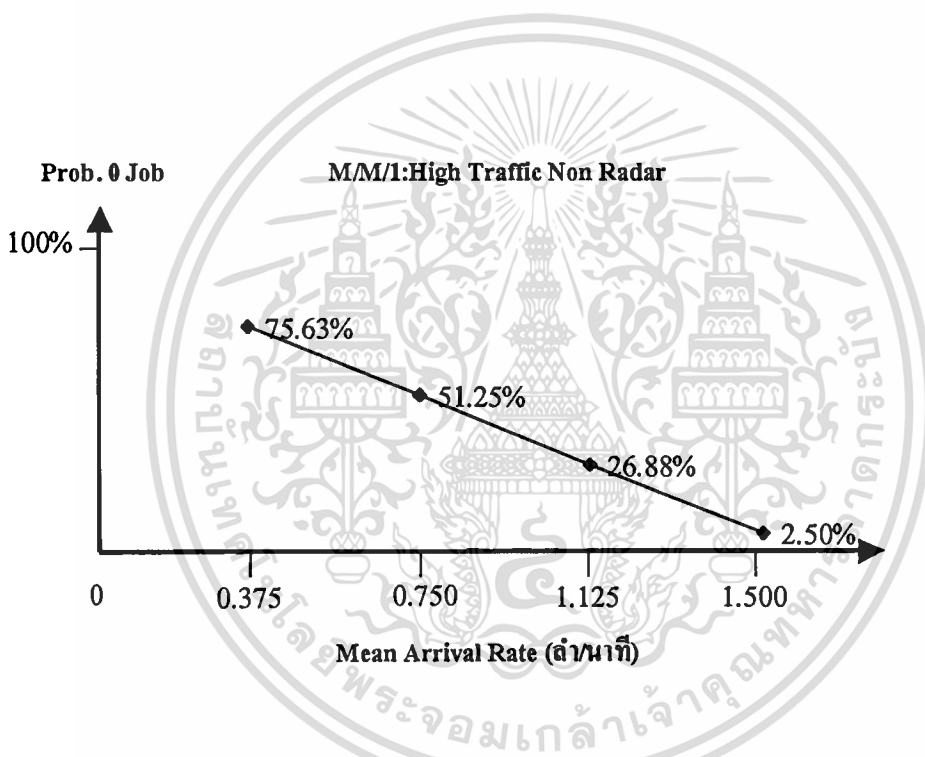
กราฟตามภาพที่ 3.14 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินต้องรอคอยใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ



ภาพที่ 3.15 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนสิ้นสุด

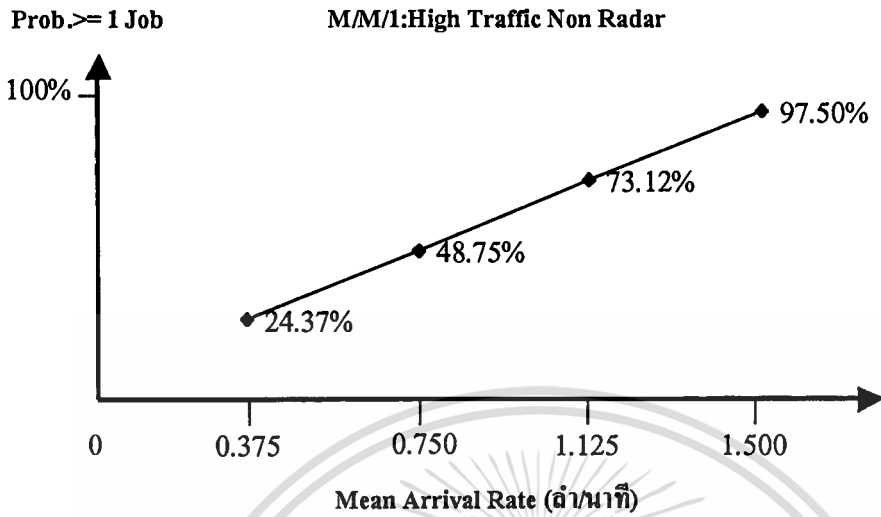
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน การให้บริการ ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบิน ซึ่งด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟตามภาพที่ 3.15 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินใช้ไปทั้งหมดในการรับบริการแต่ละครั้งตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ



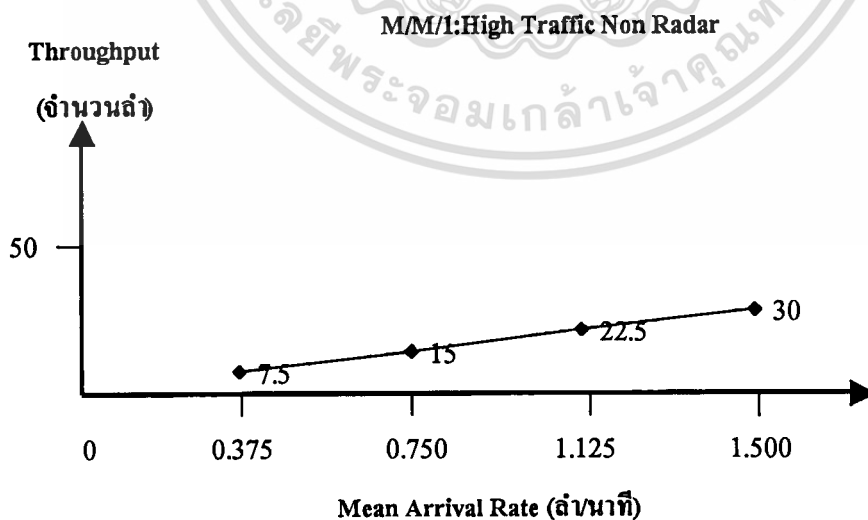
ภาพที่ 3.16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงาน คือ ผู้ให้บริการว่างงาน ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อหน้าที่

กราฟตามภาพที่ 3.16 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ



ภาพที่ 3.17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบ ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงาน
ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที

กราฟตามภาพที่ 3.17 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ

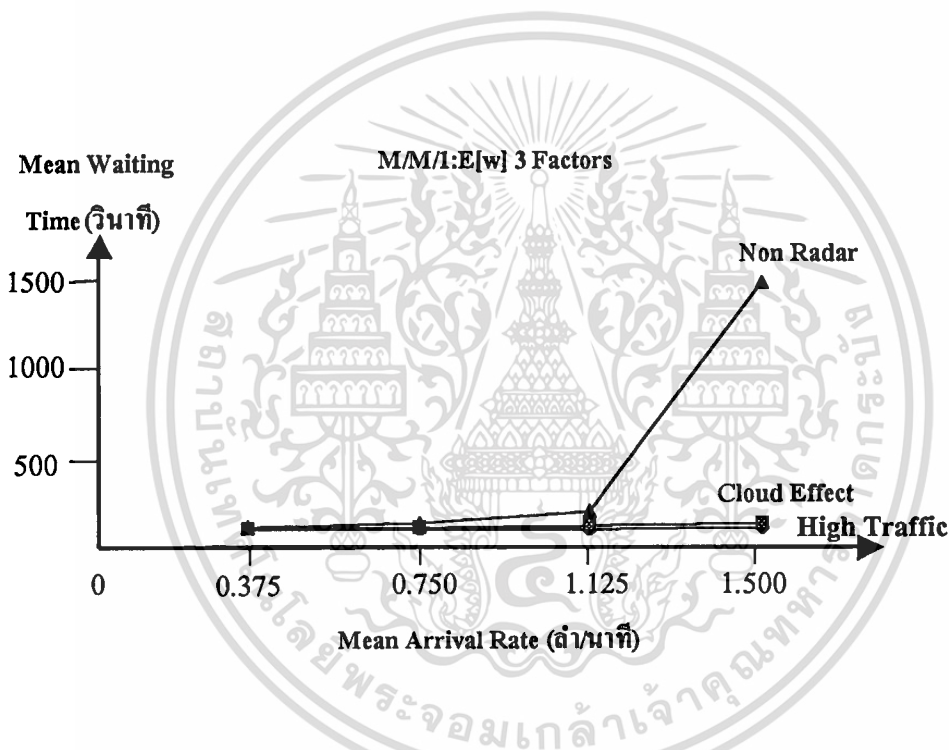


ภาพที่ 3.18 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น ไม่ควรนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

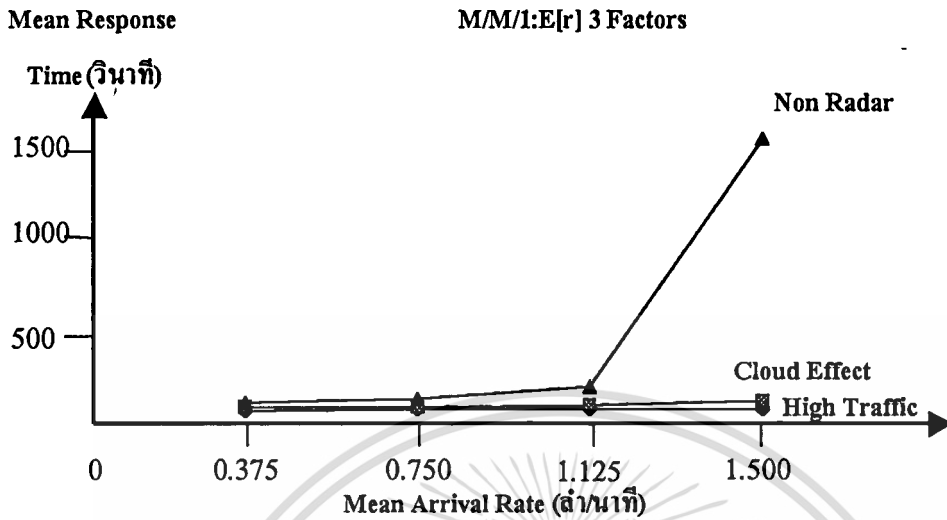
กราฟตามภาพที่ 3.18 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ

3.4.6 M/M/1 Model : High Traffic เปรียบเทียบทั้ง 3 เหตุการณ์วิกฤต



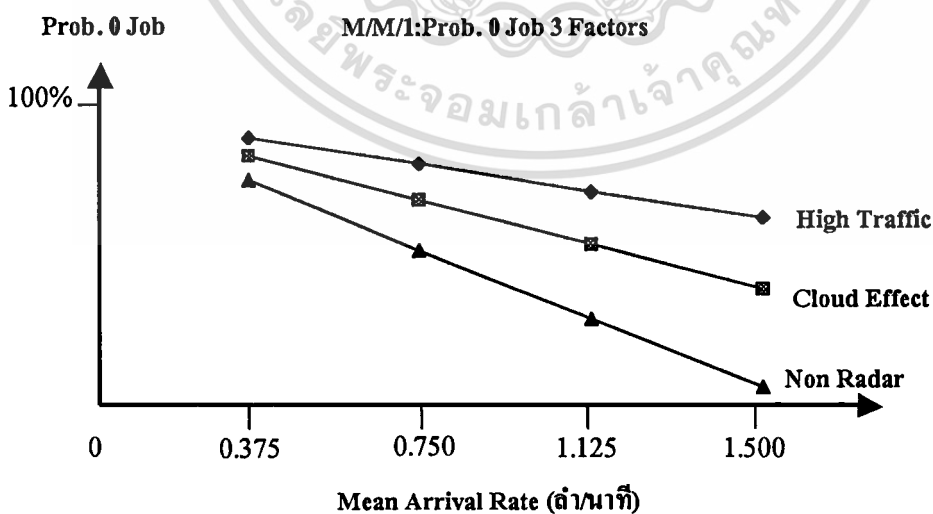
ภาพที่ 3.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการคอยใช้บริการอยู่ในคิวในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อหน้าที่ ของทั้ง 3 กรณี

กราฟตามภาพที่ 3.19 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินต้องรอคอยใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง ของทั้ง 3 กรณี



ภาพที่ 3.20 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการให้บริการตั้งแต่เริ่มให้บริการจนสิ้นสุดการให้บริการ ในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อนาที ของทั้ง 3 กรณี

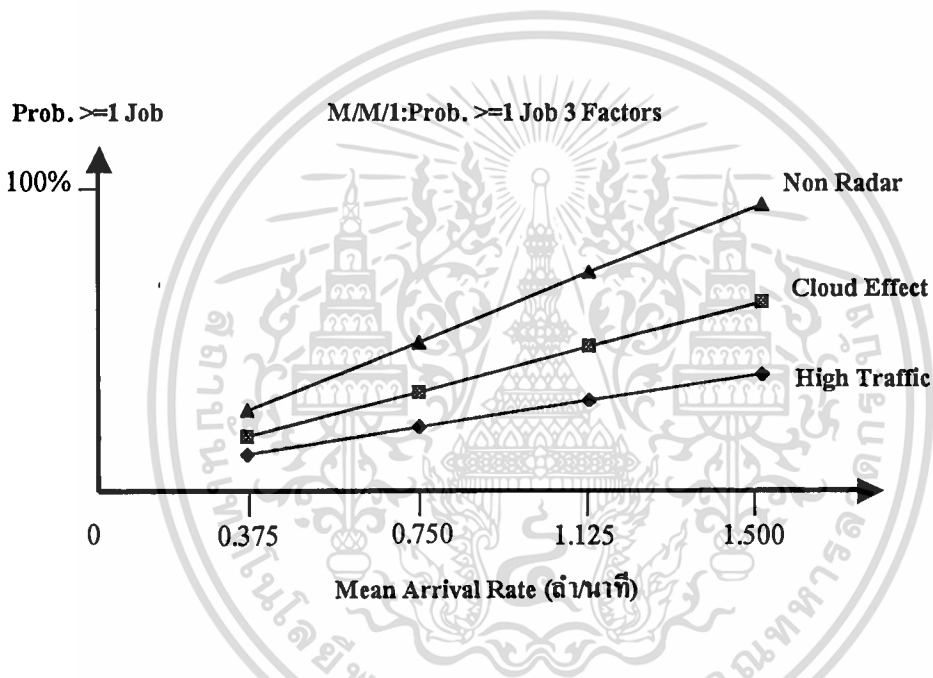
กราฟตามภาพที่ 3.20 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นค่าตัวเลขที่เป็นวินาทีที่เครื่องบินใช้ไปทั้งหมดในการรับบริการแต่ละครั้งตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง ของทั้ง 3 กรณี



ภาพที่ 3.21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบจะว่างงาน ในแต่ละอัตราเฉลี่ย

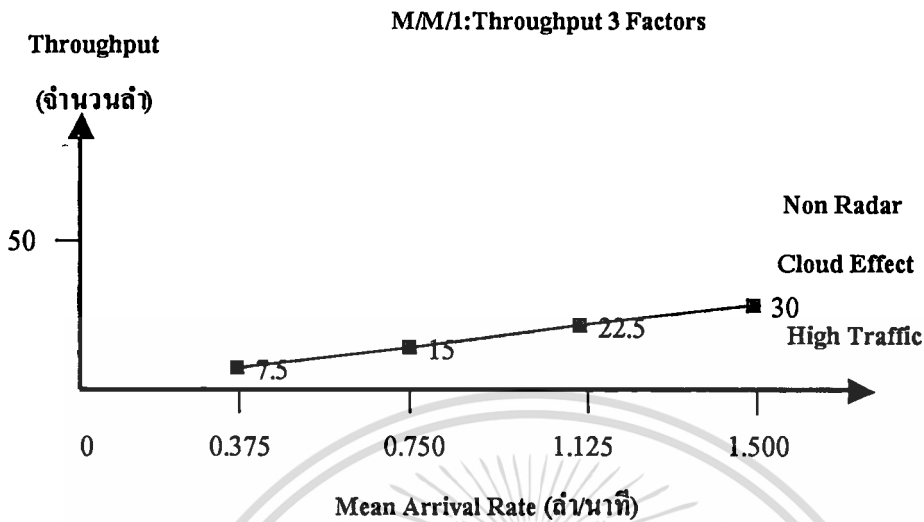
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนของกรมการบินพาณิชย์ของเครื่องบินต่อนาที ของทั้ง 3 กรณี ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟตามภาพที่ 3.21 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่งของทั้ง 3 กรณี



ภาพที่ 3.22 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ในระบบ ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงานในแต่ละเฉลี่ยของการมาใช้บริการของเครื่องบินต่อหน้าที่ ของทั้ง 3 กรณี

กราฟตามภาพที่ 3.22 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ให้บริการจะไม่ว่างงานตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่งของทั้ง 3 กรณี



ภาพที่ 3.23 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการในแต่ละอัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการต่อนาที ของทั้ง 3 กรณี

กราฟตามภาพที่ 3.23 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่งของทั้ง 3 กรณี

3.5 Simulation Model ในแต่ละกรณีที่เกิดเหตุการณ์

3.5.1 ข้อกำหนดหรือสมมติฐาน (Assumptions) ที่ใช้ใน Simulation Model

1. จะประเมินประสิทธิภาพเฉพาะที่ เขตควบคุมที่ 1 (Sector One)
 2. จะประเมินประสิทธิภาพเฉพาะ พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในตำแหน่งพนักงานควบคุมจราจรทางอากาศ (Controller หรือ A-Man) เท่านั้น

3. ในส่วนที่เป็น High Traffic (factor1)

-1 Contact ใช้เวลาโดยเฉลี่ย = 15 วินาที

4. ในส่วนที่เป็น High Traffic-Cloud Effect และสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ (factor2)

-1 Contact ใช้เวลาโดยเฉลี่ย = 25 วินาที

5. ในส่วนที่เป็น High Traffic แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมจราจรทางอากาศ (factor3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วากรณใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-1 Contact ใช้เวลาโดยเฉลี่ย = 39 วินาที

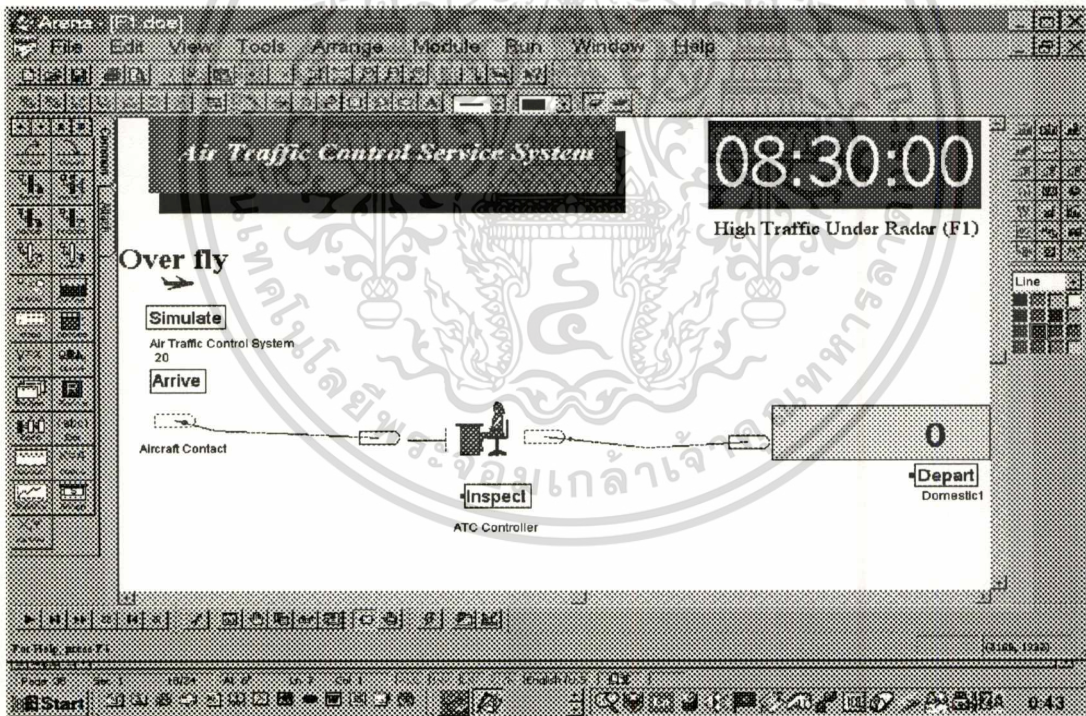
3.5.2 ตัวอย่างในการคำนวณหาค่าตัวแปรของ Model

กรณี High Traffic Under Radar ซึ่งโดยเฉลี่ยเครื่องบิน 15 ลำ จะมาภายในเวลาเฉลี่ย 20 นาที และผู้ให้บริการสามารถให้บริการได้ภายในเวลาเฉลี่ย 15 วินาทีต่อลำ ซึ่งสามารถจะคำนวณค่าต่าง ๆ ได้คือ

-Mean Arrival Rate (λ) = $15/20 = 0.75$ ลำ/นาที หรือคิดเป็น 1.3 นาที/ลำ

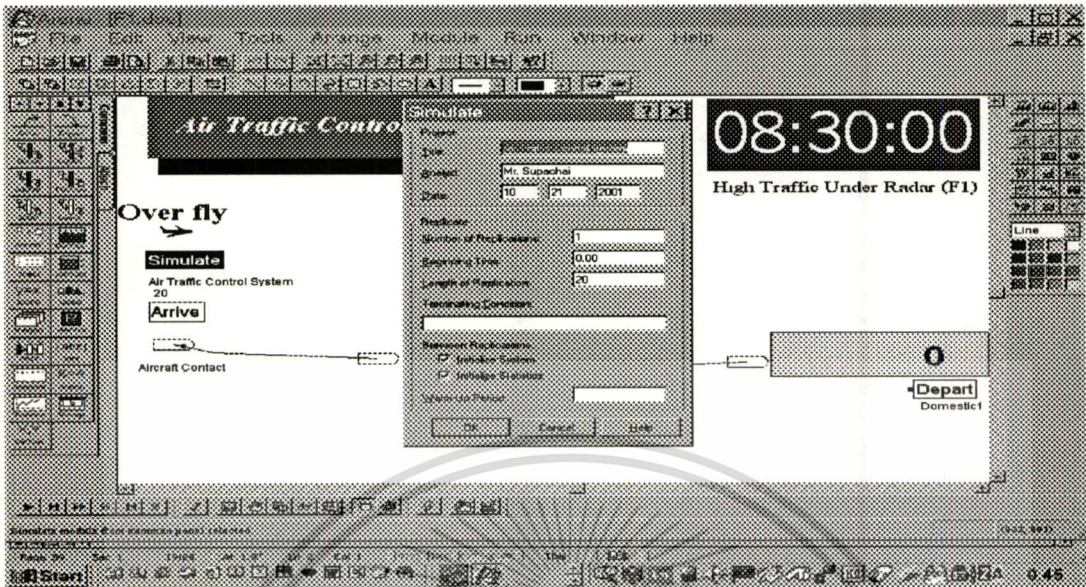
-Mean Service Rate (μ) = $60/15 = 4$ ลำ/นาที หรือคิดเป็น 15 นาที/ลำ

3.5.3 Simulation Model : High Traffic Under Radar



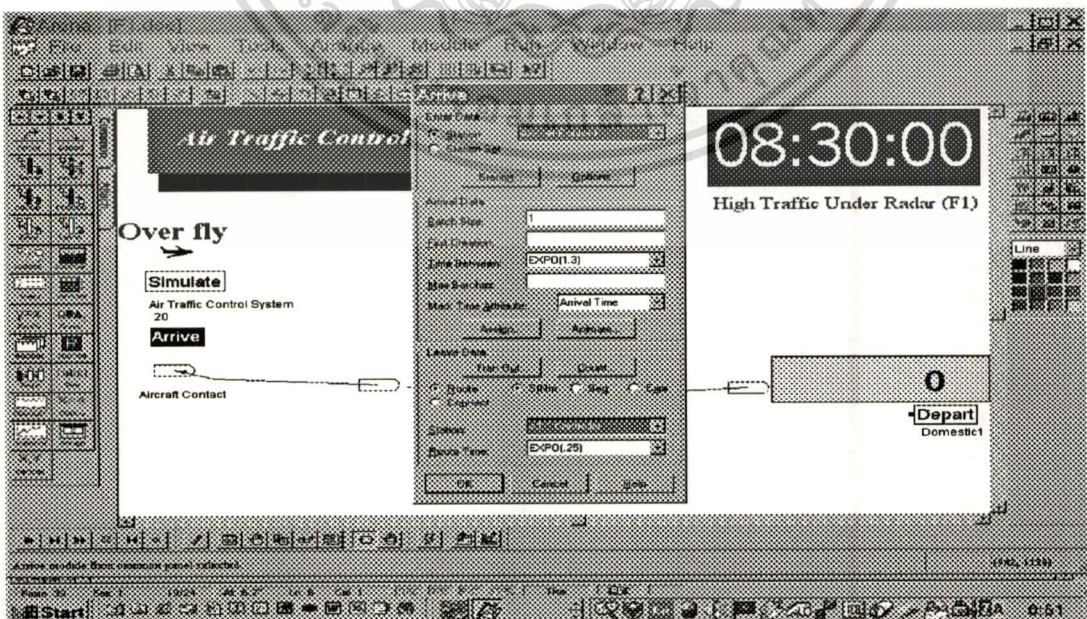
ภาพที่ 3.24 Model จำลองเหตุการณ์การเกิด High Traffic Under Radar

Model ตามภาพ 3.24 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ควบคุมจราจรด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ Model สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ได้ และเพียงแต่ใส่ค่า $1/\lambda$ และ $1/\mu$ ตามที่ต้องการเท่านั้น Model ก็จะคำนวณค่าต่าง ๆ ให้โดยอัตโนมัติ แล้วสรุปที่ได้ออกมาเป็นรายงานทันที ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมั่วเด็ดขาด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้



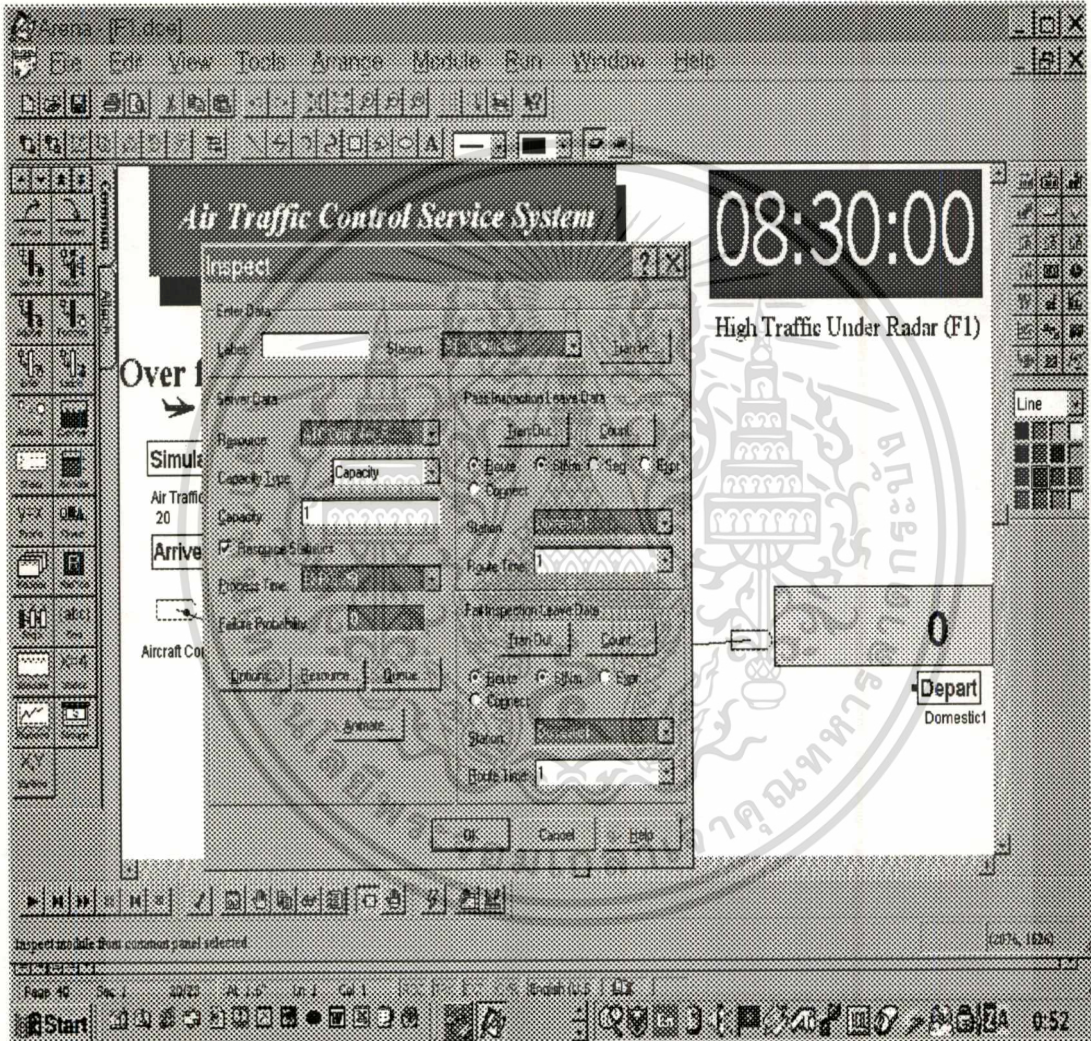
ภาพที่ 3.25 แสดงการปรับแต่งความยาวของช่วงเวลาของเหตุการณ์จำลอง

Model ตามภาพ 3.25 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ Model ต้องการเปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานของระบบในเหตุการณ์จำลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ด้วยตนเองเพื่อการศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอกในโครงการวิจัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ
ภาพที่ 3.26 แสดงการปรับแต่ง Mean Arrival Time ของเหตุการณ์จำลอง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

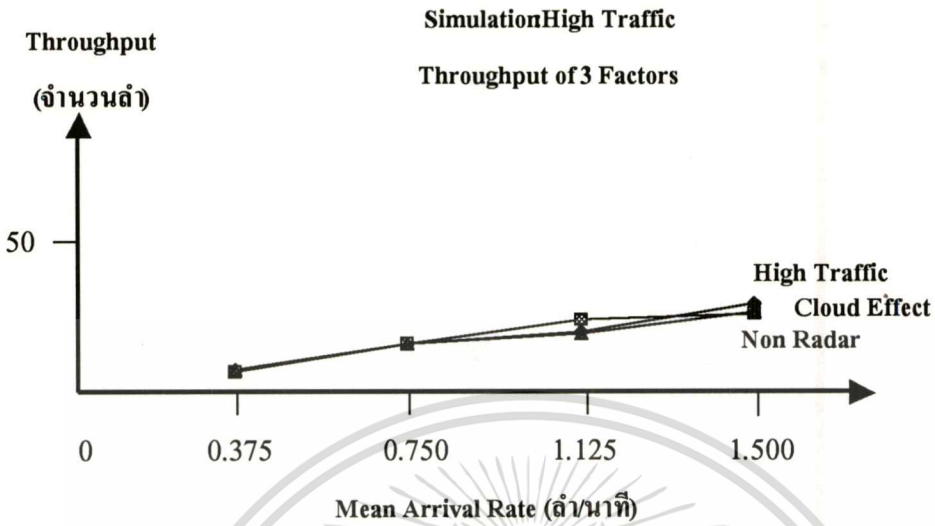
Model ตามภาพ 3.26 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ ต้องการเปลี่ยนแปลงค่า $1/\lambda$ และ $1/\mu$ ในเหตุการณ์จำลอง



ภาพที่ 3.27 แสดงการปรับแต่ง Mean Service Time ของเหตุการณ์จำลอง

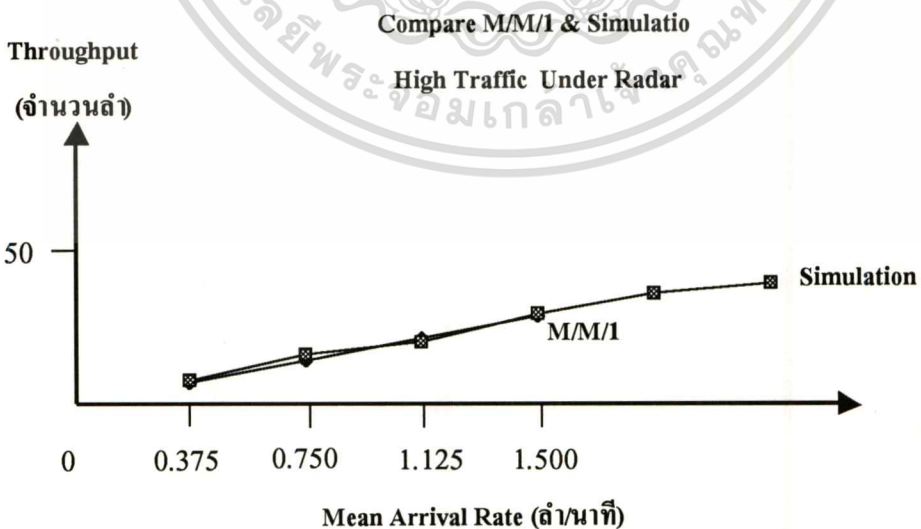
Model ตามภาพ 3.27 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ควบคุมด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแปลงค่า $1/\mu$ ในเหตุการณ์จำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.28 กราฟแสดงจำนวนเครื่องบินโดยเฉลี่ยที่มาใช้บริการในแต่ละอัตราเฉลี่ยที่เครื่องบินมาใช้บริการ ของทั้ง 3 กรณี ที่ได้จาก Simulation Model

กราฟตามภาพที่ 3.28 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาต่อนาที ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่งของทั้ง 3 กรณี

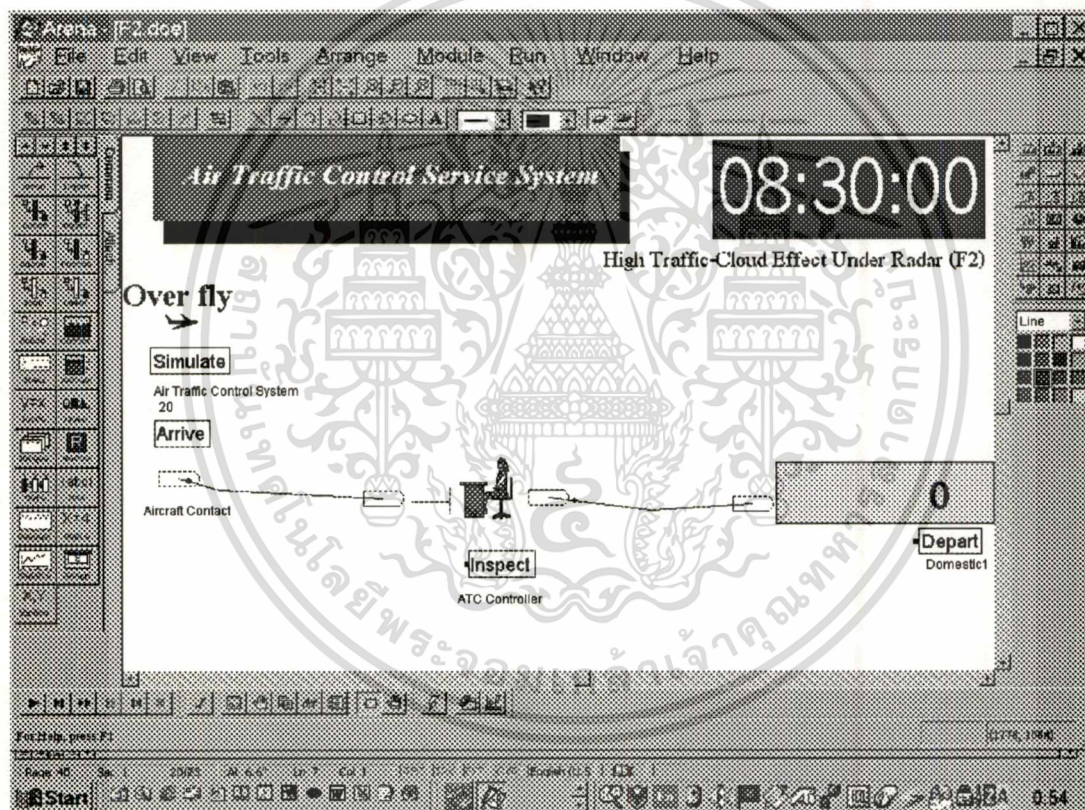


ภาพที่ 3.29 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic Under Radar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟตามภาพที่ 3.29 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นความแตกต่างของจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาก่อนที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่อาศัยระบบเรดาร์ควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งค่าที่ได้จาก M/M/1 Model และ Simulation Model เป็นไปในแนวทางเดียวกัน

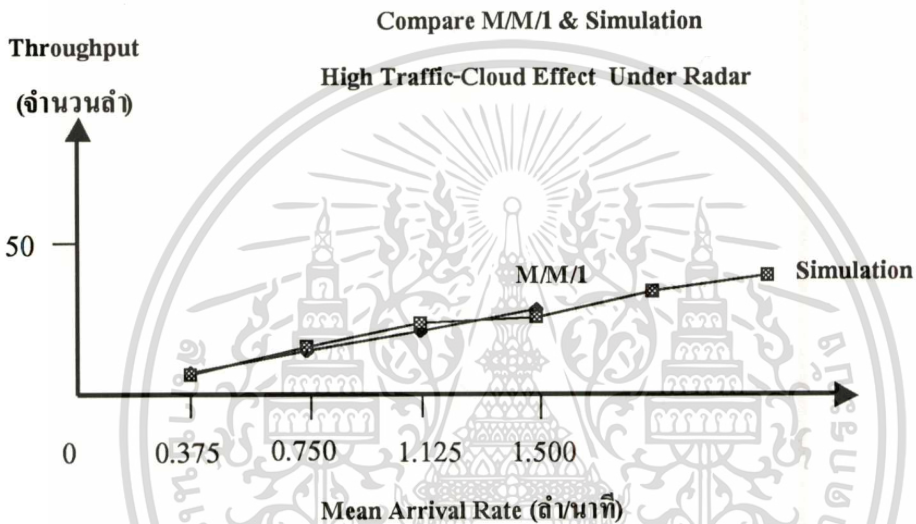
3.5.4 Simulation Model : High Traffic-Cloud Effect Under Radar



ภาพที่ 3.30 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic-Cloud Effect Under Radar

Model ตามภาพ 3.30 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และมีสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่ควบคุมการจราจรทางอากาศด้วยระบบเรดาร์ ซึ่งผู้ใช้ Model สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ได้ และเพียงแต่ใส่ค่า $1/\lambda$ และ $1/\mu$ ตามที่ต้องการเท่านั้น Model ก็จะคำนวณค่าต่าง ๆ ให้โดยอัตโนมัติแล้วสรุปที่ได้ออกมาเป็นรายงานทันที การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

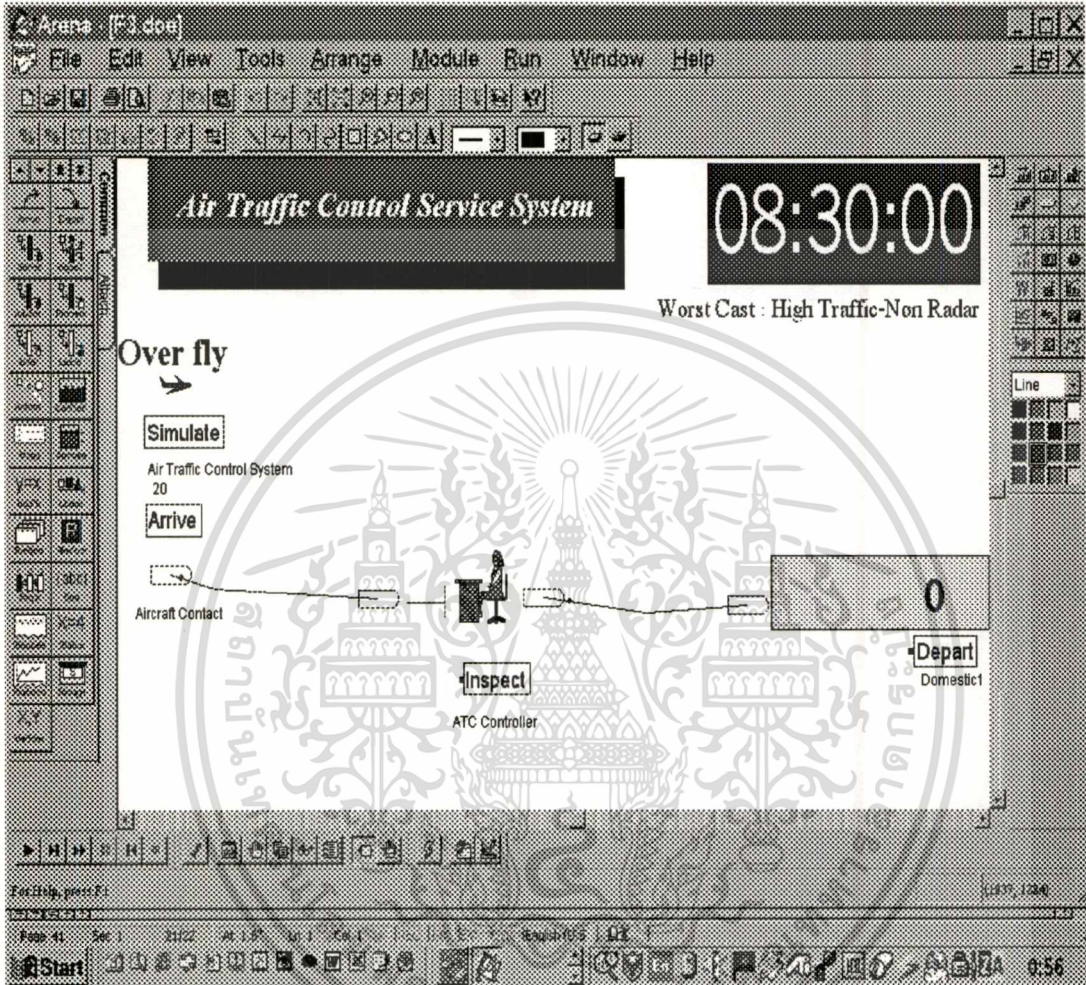
หมายเหตุ หน้าจอในการกำหนดช่วงระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ และการเปลี่ยนแปลงค่า $1/\lambda$ และ $1/\mu$ ของ Model นี้ จะเหมือนกับหน้าจอของ Model การจำลองเหตุการณ์ High Traffic Under Radar



ภาพที่ 3.31 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic-Cloud Effect Under Radar

กราฟตามภาพที่ 3.31 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นความแตกต่างของจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาก่อนหน้า ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง และมีสภาพอากาศเป็นอุปสรรค แต่อาศัยระบบเรดาร์ควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งค่าที่ได้จาก M/M/1 Model และ Simulation Model เป็นไปในแนวทางเดียวกัน

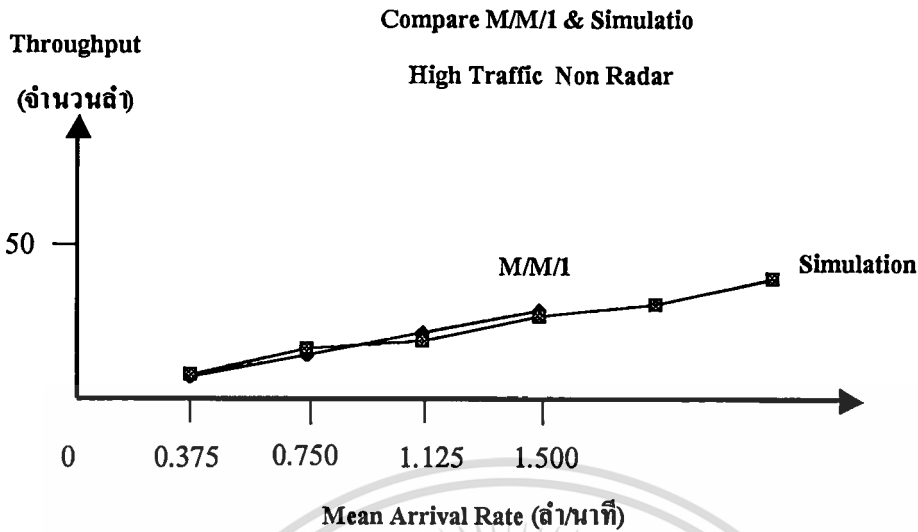
3.5.5 Simulation Model : High Traffic Non Radar



ภาพที่ 3.32 Model จำลองเหตุการณ์ High Traffic Non Radar

Model ตามภาพ 3.32 เป็นการจำลองการเกิดเหตุการณ์ที่ระบบอยู่ในช่วงการทำงานที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมการจราจรทางอากาศ ซึ่งผู้ใช้ Model สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ได้ และเพียงแต่ใส่ค่า $1/\lambda$ และ $1/\mu$ ตามที่ต้องการเท่านั้น Model ก็จะคำนวณค่าต่าง ๆ ให้โดยอัตโนมัติ แล้วสรุปที่ได้ออกมาเป็นรายงานทันที

หมายเหตุ หน้าจอในการกำหนดช่วงระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ และการเปลี่ยนแปลงค่า $1/\lambda$ และ $1/\mu$ ของ Model นี้ จะเหมือนกับหน้าจอของ Model การจำลองเหตุการณ์ High Traffic Under Radar การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.33 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบของ M/M/1 กับ Simulation ของการเกิดเหตุการณ์ High Traffic Non Radar

กราฟตามภาพที่ 3.33 แสดงให้ผู้ประเมินฯ เห็นความแตกต่างของจำนวนของเครื่องบินที่มาใช้บริการตามอัตราความหนาแน่นของเครื่องบินที่มาก่อนหน้าที่ ในช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรคับคั่ง แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมการจราจรทางอากาศ ซึ่งค่าที่ได้จาก M/M/1 Model และ Simulation Model เป็นไปในแนวทางเดียวกัน

3.6 สรุปผลการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง M/M/1 และ Simulation

ผลการวิเคราะห์ที่ได้ สามารถกล่าวได้ว่า “ณ สภาพการทำงานในปัจจุบันนี้ ระบบมีความเป็นไปได้ที่จะรองรับงานได้อีก เนื่องจาก ณ จุดที่แย่งที่สุดถ้าหากเกิดเหตุการณ์ในช่วงที่เครื่องบินเข้ามาอย่างหนาแน่นถึง 15 ลำ แต่ไม่ได้อาศัยระบบเรดาร์ช่วยในการควบคุมการจราจรทางอากาศ ต้องอาศัยวิทยุมือถือสื่อสาร และผู้บริการไม่ว่าง นั้น มีโอกาสเกิดขึ้นเท่ากับ 48.75% หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า มีความเป็นไปได้ 50, 50” และเท่าที่ผ่านมาในรอบ 5 ปี มีเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเพียง 2 ครั้ง ๆ ละ ไม่เกิน 5 นาที ระบบก็กลับมาใช้ระบบเรดาร์ได้ดังเดิม ดังนั้น จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า “ณ สภาพการปัจจุบัน ระบบยังสามารถรองรับ

ปริมาณงานได้อย่างเพียงพอ และยังไม่จำเป็นต้องจัดหาพนักงานควบคุมจราจรทางอากาศ (Controller) เพิ่มจาก 1 คน เป็น 2 คน” ซึ่งสามารถดูผลจากการวิเคราะห์เพื่อหาแนวโน้มของเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองทั้งสอง ในแต่ละเหตุการณ์

เหตุการณ์	สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตาม Model
<p>ความเป็นไปได้ที่ผู้ให้บริการจะว่างงาน เมื่อเครื่องบินเข้ามาในระบบ 15 ลำ ในแต่ละช่วงเหตุการณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. High Traffic Under Radar 2. High Traffic-Cloud Effect Under Radar 3. High Traffic Non Radar 	<ul style="list-style-type: none"> - ณ ที่เครื่องบินเข้ามาประมาณ 15 ลำ ในช่วง 20 นาที นั้น ความเป็นไปได้ที่ผู้ให้บริการจะว่างเท่ากับ 81.25% - ณ ที่เครื่องบินเข้ามาประมาณ 15 ลำ ในช่วง 20 นาที นั้น ความเป็นไปได้ที่ผู้ให้บริการจะว่างเท่ากับ 68.75% จราจรฯ ด้วยเรดาร์ (Under Radar) - ณ ที่เครื่องบินเข้ามาประมาณ 15 ลำ ในช่วง 20 นาที นั้น ความเป็นไปได้ที่ผู้ให้บริการจะว่างเท่ากับ 51.25%
<p>ความเป็นไปได้ที่ผู้บริการจะไม่ว่างงานเลย เมื่อเครื่องบินเข้ามาในระบบ 15 ลำ ในแต่ละช่วงเหตุการณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. High Traffic Under Radar 2. High Traffic-Cloud Effect Under Radar 3. High Traffic Non Radar 	<ul style="list-style-type: none"> - เท่ากับ 18.75% - เท่ากับ 31.25% - เท่ากับ 48.75%
<p>เวลาในการคอยในคิว เมื่อเครื่องบินเข้ามาในระบบ 15 ลำ ในแต่ละช่วงเหตุการณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. High Traffic Under Radar 2. High Traffic-Cloud Effect Under Radar 3. High Traffic Non Radar 	<ul style="list-style-type: none"> - นักบินจะต้องเสียเวลารอคอยใช้บริการเฉลี่ยประมาณ 3.46 วินาที - นักบินจะต้องเสียเวลารอคอยใช้บริการเฉลี่ยประมาณ 11.36 วินาที - นักบินจะต้องเสียเวลารอคอยใช้

เหตุการณ์	สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตาม Model
	บริการเฉลี่ยประมาณ 37.10 วินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุป

ปัจจุบันธุรกิจขนส่งทางอากาศของทุกประเทศในโลก มีอัตราการเติบโตที่รวดเร็ว โดยเฉพาะกับภูมิภาคแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นที่ตั้งของประเทศไทย การปรับปรุงประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการขนส่งทางอากาศทั้งที่อยู่ในความรับผิดชอบของภาครัฐและภาคเอกชนในเรื่องการขนส่งทางอากาศล้วนเป็นสิ่งที่ต้องพึงกระทำอย่างเร่งด่วน

ในส่วนของภาครัฐ ประสิทธิภาพของงานบริการที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจการขนส่งทางอากาศที่รัฐควรให้ความสำคัญอย่างยิ่งในขณะนี้ คือ ความมีประสิทธิภาพในการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ ที่รัฐมอบหมายให้บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด เป็นผู้ดำเนินการ โดยรัฐเป็นผู้กำกับดูแล เนื่องจากเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับความสงบสุข และความปลอดภัยของบุคคล รวมถึงความมั่นคงภายในของประเทศ

ปัจจัยที่ถือเป็นตัวแปรสำคัญที่อาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานในปัจจุบันของระบบการให้บริการควบคุมจราจรทางอากาศ อย่างมีนัยสำคัญ นั้น อาจมีดังนี้

1. จำนวนของผู้ให้บริการ (servers)
2. ช่วงเวลาในการให้บริการ เช่น ช่วงที่เป็น High Traffic
3. จำนวนของผู้มาใช้บริการ ซึ่งคือเครื่องบิน (workloads)
4. ใช้เรดาร์ช่วยในการควบคุมฯ หรือไม่ใช้
5. สภาพอากาศ เช่น มีเมฆฝนมาบดบังเส้นทางบิน

ซึ่งปัจจัยที่กล่าวข้างต้นต่างก็มีผลกระทบที่มากและน้อยแตกต่างกันต่อระบบ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมของระบบในขณะนั้นว่าเป็นอย่างไร แล้วเกี่ยวข้องกับปัจจัยหรือตัวแปรนั้นมากหรือน้อยแค่ไหน องค์กรมีกลยุทธ์หรือยุทธวิธีที่จะรับมือกับสิ่งที่เกิดจากปัจจัยภายใน-นอก อย่างเช่น ความพึงพอใจของพนักงานขององค์กรเอง หรือนักบินผู้ขับเครื่องบินที่เข้ามาใช้บริการ ได้เหมาะสมหรือไม่อย่างไรด้วยเช่นกัน ดังเช่น กลยุทธ์ในการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 4.1

4.1 กลยุทธ์ที่อาจนำมาพิจารณา เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการ (Customer) ในช่วงเวลาที่เป็น High Traffic

1. เพิ่ม Capacity เกี่ยวกับสนามบิน
2. ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องบินแทนนักบิน และแทนเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ
3. ให้สายการบิน (Airline) เปลี่ยนตารางแผนการบินจากเดิมที่อยู่ในช่วง High Traffic ไปใช้บริการในช่วงอื่นแทน หรือในช่วงที่ผู้ให้บริการว่าง
4. เพิ่มจำนวนผู้ให้บริการ (Server)

4.2 การพิจารณาถึงความเป็นไปของทั้ง 4 กลยุทธ์

กลยุทธ์ที่ 1 เป็นไปแล้ว เนื่องจากขณะนี้กำลังดำเนินการอยู่ คือการก่อสร้างสนามบินหนองงูเห่า

กลยุทธ์ที่ 2 ปัจจุบันมีการประดิษฐ์ขึ้นใช้แล้วที่ประเทศอเมริกา แต่จากข้อมูลที่ได้รับมา ทราบว่าผู้โดยสารยังไม่ยอมรับที่จะนั่งเครื่องบินไปโดยไม่มีคนจริง ๆ ขับเคลื่อน ดังนั้นกลยุทธ์นี้จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นค่อนข้างยากในประเทศไทย

กลยุทธ์ที่ 3 จากข้อมูลที่ได้รับจากการพูดคุยกับเจ้าหน้าที่ฯ และหน่วยงานผู้เกี่ยวข้อง ทราบว่าจะมีก็แต่เฉพาะสายการบินเล็ก ๆ เท่านั้นที่จะยอมเปลี่ยนตารางแผนการบิน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตารางแผนการบินของสายการบินใหญ่ ๆ จะกระทบกระเทือนเที่ยวบินต่าง ๆ ของตนชนิดเป็นลูกโซ่ไปทั่วโลก และปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งคือวันเวลาของแต่ละประเทศแตกต่างกัน ทำให้ไม่สะดวกกับผู้โดยสารในแต่ละประเทศได้

กลยุทธ์ที่ 4 มีโอกาสเป็นไปได้ หากผู้อำนวยการศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศยอมรับว่าขณะนี้ปริมาณงานมากกว่ากำลังคน หรือ คิวของเครื่องบินไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะยอมรับได้ แต่ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ M/M/1 Model และ Simulation Model พบว่า ในช่วงเวลาวิกฤตที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน คือ ในช่วงที่เป็น High Traffic Under Radar ที่จะมีเครื่องบินมาใช้บริการโดยเฉลี่ย 15 ลำ ในช่วงระยะเวลาเฉลี่ย 20 นาที และผู้ให้บริการใช้เวลาในการบริการโดยเฉลี่ยลำละ 15 วินาที นั้น ซึ่งให้เห็นว่าความสามารถของผู้ให้บริการยังมีเหลือมากพอที่จะให้บริการได้อีก เพราะโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ผู้ให้บริการจะว่างงานมีถึง 81.25%

4.3 ปัญหา

ผลที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพตามผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงต้นแบบ

เอกรอย่างง่ายเท่านั้น หากจะนำไปใช้ในการประเมินที่ซับซ้อนมากขึ้น อาทิ ประเมินผู้ให้บริการทั้ง 3 ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คน ในแต่ละ Sector แล้ว ควรต้องมีพัฒนาปรับปรุงให้เหมาะสมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกับ Simulation Model เนื่องจากจะให้ค่าที่ค่อนข้างละเอียดมากกว่า M/M/1 Model หากผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้ผู้ใช้กำหนดค่าต่าง ๆ ใน Model ได้ละเอียดมากขึ้น

4.4 ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ที่จะพัฒนา Model นี้ในระดับสูงขึ้นไปอีก ถ้าเป็นไปได้ควรวางอยู่บน Web ขององค์กร (Intranet) เพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมจราจรทางอากาศสามารถประเมินประสิทธิภาพการทำงานของตนเองได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการทำงานของบุคลากรและความเจริญก้าวหน้าขององค์กรและประเทศชาติยิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป.



บรรณานุกรม

บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด. รายงานประจำปี 2544. ม.ป.ท.

เจนวิทย์ เหลืองอร่าม., พ.อ. และ ปิยวิทย์ เหลืองอร่าม. 2543. การเขียนโปรแกรมสำหรับ Applications ด้วย C/C++. กรุงเทพฯ : ชรรมสาร.

วิชัย สุรเชิดเกียรติ. 2544. การจำลองเชิงคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

Jain, R. 1991. *The Art of Computer System Performance Analysis “Techniques of Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling”*. Madison, Wisconsin: John Wiley & Sons.

Kelton, W.David. *et.al.* 1998. *Simulation with Arena*. Boston, Clarifornia: McGraw-Hill.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณในแต่ละกรณี เมื่อใช้ M/M/1 Model

F1=15 Second						
λ	E[w]	E[r]	Prob 0 job	Prob 1 job	Server busy	Throughput
0.375	1.55	16.55	90.63%	8.50%	9.37%	7.5
0.75	3.46	18.46	81.25%	15.23%	18.75%	15
1.125	5.87	20.87	71.88%	20.21%	28.12%	22.5
1.5	9	24	62.50%	23.44%	37.50%	30

F2=25 Second						
λ	E[w]	E[r]	Prob 0 job	Prob 1 job	Server busy	Throughput
0.375	4.63	29.63	84.38%	13.18%	15.62%	7.5
0.75	11.36	36.36	68.75%	21.48%	31.25%	15
1.125	22.06	47.06	53.13%	24.90%	46.87%	22.5
1.5	41.67	66.67	37.50%	23.44%	62.50%	30

F3=39 Second						
λ	E[w]	E[r]	Prob 0 job	Prob 1 job	Server busy	Throughput
0.375	12.57	51.57	75.63%	18.43%	24.37%	7.5
0.75	37.10	76.1	51.25%	24.98%	48.75%	15
1.125	106.12	145.12	26.88%	19.65%	73.12%	22.5
1.5	1,521.00	1560	2.50%	2.44%	97.50%	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข แสดงการเปรียบเทียบค่าที่ได้จาก M/M/1 และ Simulation ในแต่ละตัวแปร

Mean Waiting Time (วินาที)			
λ	f1	f2	f3
0.375	1.55	4.63	12.57
0.750	3.46	11.36	37.10
1.125	5.87	22.06	106.12
1.500	9.00	41.67	1,521.00

Prob. 0 job (%)			
λ	f1	f2	f3
0.375	90.63%	84.38%	75.63%
0.750	81.25%	68.75%	51.25%
1.125	71.88%	53.13%	26.88%
1.500	62.50%	37.50%	2.50%

Mean Response Time (วินาที)			
λ	f1	f2	f3
0.375	16.55	29.63	51.57
0.750	18.46	36.36	76.10
1.125	20.87	47.06	145.12
1.500	24.00	66.67	1,560.00

Prob. 1 job (%)			
λ	f1	f2	f3
0.375	8.50%	13.18%	18.43%
0.750	15.23%	21.48%	24.98%
1.125	20.21%	24.90%	19.65%
1.500	23.44%	23.44%	2.44%

Prob. Server busy (≥ 1 Job)			
λ	f1	f2	f3
0.375	9.37%	15.62%	24.37%
0.75	18.75%	31.25%	48.75%
1.125	28.12%	46.87%	73.12%
1.5	37.50%	62.50%	97.50%

Throughput (จำนวนลำ/นาที)							
M/M/1				Simulation			
λ	f1	f2	f3	$1/\lambda$	f1	f2	f3
0.375	7.5	7.5	7.5	2.7	8	7	8
0.750	15	15	15	1.3	17	17	17
1.125	22.5	22.5	22.5	0.9	21	25	20
1.500	30	30	30	0.7	31	27	28
				0.53	38	36	32
				0.44	41	42	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายสุภชัย พรหมวิสุทธีภรณ์
วันเกิด	11 กันยายน 2508
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
ประวัติการศึกษา	ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปริญญาโทบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2533 – 2536 รัชการการที่สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน กรุงเทพฯ พ.ศ. 2536 – ปัจจุบัน พนักงานรัฐวิสาหกิจ บริษัท วิทยุการบินแห่ง ประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้