การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ
กรณีศึกษา แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

AGENT-BASED SIMULATION MODELING:
A CASE STUDY OF THE OUT-PATIENT DEPARTMENT
AT LUMLUKKA HOSPITAL, PATHUMTHANI PROVINCE

ชลณุพงษ์ ศิริตัน

CHONNUPONG SIRITAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2557

KMITL-2014-EN-M-217-184

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ กรณีศึกษา แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

AGENT-BASED SIMULATION MODELING: A CASE STUDY OF THE OUT-PATIENT DEPARTMENT AT LUMLUKKA HOSPITAL, PATHUMTHANI PROVINCE

ชลณุพงษ์ ศิริตัน
CHONNUPONG SIRITAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2557
KMITL-2014-EN-M-217-184

AGENT-BASED SIMULATIONMODELING: A CASE STUDY OF THE OUT-PATIENT DEPARTMENT AT LUMLUKKA HOSPITAL, PATHUMTHANI PROVINCE

CHONNUPONG SIRITAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2014

KMITL-2014-EN-M-217-184

COPYRIGHT 2014
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ กรณีศึกษา แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี

Thesis Title Agent-Based Simulation Modeling : A Case Study of the Out-Patient Department at Lumlukka Hospital, Pathumthani Province

นักศึกษา นายชลณุพงษ์ ศิริตัน

รหัสประจำตัว 55613415

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2014-EN-M-217-184

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ทศพล	เกียรติเจริญผล	
รศ.ดร.สิทธิพร	พิมพ์สกุล	
ผศ.ดร.บรรหาญ	ลิลา	
ผศ.ดร.ชุมพล	ยวงใย	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2557 เวลา 10.30-12.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2557

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ กรณีศึกษา แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี
นักศึกษา	นายชลณุพงษ์ ศิริตัน
รหัสประจำตัว	55613415
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้คนหันมาให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น ความต้องการในการใช้บริการในสถานบริการสุขภาพจึงมีมากขึ้นตามไปด้วย แผนกผู้ป่วยนอกเป็นแผนกที่มีอัตราการเข้ารับบริการที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับผู้ป่วยที่มีอาการของโรคในลักษณะต่างๆ การจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น จุดอ่อนที่สำคัญของการจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมคือการขาดความให้ความสำคัญกับพฤติกรรม การตัดสินใจ และคุณลักษณะของมนุษย์หรือทรัพยากรภายในระบบ การศึกษาในครั้งนี้ได้นำเสนอการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) ในแผนกผู้ป่วยนอก เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อระบบในแง่ของพฤติกรรม การตัดสินใจ และคุณลักษณะของตัวกระทำ ซึ่งในที่นี้ได้แก่ แพทย์ พยาบาล บุคลากรทางการแพทย์และ ผู้ป่วย เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยตัวกระทำในระบบที่มีความซับซ้อน จากการดำเนินงานวิจัยได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) และการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำกับระบบจริง พบว่าภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความสมจริงมากกว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะมีการพิจารณาถึงการตัดสินใจของแพทย์และพยาบาลรวมทั้งอาการของผู้ป่วย ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบที่มีความซับซ้อน และสอดคล้องกับพฤติกรรมของระบบจริงมากกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม

Thesis	Agent-Based Simulation Modeling: A Case Study of the Out-patient Department at Lumlukka Hospital, Pathumthani Province
Student	Mr.Chonnupong Siritan
Student ID.	55613415
Degree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Chumpol Yuangyai

ABSTRACT

At present, people pay much more attention to their health. Therefore, the demand for healthcare services has increased. Outpatient Department is one of the healthcare units in a hospital that facilitates all of patients with different types of trauma. Simulation has been used as a tool to improve the performance of the healthcare system. A significant shortcoming of a traditional simulation is the lack of consideration in human behavior and system attribute. This study proposes the Agent-Based Simulation approach for an Outpatient Department. Agent-Bases Simulation allows modelers to incorporate behavior, decision making, and attribute of agents, which include physicians, nurses, medical staffs and patients. We compare the average number of patient in the system and the average total time in the system between the proposed model and a Discrete Event Simulation model. At the 95% confidence interval, the results from the Agent-Based Simulation are more realistic and appropriate for the complex system than those from the Discrete Event Simulation, because it considered the decision making of physicians and nurses included the patient's symptom. It is suitable for apply in complex systems and consistent with the realistic than Discrete Event Simulation approach.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ แนะนำแนวทางการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ใช้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการใช้งานโปรแกรมจำลองสถานการณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.กนกพร เรียนเขมะนิยม อาจารย์บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ นพ. นราพงศ์ ธีรอัครวิภาส ผู้อำนวยการโรงพยาบาลลำลูกกาที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ คุณสุรีรัตน์ จรัสโสภณ หัวหน้าพยาบาล ห้องกลุ่มการพยาบาล คุณศิริรัชต์ มีสติ หัวหน้าพยาบาล แผนกผู้ป่วยนอก และคุณจินดา ธนกิจถาวร เจ้าหน้าที่สารสนเทศ โรงพยาบาลลำลูกกา ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการประสานงานภายในโรงพยาบาล การเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ให้กำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชลณุพงษ์ ศิริตัน

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 สถานบริการสุขภาพและระบบบริการผู้ป่วยนอก 5
2.1.1 กระบวนการในระบบบริการผู้ป่วยนอก 5
2.1.2 แนวทางการจัดลำดับช่องทางด่วน (Fast Tract) 7

2.2 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) 7
2.2.1 ระบบแถวคอย 7
2.2.2 รูปแบบของแถวคอย (System Configuration) 8
2.2.3 ลักษณะเฉพาะของแถวคอย (Queue Characteristics) 10
2.2.4 ลักษณะเฉพาะของลูกค้า (Customer Characteristics) 10
2.2.5 ลักษณะเฉพาะของผู้ให้บริการ (Service Characteristics) 11

2.3 การวิเคราะห์ระบบแถวคอย 12
2.3.1 วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Analysis) 12
2.3.2 วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation Method) 13

2.4 การศึกษาการจำลองสถานการณ์ 16
2.4.1 ขั้นตอนการศึกษาการจำลองสถานการณ์ 16

2.5 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) 18
2.5.1 ข้อดี-ข้อเสียของ DES 20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) 21
2.6.1 ตัวกระทำ (Agent) 26
2.6.2 ความสัมพันธ์ของวิธีการ DES และ ABS 28
2.6.3 เครื่องมือการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Software and Toolkit) 30
2.6.4 ข้อดี-ข้อเสียของ ABS 30

2.7 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 31
2.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ (Verification of Simulation Computer Programs) 32
2.7.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ (Validation of Simulation Computer Programs) 33

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 34
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 34
3.2 การศึกษากระบวนการ 36
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 38
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนำเข้า 40
3.5 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 42
3.5.1 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง 42
3.5.2 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ 46
3.6 การตรวจสอบความถูกต้องและความเหมือนจริงของแบบจำลอง 59

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 61
4.1 การกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์ 61
4.2 ผลการจำลองสถานการณ์ 62
4.3 การเปรียบเทียบผลการจำลองสถานการณ์ 63
4.4 การวิจารณ์ผลการจำลองสถานการณ์ 68
4.5 การประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลสุขภาพ 69

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 71
5.1 สรุปผลการวิจัย 71
5.2 ข้อเสนอแนะ 72

บรรณานุกรม 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก การแยกประเภทผู้ป่วยกลุ่มผู้ป่วยนอก....78
ภาคผนวก ข บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์....80
ภาคผนวก ค การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล....95
1. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วย....95
2. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการให้บริการ....105

ประวัติผู้เขียน....115

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก 39
ตารางที่ 3.2 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วยนอก 40
ตารางที่ 3.3 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการให้บริการ 41
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์ 48
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงคุณลักษณะด้านตัวกระทำ 57
ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบ 60
ตารางที่ 4.1 เวลารอคอยและเวลารวมในระบบโดยเฉลี่ยของระบบจริง DES และ ABS 62
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบเวลารอคอยและเวลารวมในระบบของระบบจริง DES และ ABS 67

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา 4
รูปที่ 2.1 โครงสร้างระบบแถวคอย 8
รูปที่ 2.2 ลักษณะของแถวคอยแบบ Single Queue Single Server 8
รูปที่ 2.3 ลักษณะของแถวคอยแบบ Serial Queue 8
รูปที่ 2.4 ลักษณะของแถวคอยแบบ Single Queue Multiple Server 9
รูปที่ 2.5 แถวคอย 1 แถว การให้บริการมีหลายขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย 9
รูปที่ 2.6 แถวคอยหลายแถว และมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย 9
รูปที่ 2.7 แถวคอยหลายแถว การให้บริการมีหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย 10
รูปที่ 2.8 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 14
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการศึกษาการจำลองสถานการณ์ 17
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างแนวคิดการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง 19
รูปที่ 2.11 แนวคิดการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการตัวกระทำ 22
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างแผนผังสถานะของตัวกระทำ 23
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างพฤติกรรมของตัวกระทำในแบบจำลอง 24
รูปที่ 2.14 ตัวกระทำในสภาพแวดล้อม 26
รูปที่ 2.15 ตัวกระทำโดยทั่วไป 27
รูปที่ 2.16 การแปลงโครงสร้างแบบจำลอง DES ให้อยู่ในรูปแบบของ ABS 29
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 35
รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก 37
รูปที่ 3.3 ภาพรวมของการจำลองสถานการณ์ 38
รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงตรรกะการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง 43
รูปที่ 3.5 ส่วนโมดูลที่สร้างรูปแบบการแจกแจงการเข้ามาของผู้ป่วย 44
รูปที่ 3.6 แบบจำลองสถานการณ์ในขั้นตอนการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล 45
รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงตรรกะการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ 46
รูปที่ 3.8 แผนภาพกระบวนการของแบบจำลองสถานการณ์ 47
รูปที่ 3.9 แผนผังสถานะของตัวกระทำแพทย์ตรวจรักษา 52
รูปที่ 3.10 แผนผังสถานะของตัวกระทำแพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษ 52
รูปที่ 3.11 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลจัดคิว 53
รูปที่ 3.12 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลจุดเจาะเลือด 53
รูปที่ 3.13 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลหน่วยงานรังสี 53
รูปที่ 3.14 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลห้องชันสูตรโรค 54
รูปที่ 3.15 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล 54
รูปที่ 3.16 แผนผังสถานะของตัวกระทำผู้ป่วย 55

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.17 การส่งผ่านข้อความระหว่างตัวกระทำ 56
รูปที่ 3.18 หน้าต่างการเข้าทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ 57
รูปที่ 3.19 หน้าต่างแสดงการทำงานหลักของแบบจำลองสถานการณ์ 58
รูปที่ 3.20 หน้าต่างแสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองสถานการณ์ 58
รูปที่ 4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเวลารวมที่ใช้ในระบบของผู้ป่วย 64
รูปที่ 4.2 ผล One-way ANOVA เวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบของ ระบบจริง DES และ ABS 64
รูปที่ 4.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเวลารอคอยรอรับบริการของผู้ป่วย 65
รูปที่ 4.4 ผล One-way ANOVA เวลารอคอยของผู้ป่วยในระบบของ ระบบจริง DES และ ABS 66
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบรูปแบบการแจกแจงข้อมูลระยะเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ ของระบบจริง DES และ ABS 67
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบรูปแบบการแจกแจงข้อมูลเวลารอคอยรวมของผู้ป่วยในระบบ ของระบบจริง DES และ ABS 68
รูปที่ ค.1 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 6.00 – 7.00 น. 95
รูปที่ ค.2 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 7.00 – 8.00 น. 96
รูปที่ ค.3 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 8.00 – 9.00 น. 97
รูปที่ ค.4 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น. 98
รูปที่ ค.5 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. 99
รูปที่ ค.6 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 11.00 – 12.00 น. 100
รูปที่ ค.7 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 12.00 – 13.00 น. 101
รูปที่ ค.8 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 13.00 – 14.00 น. 102
รูปที่ ค.9 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 14.00 – 15.00 น. 103
รูปที่ ค.10 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 15.00 – 16.00 น. 104
รูปที่ ค.11 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการงานประกันสุขภาพ 105
รูปที่ ค.12 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการจุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน 106
รูปที่ ค.13 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการงานซักประวัติผู้ป่วย 107
รูปที่ ค.14 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไป 108
รูปที่ ค.15 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ 109
รูปที่ ค.16 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการหน่วยงานรังสี 110
รูปที่ ค.17 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการจุดเจาะเลือด 111
รูปที่ ค.18 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการหน่วยชันสูตรโรค 112
รูปที่ ค.19 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการจุดประสานงานส่งต่อผล Lab 113
รูปที่ ค.20 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการการจ่ายยา 114

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดูแลสุขภาพ (Healthcare) เป็นหนึ่งในเรื่องที่สำคัญที่สุดของสังคมมนุษย์ คุณภาพชีวิตของประชาชนขึ้นโดยตรงกับสิ่งนี้ (David. et.al. 2010 : 145-166) ปัจจุบันประชาชนหันมาให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น ความต้องการเข้ารับบริการในโรงพยาบาลและสถานบริการสุขภาพจึงมีมากขึ้นตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้โรงพยาบาลมีความจำเป็นที่จะต้องบริหารทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อรองรับกับความต้องการในการใช้บริการที่เพิ่มมากขึ้น

วิธีการหนึ่งในการช่วยจัดการและวางแผนทรัพยากรที่มีอยู่ภายในโรงพยาบาลให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อกระบวนการทำงาน เพื่อให้สามารนำไปปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในระบบมากยิ่งขึ้น การจำลองสถานการณ์ถูกใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในระบบอุตสาหกรรม ระบบให้บริการต่างๆ

ปัญหาหนึ่งของการจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมหรือที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันคือ ภาษาการจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมไม่ได้ให้ความสำคัญกับการสร้างแบบจำลองโครงสร้างการควบคุมต่างๆ เช่น พฤติกรรมของมนุษย์ ระบบที่รับผิดชอบในการวางแผนและควบคุม กิจกรรมและการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมที่เกิดขึ้น (D.J. van der zee. 2006 : 155-167) ข้อผิดพลาดสำคัญที่เกิดขึ้นของการพยากรณ์การทำงานในการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตส่วนใหญ่เกิดมาจากการขาดตัวแทนที่แสดงถึงพฤติกรรมมนุษย์ในแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งอาจมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างแบบจำลองของความสัมพันธ์ร่วมระหว่างการทำงานของบุคคลและปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน ในระบบบริการสุขภาพบางครั้งอาจมีความจำเป็นมากกว่าในระบบการผลิต เช่น ความจำเป็นด้านการใช้ดุลยพินิจของมนุษย์ การติดต่อและปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาถึงพฤติกรรมของมนุษย์ (Baines. et.al. 2004 : 515-526)

Discrete Event Simulation (DES), System Dynamics (SD) และ Agent-Based Simulation (ABS) เป็นสามวิธีการหลักที่ถูกนำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ในระบบสถานบริการสุขภาพในปัจจุบัน (Paula and Pidd. 2011) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในสถานบริการสุขภาพด้วยวิธีการ Discrete Event Simulation จะมีข้อจำกัดคือ 1.ส่วนใหญ่มักจะมุ่งเน้นไปที่โครงสร้างของงานมากกว่าพฤติกรรมของบุคคลที่ปฏิบัติงาน 2.ปัจจัยทางสรีรวิทยาและสิ่งแวดล้อม เช่น อายุ เวลาของวัน อุณหภูมิ ฯลฯ มักจะอยู่นอกเหนือการควบคุมของแบบจำลอง 3.กระบวนการสร้างการตัดสินใจ มีการรวมกันของแนวทางที่มีความแตกต่างกัน ตั้งแต่กฎการการสร้างการตัดสินใจพื้นฐานไปจนถึงกฎที่ช่วยในการประเมินผลของกลยุทธ์ที่มีความแตกต่าง โดยเชื่อมโยงแบบจำลองเข้ากับระบบที่มีความเชี่ยวชาญ 4.ปัจจัยทางจิตวิทยาของมนุษย์ เช่น แรงจูงใจ รวมทั้งอารมณ์ ความรู้ความเข้าใจ และสถานะทางสังคม (Garnett and Bedford. 2004)

วิธีการ Agent-Based Simulation และ System Dynamics ใช้มุมมองที่แตกต่างกันในการสร้างแบบจำลองของระบบ โดย Agent-Based Simulation จะมีการออกแบบแบบจำลองโดยมีลักษณะล่างขึ้นบน (bottom-up) คือ สร้างแบบจำลองระบบโดยสร้างรูปแบบของแต่ละหน่วยงานอิสระที่ประกอบด้วยระบบและการมีปฏิสัมพันธ์ของแต่ละหน่วยงาน ในขณะที่ System Dynamics จะมีการออกแบบแบบจำลองโดยมีลักษณะบนลงล่าง (top-down) คือ สร้างแบบจำลองระบบโดยสร้างเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญแล้วย่อยลงไปในระดับล่าง และปฏิสัมพันธ์ของส่วนประกอบหลัก (Macal. 2010)

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) เป็นเทคนิคการสร้างแบบจำลองแบบใหม่ที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการจำลองสถานการณ์ของระบบที่มีความซับซ้อน โดยประกอบด้วยตัวกระทำที่เป็นอิสระและปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวกระทำ ตัวกระทำจะมีพฤติกรรมของตนเองซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกฎอย่างง่าย ตัวกระทำจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและมีอิทธิพลต่อกันและกัน สามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ และสามารถปรับพฤติกรรมของตนเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมได้ (Macal. 2010) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีผลกระทบอย่างมากสำหรับธุรกิจที่ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการสนับสนุนการสร้างการตัดสินใจและนักวิจัยในห้องทดลองอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้สนับสนุนงานวิจัย ความก้าวหน้าด้านการคำนวณทำให้มีการเติบโตของการใช้งานด้วยวิธีการตัวกระทำในหลากหลายสาขา เช่น การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของตัวกระทำในตลาดหุ้นและห่วงโซ่อุปทาน การคำนวณการแพร่กระจายของโรคระบาดและการคุกคามของสงครามชีวะภาพ รวมถึงการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของผู้บริโภคเพื่อให้เข้าใจถึงการล่มสลายของอารยธรรมโบราณ (Macal and North. 2005 : 895-903)

การสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการตัวกระทำถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากปัจจุบันโลกมีความซับซ้อนมากขึ้น เหตุผลประการแรกคือ ระบบที่ต้องการจะวิเคราะห์และออกแบบมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งหมายความว่าเครื่องมือการสร้างแบบจำลองแบบดั้งเดิมไม่มีความเหมาะสมเพียงพออย่างที่เคยเป็น ประการที่สองคือ ในบางระบบที่มีความซับซ้อนมากและยากที่จะสร้างแบบจำลองได้อย่างเพียงพอสามารถเริ่มต้นด้วยการใช้มุมมองที่มีความสมจริงมากยิ่งขึ้นของระบบเหล่านี้ผ่านทางวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-based modeling and simulation: ABMS) ประการที่สามคือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลในลักษณะที่เป็นข้อมูลขนาดเล็กๆ โดยข้อมูลขนาดเล็กนี้จะสามารถสนับสนุนการจำลองสถานการณ์ขนาดเล็กได้ทันที และประการที่สี่และมีความสำคัญที่สุดคือความสามารถในการคำนวณจะมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยสามารถคำนวณแบบจำลองสถานการณ์ขนาดใหญ่ที่ไม่ได้รับความเชื่อถือในไม่กี่ปีที่ผ่านมา ข้อสังเกตเหล่านี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือการสร้างแบบจำลองแบบดั้งเดิมไม่มีความเพียงพอในการใช้งาน และจำเป็นที่จะต้องค้นหาวิธีการใหม่ๆที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบัน (Macal and North. 2005 : 895-903)

จะเห็นได้ว่าในระบบที่มีความซับซ้อนและมีพฤติกรรมของมนุษย์มาเกี่ยวข้อง การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำจะเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่ควรได้รับการพิจารณาเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสม ความสมจริงในการจำลองสถานการณ์ และเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 นำเสนอแนวคิดการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

1.2.2 เปรียบเทียบความสมจริงของแบบจำลองสถาการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation)

1.2.3 นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ในสถานพยาบาลสุขภาพ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ครอบคลุมถึงการศึกษากรอบความคิดในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ และนำกรอบความคิดและแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลสุขภาพ พร้อมทั้งตรวจสอบความสมจริงของแบบจำลองสถานการณ์

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

กรอบแนวคิดในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 1.1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในระบบสถานพยาบาลสุขภาพและแผนกผู้ป่วยนอก

1.4.2 ศึกษาแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพในระบบการให้บริการ

1.4.3 ศึกษาวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำและวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง

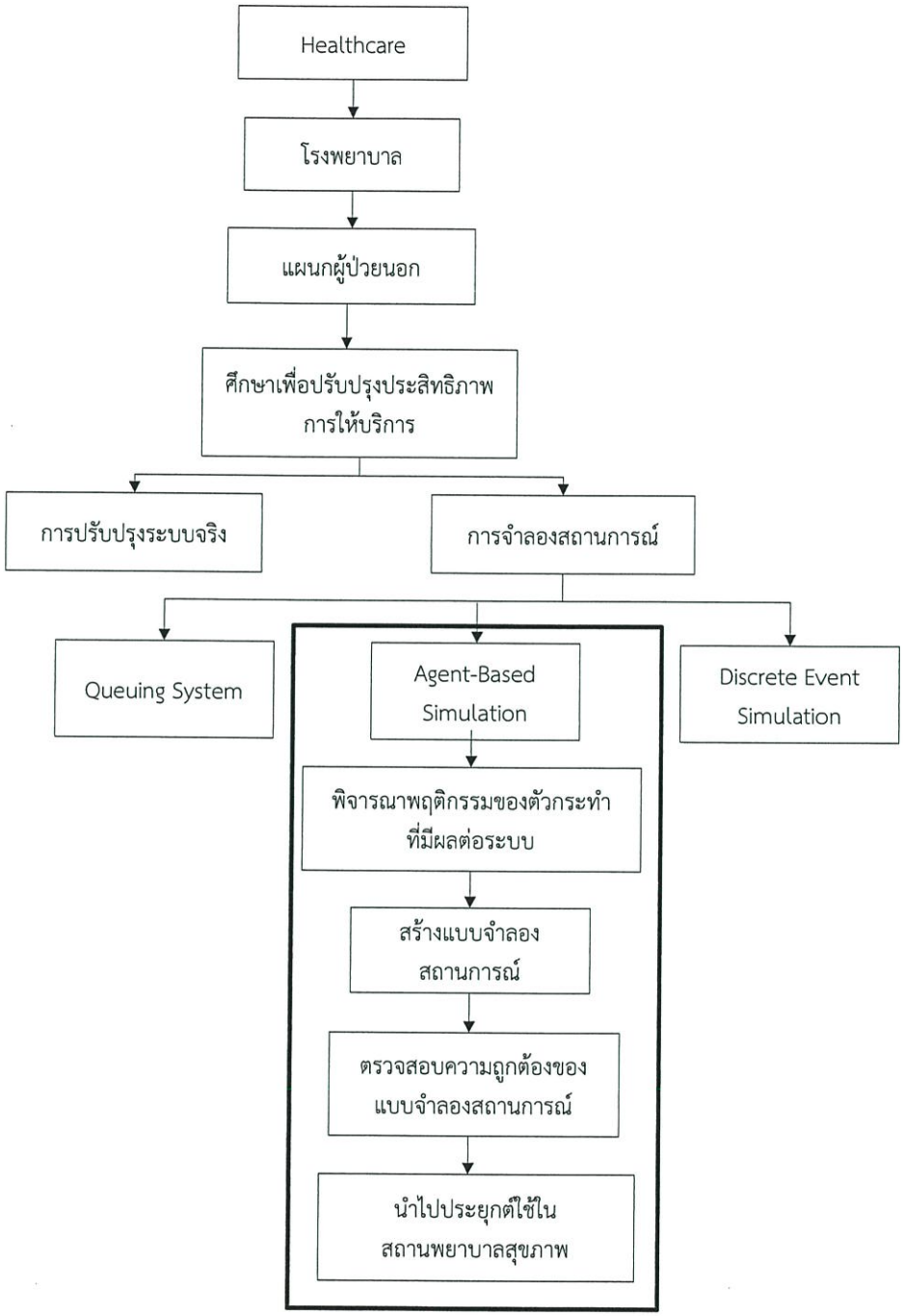
1.4.4 นำเสนอแนวคิดวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

1.4.5 พิจารณาพฤติกรรมของตัวกระทำที่มีผลต่อระบบ

1.4.6 สร้างแบบจำลองสถานการณ์

1.4.7 ตรวจสอบความถูกต้องของแบจำลองสถานการณ์ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธี

1.4.8 ประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลสุขภาพ



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง แนวคิด ทฤษฎี และการทบทวนวรรณกรรมจากตำรา บทความ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระบบบริการผู้ป่วยนอก เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

1. สถานบริการสุขภาพ และระบบบริการผู้ป่วยนอก
2. ทฤษฎีแถวคอย
3. การวิเคราะห์ระบบแถวคอย
4. การศึกษาการจำลองสถานการณ์
5. การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation)
6. การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation)
7. การตรวจสอบความถูกต้องและความเหมือนจริงของแบบจำลอง

2.1 สถานบริการสุขภาพและระบบบริการผู้ป่วยนอก

สถานบริการสุขภาพเป็นหนึ่งในองค์กรที่ให้บริการทางด้านสุขภาพที่มีความสำคัญ โรงพยาบาลเป็นหนึ่งในสถานบริการสุขภาพที่มีความสำคัญในการให้บริการรักษาพยาบาลแก่ผู้ป่วยที่ได้รับความทุกข์ทรมานจากการเจ็บป่วยที่เกิดจากอาการต่างๆ และยังมุ่งเน้นการส่งเสริม ป้องกัน รักษา และฟื้นฟูภาวะความเจ็บป่วย หรือโรคต่างๆ ทั้งทางร่างกายและทางจิตใจ นับว่าเป็นองค์กรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตประชากรเป็นอย่างมาก (สถิตย์ และ สมบัติ. 2553)

2.1.1 กระบวนการในระบบบริการผู้ป่วยนอก

ระบบบริการผู้ป่วยนอก ประกอบด้วย 4 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการคัดกรอง กระบวนการเวชระเบียน กระบวนการตรวจสอบสิทธิ กระบวนการบริการตรวจรักษาผู้ป่วยนอก (สำนักการแพทย์. 2554) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการคัดกรอง คัดแยก (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที) ผู้รับผิดชอบ พยาบาลวิชาชีพ ทำหน้าที่ประเมินสภาวะผู้ป่วยเบื้องต้น ตามเกณฑ์มาตรฐานการประเมินสภาวะอาการ เพื่อคัดแยก และส่งผู้ป่วยเข้ารับการตรวจรักษา ดังนี้

1.1 ผู้ป่วยอาการฉุกเฉินมาก ส่งไปหน่วยงานอุบัติเหตุและฉุกเฉิน (ER) เพื่อรับการตรวจรักษาให้การช่วยเหลือทันที

1.2 ผู้ป่วยอาการเร่งด่วน ส่งไปหน่วยงานอุบัติเหตุและฉุกเฉิน เพื่อรับการตรวจรักษา ภายใน 15 – 30 นาที

1.3 ผู้ป่วยทั่วไป ส่งไปหน่วยงานเวชระเบียนตามช่องทางด่วน (Fast track) ต่างๆ เพื่อลงทะเบียน ได้แก่ ผู้ป่วยอาการไม่เร่งด่วน (ตรวจรักษา 30 – 60 นาที) หรือ ผู้ป่วยมีใบนัดตรวจ หรือผู้ป่วยทั่วไป

(Walk in) พยาบาลประเมินอาการแล้วให้ติดต่อหน่วยงานเวชระเบียน จึงส่งไปรอที่ห้องตรวจผู้ป่วยนอกแผนกต่างๆ เช่น แผนกสูตินรีเวชกรรม แผนกศัลยกรรม แผนกอายุรกรรม แผนกศัลยกรรมกระดูก แผนกจักษุ แผนกโสตศอนาสิก หรือหน่วยงานกายภาพบำบัด และผู้ป่วยมีใบนัดเจาะเลือด หรือ นัดตรวจพิเศษ เช่น ถ่ายภาพรังสี ตรวจCT ตรวจ Mammogram ตรวจ Ultrasound หรือตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (EKG) เมื่อติดต่อหน่วยงานเวชระเบียนแล้ว ไปที่ห้องตรวจเพื่อรับการตรวจได้เลย ในรายที่ไม่มีต้นสังกัด ชำระเงินสดไปชำระเงินที่ห้องเก็บเงินก่อนการตรวจ

2. กระบวนการเวชระเบียน (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที) มีช่องทางด่วน (Fast tract) ต่างๆ เพื่อบริการที่รวดเร็ว ได้แก่ ข้าราชการสังกัดกรุงเทพมหานคร ผู้สูงอายุ ผู้พิการ การแก้ไขชื่อ สกุล บัตรนัด บัตรเก่า บัตรใหม่ อุบัติเหตุฉุกเฉิน ประกันสังคม โดยมีผู้รับผิดชอบคือ เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล หน่วยงานเวชระเบียน ฝ่ายวิชาการ ทำหน้าที่ทำประวัติ ลงทะเบียนเป็นผู้ป่วยของโรงพยาบาลและค้นเวชระเบียนทุกราย ทั้งผู้ป่วยใหม่ ผู้ป่วยเก่า รวมทั้งการตรวจสอบสิทธิเบื้องต้นตามบัตรประชาชน หรือบัตรสิทธิต่างๆ (บัตรทอง บัตรประกันสังคม บัตรผู้พิการ ฯลฯ) แล้วส่งผู้ป่วยไปห้องตรวจแผนกต่างๆ หากมีปัญหาเรื่องสิทธิ ส่งต่อช่องตรวจสอบสิทธิ

3. กระบวนการตรวจสอบสิทธิ (ใช้เวลาประมาณ 5 – 10 นาที) มีผู้รับผิดชอบคือ เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล ฝ่ายวิชาการ ทำหน้าที่ ตรวจสอบสิทธิผู้ป่วยตามเอกสารหลักฐาน ได้แก่ บัตรประชาชน หรือบัตรที่ราชการออกให้ บัตรต้นสังกัด บัตรทอง บัตรประกันสังคม พรบ. บัตรต่างด้าว ใบสูติบัตร บัตรผู้พิการ โดยใช้เลขประจำตัว 13 หลัก เป็นมาตรฐานการสืบค้นทางสารสนเทศ และทำการรับรองสิทธิ ทั้งผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน ตลอดจนผู้ป่วยส่งต่อที่อื่น (Refer)

4. กระบวนการบริการตรวจรักษาผู้ป่วยนอก (รับประกันเวลารอคอย ไม่เกิน 60 นาที) ผู้รับผิดชอบคือ กลุ่มงานผู้ป่วยนอก ทำหน้าที่ บริการตรวจรักษาโรค ทำหัตถการ ให้คำปรึกษา แนะนำ ส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ ส่งตรวจพิเศษเพิ่มเติมเพื่อช่วยวินิจฉัยโรค ส่งต่อสถาบันอื่นที่เชี่ยวชาญกว่า รับเป็นผู้ป่วยใน รับยากลับบ้าน นัดตรวจติดตามผลการรักษา โดยมีกระบวนการปฏิบัติงาน ดังนี้

4.1. ประเมินอาการ สภาวะผู้ป่วยก่อนพบแพทย์ หากมีภาวะฉุกเฉิน หรือเร่งด่วน รีบนำส่งหน่วยงานอุบัติเหตุและฉุกเฉิน

4.2. วัดสัญญาณชีพ (Vital signs) ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง

4.3. ซักประวัติ อาการที่มาพบแพทย์

4.4. บันทึกข้อมูลการประเมินอาการเบื้องต้น ประวัติการเจ็บป่วยและสัญญาณชีพ

4.5. ติดตามผลการตรวจทางรังสีหรือผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ หรือประวัติอื่นๆจากการตรวจในครั้งที่แล้ว

4.6. จัดคิวห้องตรวจตามลำดับก่อนหลัง ผู้ป่วยที่มีอาการเปลี่ยนแปลงเสี่ยงต่อภาวะฉุกเฉินจะได้รับการช่วยเหลือปฐมพยาบาล สังเกตอาการ และจัดให้พบแพทย์ตรวจรักษาอย่างรวดเร็ว

4.7. แพทย์ตรวจวินิจฉัยและสั่งการรักษา พยาลวิชาชีพตรวจสอบคำสั่งการรักษาและปฏิบัติตามให้ครบถ้วน ได้แก่ ส่งห้องสังเกตอาการ ทำหัตถการ ทำแผล ฉีดยา รับเป็นผู้ป่วยใน (ส่งศูนย์ Admit) ผู้ป่วยระบบส่งต่อ (ส่งศูนย์ Refer) ส่งผู้ป่วยตรวจต่างแผนก ให้คำแนะนำ จัดเตรียมประวัติส่งตรวจและส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการหรือส่งตรวจรังสีวินิจฉัยตามคำสั่งแพทย์

8. ส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการหรือส่งตรวจทางรังสีวินิจฉัย ตรวจสอบใบคำร้องขอตรวจ ตรวจสอบการใช้สิทธิ นำส่งผู้ป่วย

9. นัดตรวจครั้งต่อไป ให้คำแนะนำ ชำระเงิน รับยากลับบ้าน

2.1.2 แนวทางการจัดลำดับช่องทางด่วน (Fast Tract)

แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา ได้กำหนดแนวทางการจัดลำดับความเร่งด่วนของผู้ป่วยที่เข้ามารับบริการ โดยจะมีช่องทางเร่งด่วนเพื่อให้บริการแก่ผู้ป่วยที่มีอาการตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ได้เข้ารับการรักษาและพบแพทย์ก่อนผู้ป่วยอาการอื่นๆ ซึ่งได้แก่ผู้ป่วยที่มีอาการดังต่อไปนี้

1. เด็กอายุ 0-5 ปี ที่มีไข้มากกว่า 38.5 $^{\circ}$C หรือมีอาการร้องกวน งอแงมาก

2. ผู้ป่วยโรคติดต่อต่างๆที่มีโอกาสแพร่กระจายเชื้อโรค เช่น ตาแดง อีสุกอีใส หัด คางทูม

3. ผู้ป่วยความดันโลหิตสูง > 160/100 มม.ปรอท หรือสัญญาณชีพผิดปกติ เสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อน

4. ผู้ป่วย สมณะเพศ (พระภิกษุ, แม่ชี)

5. ผู้ป่วยจิตเวช, ผู้ป่วยที่มีประวัติลมชัก

6. ผู้ป่วยที่มีค่าผลเลือดวิกฤติแต่ยังไม่มีอาการแทรกซ้อน

7. ผู้ป่วยสูงอายุที่มีอายุมากกว่า 70 ปีขึ้นไป ผู้ป่วยพิการ ทุพพลภาพ

8. ผู้ป่วยที่มีใบส่งตัวมาจากสถานีอนามัย

9. ญาติสายตรงเจ้าหน้าที่

2.2 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory)

2.2.1 ระบบแถวคอย (Papadopoulos et al. 1993 ; Jeffrey and James. 2000)

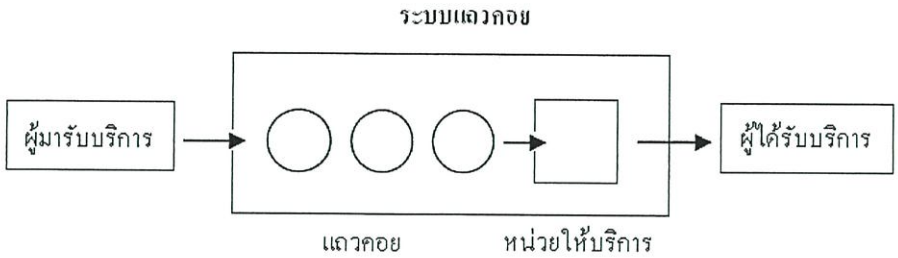
ระบบแถวคอย (Queuing System) มีต้นกำเนิดมาจากนาย A.K. Erlang วิศวกรบริษัทเดินสายโทรศัพท์ชาวเดนมาร์ก ตั้งแต่ปี ค.ศ.1908 โดยได้ศึกษาถึงวิธีในการแก้ปัญหาความคับคั่งของคู่สายโทรศัพท์ที่ให้บริการโดยบริษัท Copenhagen Telephone Company รวมถึงได้พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถจัดการเวลาการรอสายของคู่สายได้อย่างเหมาะสม หลังจากนั้นทฤษฎีแถวคอยได้ถูกนำมาใช้ในหลากหลายวงการอย่างแพร่หลาย ทั้งในอุตสาหกรรมการผลิต ไปจนถึงธุรกิจการขายและการให้บริการ เช่นในร้านอาหาร โรงแรม ซุปเปอร์มาร์เก็ต หรือปั๊มน้ำมัน เป็นต้น

ระบบแถวคอยโดยทั่วไปจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

1. ลูกค้า (Customer) หรือผู้เข้ารับบริการ ซึ่งต้องการเข้ารับบริการ โดยอาจจะเป็นคน เช่น คนที่เข้าแถวรอซื้อตั๋วชมภาพยนต์ หรือเป็นวัตถุ เช่น เครื่องบินที่รอขึ้นบิน สินค้าที่วิ่งเข้าสายการผลิต เป็นต้น

2. ผู้ให้บริการ (Server) อาจจะเป็นคน หรือเป็นวัตถุก็ได้ เช่นเจ้าหน้าที่ประจำช่องให้บริการในธนาคาร เครื่องจักรในสายการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

3. แถวคอย (Waiting Line or Queue) เป็นกลุ่มของลูกค้าที่อยู่ระหว่างการรอคอยเข้าใช้บริการ



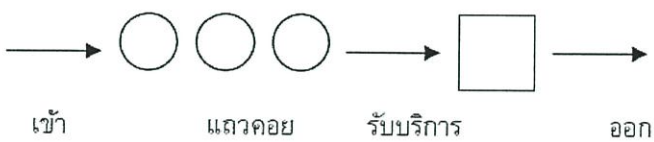
รูปที่ 2.1 โครงสร้างระบบแถวคอย

เป้าหมายของการใช้ทฤษฎีแถวคอยคือ เพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการ และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดการ เมื่อมองในด้านของเศรษฐศาสตร์หากพิจารณาระบบแถวคอยใดๆ จะพบว่ามีต้นทุนเกิดขึ้น 2 ส่วนคือ ต้นทุนของลูกค้าในส่วนของค่าเสียโอกาสในการรอคอยอยู่ในแถวคอย และต้นทุนของผู้ให้บริการในส่วนของค่าเสียโอกาสในช่วงที่มีผู้ให้บริการที่ว่างอยู่ ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบแถวคอยก็เพื่อพยายามลดต้นทุนทั้งสองส่วนนี้ให้ต่ำที่สุด ระบบจึงเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.2.2 รูปแบบของแถวคอย (System Configuration)

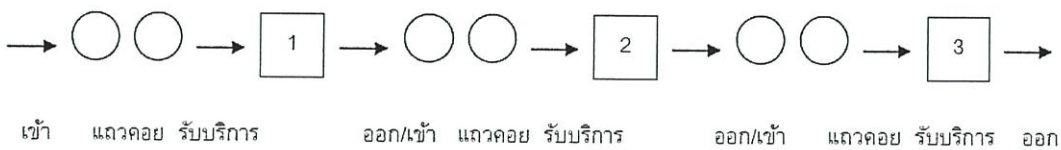
การให้บริการในระบบแถวคอยสามารถจัดได้ในหลากหลายรูปแบบ คือ

1. กรณีมีแถวคอยอยู่เพียง 1 แถว และมีหน่วยให้บริการ 1 หน่วย (Single-channel and Single-phase System) เป็นระบบ Single Queue Single Server



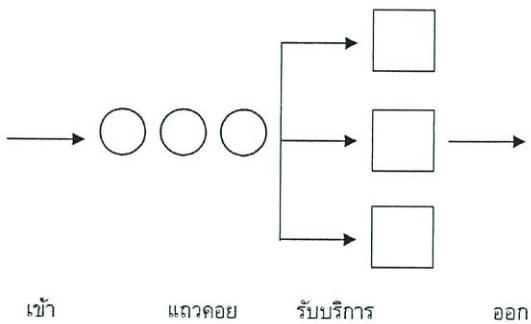
รูปที่ 2.2 ลักษณะของแถวคอยแบบ Single Queue Single Server

2. กรณีมีแถวคอยอยู่เพียง 1 แถว แต่การให้บริการมีหลายขั้นตอน (Single-channel and Multiphase System) มีการเข้ามาของลูกค้า มีการให้บริการหลายขั้นตอน เช่นระบบแถวคอยแบบอนุกรม (Serial Queue)



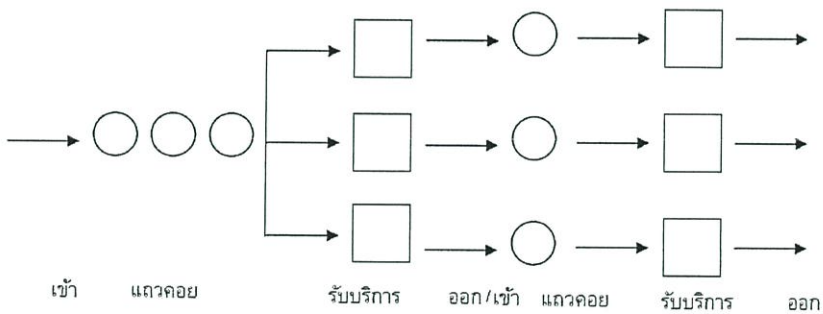
รูปที่ 2.3 ลักษณะของแถวคอยแบบ Serial Queue

3. กรณีมีแถวคอยอยู่เพียง 1 แถว แต่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย และแต่ละหน่วยทำหน้าที่อย่างเดียวกัน (Multi-channel and Single-phase System) หรือ Single Queue Multiple Server



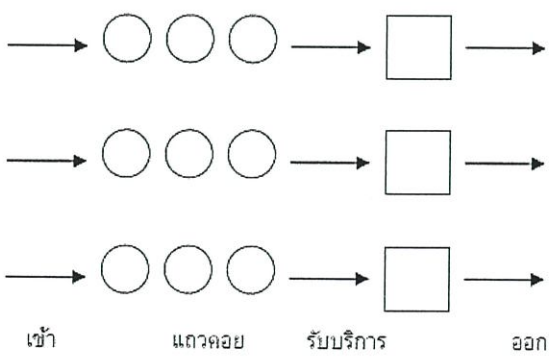
รูปที่ 2.4 ลักษณะของแถวคอยแบบ Single Queue Multiple Server

4. กรณีมีแถวคอย 1 แถว การให้บริการมีหลายขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย



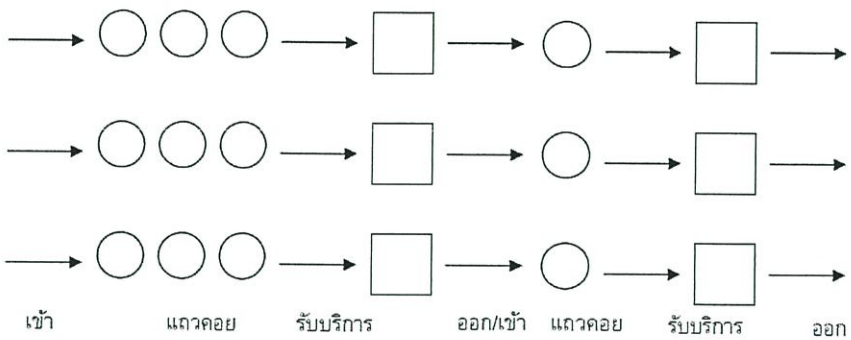
รูปที่ 2.5 แถวคอย 1 แถว การให้บริการมีหลายขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย

5. กรณีมีแถวคอยหลายแถว และมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย



รูปที่ 2.6 แถวคอยหลายแถว และมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย

6. กรณีมีแถวคอยอยู่หลายแถว และการให้บริการมีหลายขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย



รูปที่ 2.7 แถวคอยหลายแถว การให้บริการมีหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย

2.2.3 ลักษณะเฉพาะของแถวคอย (Queue Characteristics)

โดยปกติลักษณะของการเคลื่อนที่ของลูกค้าในแถวคอยจะมีระเบียบการให้บริการได้หลายลักษณะ เรียกว่า Queue Discipline ดังนี้

1. First Come, First Served (FCFS) ลูกค้าที่เข้ามาในแถวคอยก่อน จะได้รับบริการก่อน นั่นคือบริการเรียงลำดับตามเวลาที่เข้ารับบริการ ถือเป็นลักษณะที่พบได้บ่อยที่สุด
2. Last Come, First Served (LCFS) ลูกค้าที่เข้ามาในแถวคอยคนล่าสุดจะได้รับบริการก่อน เช่นจานที่วางเรียงกันเพื่อจะทำความสะอาด เราหยิบจานใบบนสุด (ซึ่งเข้ามาในแถวคอยหลังสุด)
3. Priority Served (PS) มีระบบการคัดเลือกผู้ที่จะได้สิทธิ์เข้ารับบริการก่อน เป็นการจัดลูกค้าตามความสำคัญหรือจัดงานตามความเร่งด่วน เช่นการบริการในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล ผู้ที่มีอาการหนักกว่าจะได้รับการดูแลก่อน
4. Shortest Job First (SJF) เรียงลำดับตามระยะเวลาในการทำงาน งานที่ใช้เวลาทำงานน้อยที่สุดจะออกก่อน
5. Random Served (RS) เป็นการให้บริการแบบสุ่ม เช่นการขึ้นรถโดยสารประจำทาง

2.2.4 ลักษณะเฉพาะของลูกค้า (Customer Characteristics)

กระบวนการที่ลูกค้าเข้ามาในระบบเรียกว่า Arrival Process ซึ่งลักษณะการเข้ามาในระบบของลูกค้านั้นมีหลายรูปแบบ โดยอาจเป็นแบบสุ่มไม่แน่นอน (Probabilistic) หรือเป็นแบบทราบล่วงหน้า (Deterministic) อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้ว จะพบว่าการเข้ามารับบริการของลูกค้า จะมีลักษณะการเข้ามาในระบบที่ไม่แน่นอน โดยที่สามารถทำนายได้เพียงความน่าจะเป็นที่จะมีการเข้ามาในระบบของลูกค้าภายในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆเท่านั้น

ลักษณะ Arrival Process ที่พบบ่อยที่สุด และมักจะเป็นลักษณะที่นำมาใช้เป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยเรียกว่า Poisson Process ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. ลูกค้าเข้ามาในระบบทีละคน โดยที่การเข้าในแต่ละครั้งไม่มีความเกี่ยวข้องกัน และเป็นแบบสุ่ม

2. การเข้ามาในระบบของลูกค้าคนก่อน ไม่มีอิทธิพลต่อการเข้ามาของลูกค้าคนต่อไป

3. ความน่าจะเป็นของการเข้ามาในระบบแต่ละครั้งไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (กรณี Stationary Poisson)

4. ค่าเฉลี่ยของอัตราการเข้ามาในระบบ (Mean Arrival Rate) จะแทนด้วย λ มีหน่วยเป็น Customers per Unit Time โดยค่าความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเข้ามาในระบบ คือ

$$P(y) = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^y}{y!} \qquad (2.1)$$

โดยที่ y = 0,1,..., t ≥ 0 และ e = 2.71828...

ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเข้ามาของลูกค้าแต่ละคน (Inter-arrival Time) แทนด้วย $1/\lambda$ โดยใน Poisson Arrival Process ระยะเวลาระหว่างการเข้ามาของลูกค้าแต่ละคนจะมีการแจกแจงแบบ Exponential Distribution

Calling Population หมายถึงกลุ่มของผู้ที่มีโอกาสจะเข้ามาเป็นลูกค้าในระบบ โดยปกติมี 2 ประเภท คือ Finite Calling Population หมายถึงกลุ่มของผู้ที่มีโอกาสจะเข้ามาในระบบมีจำนวนที่นับได้ เช่น การเปิดรับลงทะเบียนของนักศึกษา นักศึกษาที่มีสิทธิลงทะเบียนมีจำนวนที่แน่นอนนับได้ ส่วน Infinite Calling Population หมายถึงกลุ่มของผู้ที่มีโอกาสจะเข้ามาในระบบมีจำนวนมากมายไม่สามารถทราบจำนวนได้ เช่น คนที่จะเดินเข้ามาในซุปเปอร์มาเก็ต

2.2.5 ลักษณะเฉพาะของผู้ให้บริการ (Service Characteristics)

เช่นเดียวกับระบบการเข้ามาของลูกค้า ระยะเวลาในการให้บริการของผู้ให้บริการก็อาจจะเป็นแบบกำหนดได้แน่นอน (Deterministic) เช่น การทำงานของเครื่องจักรในสายการผลิต หรือเป็นแบบไม่แน่นอน (Probabilistic) เช่นการให้บริการของช่องให้บริการในธนาคาร โดยที่อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ย Mean Service Rate แทนด้วย μ มีหน่วยเป็น Number of Customers Served per Unit Time และระยะเวลาการให้บริการโดยเฉลี่ย Average Service Time แทนด้วย $1/\mu$

อัตราการให้บริการจะมีการกระจายตัวได้หลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบแถวคอย ลักษณะของอัตราการให้บริการที่พบได้บ่อยคือแบบ Exponential Distribution โดยที่มีค่าความน่าจะเป็นของการให้บริการเป็นดังนี้

$$P(t) = \mu e^{-\mu t} \qquad (2.2)$$

โดยที่ t ≥ 0 และ e = 2.71828...

นอกจากนี้ การแจกแจงของการให้บริการยังเป็นไปได้หลายรูปแบบ เช่น แบบ Erlang แบบ Constant แบบ Normal เป็นต้น

2.3 การวิเคราะห์ระบบแถวคอย

แบบจำลองแถวคอยถูกสร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบสถานการณ์จริง โดยมีความมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบคุณภาพของการได้รับบริการของลูกค้า อัตราการทำงานของผู้ให้บริการ โดยมีการวัดคุณสมบัติต่างๆของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้น คุณสมบัติของแบบจำลอง (Operating Characteristics) และสัญลักษณ์ที่นิยมใช้ คือ

L_q = จำนวนลูกค้าที่อยู่ในแถวคอยโดยเฉลี่ย
L = จำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบโดยเฉลี่ย
W_q = ระยะเวลารอคอยในแถวคอยโดยเฉลี่ย
W = ระยะเวลารอคอยในระบบโดยเฉลี่ย
P_o = ความน่าจะเป็นที่ผู้ให้บริการจะว่างอยู่

โดยทั่วไปวิธีการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติต่างๆของระบบแถวคอยประกอบด้วย 2 วิธีการหลักๆ คือ วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Analysis) และ วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation Method)

2.3.1 วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Analysis)

วิธีการทางคณิตศาสตร์เป็นการใช้สูตรทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติต่างๆ ของระบบแถวคอย เพื่อให้เกิดการเข้าใจที่ง่ายขึ้น D.G. Kendall จึงได้พัฒนารูปแบบสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงระบบแถวคอยชนิดต่างๆโดยมีลักษณะดังนี้

A/B/s (2.3)

โดยที่ A หมายถึง รูปแบบการกระจายตัวของการเข้ามาของลูกค้า (Arrival Distribution)
B หมายถึง รูปแบบการกระจายตัวของการให้บริการ (Service Time Distribution)
s หมายถึง จำนวนของผู้ให้บริการ (Number of Service)

ตัวอย่างรูปแบบของแถวคอยที่ง่ายที่สุดคือ M/M/1 หมายถึงแถวคอยที่มีผู้ให้บริการตำแหน่งเดียว มีการกระจายของลูกค้าแบบ Poisson distribution มีการกระจายของการให้บริการแบบ Exponential Distribution แถวคอยลักษณะนี้มีสูตรทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณหาคุณสมบัติต่างๆดังนี้
จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (2.4)$$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \tag{2.5}$$

เวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าแต่ละคนเสียไปในการรับบริการในระบบ

$$W = \frac{1}{\mu-\lambda} \tag{2.6}$$

เวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าแต่ละคนเสียไปในการรออยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \tag{2.7}$$

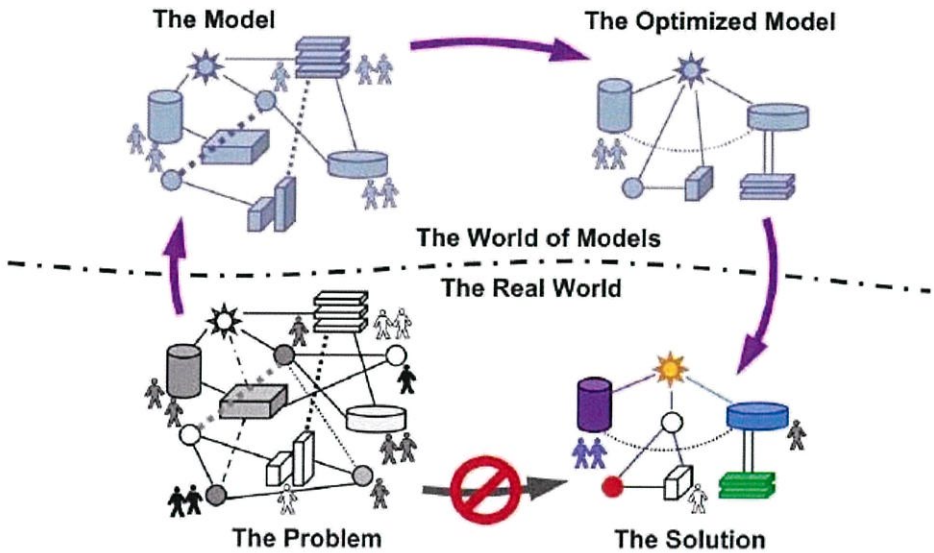
ความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่าง

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \tag{2.8}$$

2.3.2 วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation Method)

วิธีการจำลองสถานการณ์เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อเลียนแบบสถานการณ์จริงของระบบที่ต้องการวิเคราะห์ จากนั้นจึงนำไปทดลองให้แบบจำลองทำงาน ซึ่งอาจใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ เขียนโปรแกรมโดยภาษาทางคอมพิวเตอร์ หรืออาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ วิธีนี้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ที่ได้อาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ของปัญหา แต่จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถมองเห็นภาพรวมของระบบและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระบบได้ ผู้วิเคราะห์สามารถออกแบบทางเลือกของการจัดการระบบแถวคอย แล้ววิเคราะห์ผลที่ได้จากทางเลือกนั้นโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ วิธีนี้มีข้อดีตรงที่สามารถวิเคราะห์ระบบแถวคอยที่มีความซับซ้อนสูงได้เป็นอย่างดีซึ่งมักจะเป็นระบบที่พบได้ในสถานการณ์จริง เช่น ระบบแถวคอยแบบอนุกรม (มงคล วณิชภัคดีเดชา, 2545: 11)

การสร้างแบบจำลองเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง มักจะถูกนำมาใช้เมื่อการสร้างต้นแบบหรือการทดลองกับระบบจริงมีค่าใช้จ่ายที่สูงหรือเป็นไปไม่ได้ที่จะทดลองกับระบบจริง การสร้างแบบจำลองจะช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบก่อนที่จะดำเนินการจริง การสร้างแบบจำลองนั้นจะรวมไปถึงกระบวนการที่เชื่อมโยงปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกความเป็นจริงไปสู่แบบจำลองในโลกของการจำลอง (Borshchev and Filippov. 2004) ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Borshchev A., 2007)

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมของระบบต่างๆมาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต (Kelton, et al., 2003) เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ อาทิเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนการผลิตช้าลง ดังนั้นการจำลองสถานการณ์จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาด หรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่ายและเวลาได้อีกทางด้วย (Maria, 1997)

ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาไปประยุกต์ใช้ได้กับในหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมในโรงงาน การขนส่ง การกระจายสินค้าหรือแม้กระทั่งการให้การบริการทางธุรกิจต่างๆ เช่น ธนาคาร โรงพยาบาล เป็นต้น (Kelton, et al., 2003)

การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบระบบที่มีความซับซ้อน (Kelton, et al., 2007) เมื่อวิธีการพิสูจน์วิเคราะห์อื่นๆไม่สามารถทำได้ จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญด้านการจำลองสถานการณ์ พบว่าสิ่งสำคัญหรือข้อดีของการจำลองสถานการณ์คือมีความสมเหตุสมผลและสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลผลออกมา (Maria, 1997)

2.3.2.1 การแบ่งประเภทของการจำลองสถานการณ์

ในอดีตการจำลองสถานการณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทอย่างกว้างๆ คือ การจำลองสถานการณ์แบบต่อเนื่อง (Continuous Simulation) และการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Simulation) (Raczynski, 2006) Kelton, et al. (2003) ได้นิยามประเภทของการจำลองสถานการณ์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. Static และ Dynamic

- แบบจำลองแบบ Static แสดงถึงรูปแบบของระบบที่เกิดขึ้นในเวลาที่เฉพาะเจาะจง คงที่กับเวลา
- แบบจำลองแบบ Dynamic แสดงถึงรูปแบบของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเวลา โดยการเปลี่ยนแปลงของเวลาจะมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อเหตุการณ์ต่างๆหรือตัวแปรที่กำลังสนใจ

2. Deterministic และ Stochastic

- แบบจำลองแบบ Deterministic คือแบบจำลองสถานการณ์ที่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์และมีการกำหนดเวลาที่แน่นอน
- แบบจำลองแบบ Stochastic คือแบบจำลองสถานการณ์ที่ดำเนินการโดยมีองค์ประกอบแบบสุ่ม หรือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

3. Continuous และ Discrete

- แบบจำลองแบบ Continuous แสดงถึงรูปแบบของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา
- แบบจำลองแบบ Discrete แสดงถึงรูปแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลา

ประเภทของการจำลองสถานการณ์ที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องคือ การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation: ABS) และการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES) โดยที่ DES เป็นตัวแทนของระบบที่ขึ้นกับชุดของลำดับเหตุการณ์โดยที่แต่ละเหตุการณ์ได้เปลี่ยนสถานะของระบบในลำดับเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่แบบจำลอง ABS จะประกอบด้วยจำนวนของตัวกระทำที่เป็นอิสระ (Autonomous) การรวมกันของตัวกระทำตอบสนองและโต้ตอบ การประสานงานและการเจรจาต่อรองในหมู่ตัวกระทำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของพวกเขา การปรากฏขึ้นของวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเป็นอีกเครื่องมือหนึ่ง ที่ช่วยให้ผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ที่ดีขึ้นเมื่อมีการสร้างแบบจำลองที่มีการทำงานร่วมกันของผู้คนในสภาพแวดล้อม หรือการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของมนุษย์ System Dynamic Simulation (SDS) เป็นการจำลองสถานการณ์ชนิดต่อเนื่อง โดยแบบจำลองของ SDS เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ในโลกแห่งความจริงโดยใช้แผนภาพการจัดเก็บและการไหล (Stock and Flow Diagram) แผนภาพเหตุและผล (Causal Loop Diagram) และสมการเชิงอนุพันธ์ (Dubiel and Tsimhoni, 2005)

DES และ ABS มีความสามารถในการจัดการกับแต่ละองค์ประกอบเช่น พฤติกรรมของบุคคลที่เป็นนามธรรมในระดับต่ำ โดยสามารถให้รายละเอียดของปัญหาที่ค่อนข้างมากภายใต้การตรวจสอบ ในทางกลับกัน SDS จะเหมาะสำหรับการออกแบบภาพรวมของนามธรรมในระดับสูง โดยให้รายละเอียดของปัญหา

ที่ค่อนข้างน้อยในการตรวจสอบ รวมทั้งรูปแบบของกลยุทธ์การตัดสินใจภายในองค์กร จำลองพฤติกรรมของบุคคลที่เฉพาะเจาะจงใน SDS เป็นเรื่องยากที่จะดำเนินการและเนื่องจากข้อจำกัดนี้ SDS จึงไม่ได้รับความนิยมในการพิจารณาศึกษาในปัจจุบัน

พฤติกรรมของมนุษย์ (Human Behaviour) สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆได้หลายประเภท ซึ่งสามารถพบได้มากในงานด้านการบริการ ประเภทที่พบมากที่สุดของพฤติกรรมมนุษย์สองประเภทคือ พฤติกรรมเชิงตอบโต้ (Reactive Behaviour) และพฤติกรรมเชิงรุก (Proactive Behaviour) ของตัวกระทำในระบบ พฤติกรรมเชิงตอบโต้คือการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม เช่นการตอบสนองของพนักงานต่อการร้องขอจากลูกค้าเมื่อเขาสามารถทำได้ ในขณะที่พฤติกรรมเชิงรุกจะเกี่ยวข้องกับความคิดริเริ่มส่วนบุคคลในการกำหนดและการแก้ปัญหา

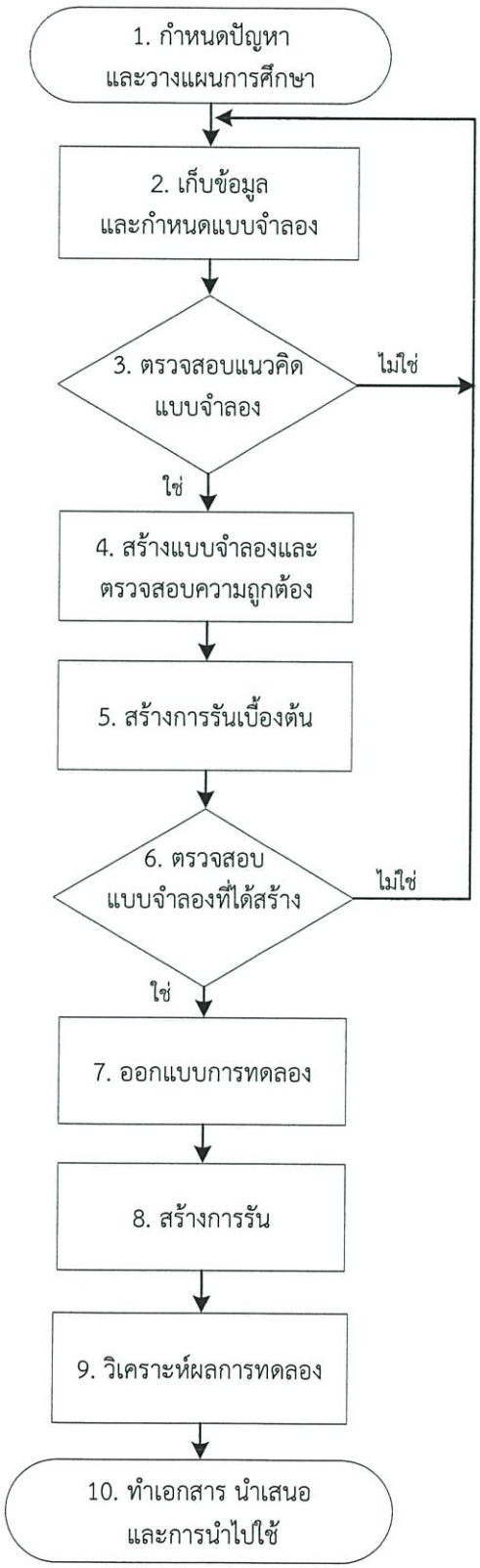
2.4 การศึกษาการจำลองสถานการณ์

2.4.1 ขั้นตอนการศึกษาการจำลองสถานการณ์

ขั้นตอนในการศึกษาการจำลองสถานการณ์อ้างอิงจาก Law and Kelton (2000) รายละเอียดแสดงในรูปที่ 2.9 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหาและวางแผนการศึกษา
2. เก็บข้อมูลและกำหนดแบบจำลอง
3. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองทางความคิด
4. สร้างแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้อง
5. สร้างการรันเบื้องต้น
6. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองที่ได้สร้าง
7. ออกแบบการทดลอง
8. สร้างการรันและผลการทดลอง
9. วิเคราะห์ผลการทดลอง
10. ทำเอกสาร นำเสนอ และนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการศึกษาการจำลองสถานการณ์

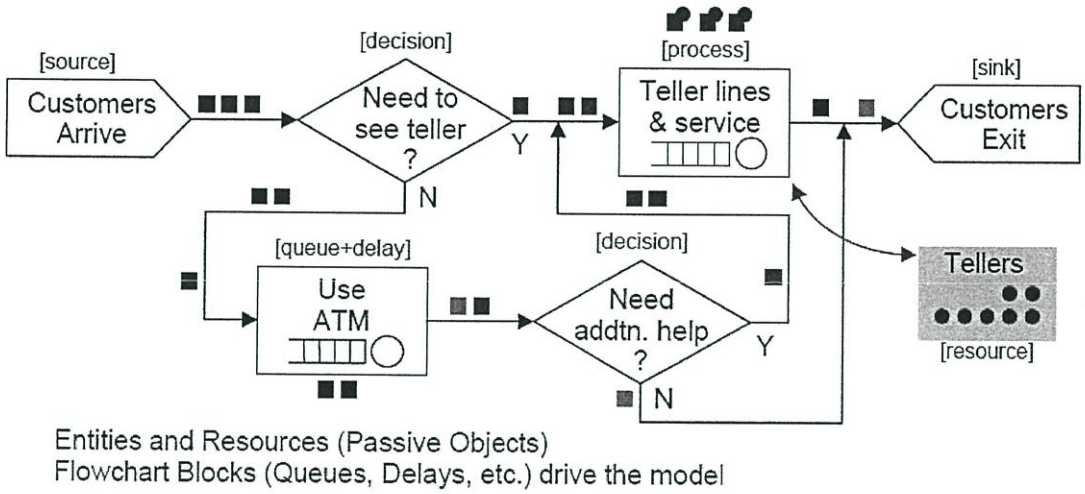
138751

2.5 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation)

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง หรือ Discrete Event Simulation (DES) เป็นการจำลองสถานการณ์โดยอาศัยการเกิดเหตุการณ์ที่เฉพาะเจาะจง เพื่อดำเนินกิจกรรมการจำลองสถานการณ์โดยการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่รูปแบบการทำงานได้ถูกกำหนดไว้ในแบบจำลองสถานการณ์ที่เกิดจากลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทันทีเป็นผลมาจากหลายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรือการเปลี่ยนสถานะภายในระบบ สถานะของระบบถูกกำหนดด้วยตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่าที่ใช้อธิบายระบบได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาใดๆ ซึ่งตัวแปรนี้ถูกเรียกว่า ตัวแปรสถานะ (State variable) โดยในที่นี้ระบบจะอ้างถึงกลุ่มของวัตถุทั้งหมด พร้อมทั้งความสัมพันธ์กับสิ่งอื่นที่อยู่ในกระบวนการจำลองสถานการณ์

ระบบของการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะที่คล้ายกับการดำเนินงานของสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมการเคลื่อนตัวของยานพาหนะและคนเดินเท้าบริเวณทางแยกของถนน การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการนี้เป็นวิธีการทางเลือกที่มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาโครงสร้างการจำลองสถานการณ์ เช่น ระบบสัญญาณไฟจราจร สัญญาณไฟสามารถแสดงหนึ่งในสามสถานะคือ สีแดง สีเหลือง หรือสีเขียว โดยที่จะมีตัวแปรสถานะ คือ สีของหลอดไฟ ที่ถูกเลือกให้เป็นตัวกำหนดสถานะของระบบ ค่าของตัวแปรที่เวลาต่างๆจะเป็นตัวอธิบายเงื่อนไขของหลอดไฟได้อย่างสมบูรณ์ เหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุในการเปลี่ยนสถานะของหลอดไฟ (เช่น การเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง, การเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง หรือการเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว) อาจรวมไปถึงการอนุญาติให้มีการผ่านได้ในบางช่วงเวลา หรือการตรวจจับยานพาหนะจากเซ็นเซอร์ภายนอกเช่น กล้องหรือขดลวดแม่เหล็ก ดังนั้นสถานะของสัญญาณไฟจราจรในการจำลองสถานการณ์จะเปลี่ยนสถานะเมื่อหนึ่งในเหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้น สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสถานะของสัญญาณไฟในการจำลองสถานการณ์

เทคนิคการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องคือผังกระบวนการ (Process Flowchart) ผังกระบวนการจะแสดงให้เห็นถึงการไหลของกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงาน ทรัพยากร และผังกลุ่มงาน เช่น แหล่งกำเนิด การตัดสินใจ คิว และความล่าช้า ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เอนทิตี (เช่น ลูกค้า) ถูกสร้างขึ้นจากแหล่งกำเนิด (Source) และเคลื่อนที่ไปยังกลุ่มงานอื่นๆจนกระทั่งออกจากระบบที่หน่วยงานนำออก (Sink) การจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องใช้วิธีการจากบนลงล่าง (Top-down approach) ในการออกแบบพฤติกรรมของระบบ การสร้างแบบจำลองวิธีนี้ช่วยให้แบบจำลองถูกมองโดยมุมมองของระบบทั้งหมด ซึ่งจะนำไปสู่การเข้าใจในกระบวนการทั้งหมดของระบบ



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างแนวคิดการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Borshchev and Filippov. 2004)

ตัวอย่างที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นของการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง คือ แบบจำลองที่จำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นประจำในแผนกฉุกเฉินของโรงพยาบาล ในแผนกฉุกเฉินผู้ป่วยจะมีเวลาในการมาแบบสุ่มและอาการของโรคที่หลากหลาย พวกเขาต้องการรับบริการที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอาการเจ็บป่วยของแต่ละคน และในแต่ละกิจกรรมจะมีระยะเวลาในการบริการที่แตกต่างกันออกไป ตัวแปรสถานะที่แสดงในระบบนี้อาจประกอบไปด้วยจำนวนผู้ป่วยในหน่วยคัดกรอง จำนวนผู้ป่วยในห้องตรวจ และจำนวนผู้ป่วยที่รอการรักษาในห้องปฏิบัติการหรือห้องฉายรังสี เหตุการณ์ที่กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบเช่น การมาถึงของผู้ป่วยในแผนกฉุกเฉิน การนำออกของผู้ป่วยเมื่อการรักษาเสร็จสิ้น การเสร็จสิ้นของห้องตรวจ การส่งต่อผู้ป่วยจากส่วนอื่นๆของโรงพยาบาล ภายในโครงสร้างการจำลองสถานการณ์คิวงานจะถูกสร้างขึ้นโดยเป็นตัวแทนและจัดตารางเวลาของเหตุการณ์ ตารางเวลาได้มาจากข้อมูลการแจกแจงทางสถิติของการมาและเวลาดำเนินการที่คาดหวังของผู้ป่วยในแต่ละส่วนของแผนกฉุกเฉิน ระยะเวลาหลายวันของแผนกฉุกเฉินสามารถนำมาสร้างในแบบจำลองโดยใช้เวลาที่ไม่นาน เพื่อทำความเข้าใจในประสิทธิภาพและพื้นที่ที่อาจมีปัญหาและมีผลต่อการดูแลผู้ป่วย การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้ในการสำรวจนโยบายการประมวลผลที่แตกต่างกันของผู้ป่วยเพื่อพิจารณาถึงสิ่งที่มีผลกระทบต่อนโยบายโดยรวมของระบบ โครงสร้างการจำลองสถานการณ์จึงกลายมาเป็นเครื่องมือเพื่อตรวจสอบการปรับปรุงกระบวนการ เมื่อไม่สามารถนำไปทดสอบแนวคิดในระบบจริงได้ (Sokoloski. 2009)

Saunders. et al. (1989) ได้พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง ในแผนกฉุกเฉินโดยใช้ภาษา SIMAN โดยพิจารณาในแง่ของบุคคลากรหรือทรัพยากรที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา และมีการกำหนดลำดับความสำคัญของผู้ป่วยไว้ในหลายระดับ ผู้ป่วยแต่ละรายจะถูกมอบหมายให้กับแพทย์และพยาบาลที่กำหนด วิธีการทดสอบ ขั้นตอนการดำเนินงานและคำแนะนำได้ถูกรวบรวมไว้ในงานวิจัยนี้ ในการจำลองสถานการณ์ได้กำหนดปัจจัยนำเข้าคือ จำนวนของแพทย์ จำนวน

พยาบาล จำนวนเตียงรักษา และรอบเวลาในการตรวจเลือดซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างเป็นระบบ เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่มีต่อระบบ กิจกรรมแบบพลวัตของแผนกฉุกเฉินถูกสร้างขึ้นโดยวิธีการการเคลื่อนที่ของผู้ป่วยภายในสถานีหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ในแต่ละสถานีย่อยระยะเวลารอคอยของแต่ละคนจะมีการกระจายแบบสุ่ม โดยการแจกแจงของข้อมูลนำเข้าอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในอดีต และได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองในการประมาณผลลัพธ์ เช่น เวลาในระบบของผู้ป่วย ขนาดของคิว และ อัตราการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร

Arena เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่พัฒนามาจากโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า SIMAN เพื่อช่วยในการจำลองสถานการณ์ และหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาระบบต่างๆ อาทิเช่น การหาแนวทางการปรับปรุงรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน แนวทางในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น โดยทั้งหมดจะเป็นการออกแบบและสร้างโมเดลที่คำนวณมาจากคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น (Kelton, et al., 2003)

2.5.1 ข้อดี-ข้อเสียของ DES

ข้อดีอย่างหนึ่งของ DES เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น เช่น SDS หรือ ABS คือ DES สามารถสร้างแบบจำลองของระบบโดยลำดับของเหตุการณ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการในการผลิตและในงานด้านการบริการ (Siebers et al., 2010) นอกจากนี้ DES ยังมีความสามารถในการทำงานร่วมกับวิธีการจำลองสถานการณ์อื่น ๆ เช่น การจำลองสถานการณ์แบบต่อเนื่อง (Zaigler et al., 2000) และการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเพื่อศึกษาระบบที่มีความซับซ้อน (Darley et al., 2004)

อย่างไรก็ตามพบว่า DES มีความยุ่งยากในการดำเนินการในบางสถานการณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อแบบจำลองมีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของมนุษย์ (Siebers et al., 2008) ซึ่งเป็นการยากในการสร้างการเคลื่อนที่อย่างอิสระหรือรูปแบบการเคลื่อนที่ของมนุษย์ที่มีรายละเอียดมาก เช่น พฤติกรรมของฝูงชน (Brailsford and Stubbins, 2006)

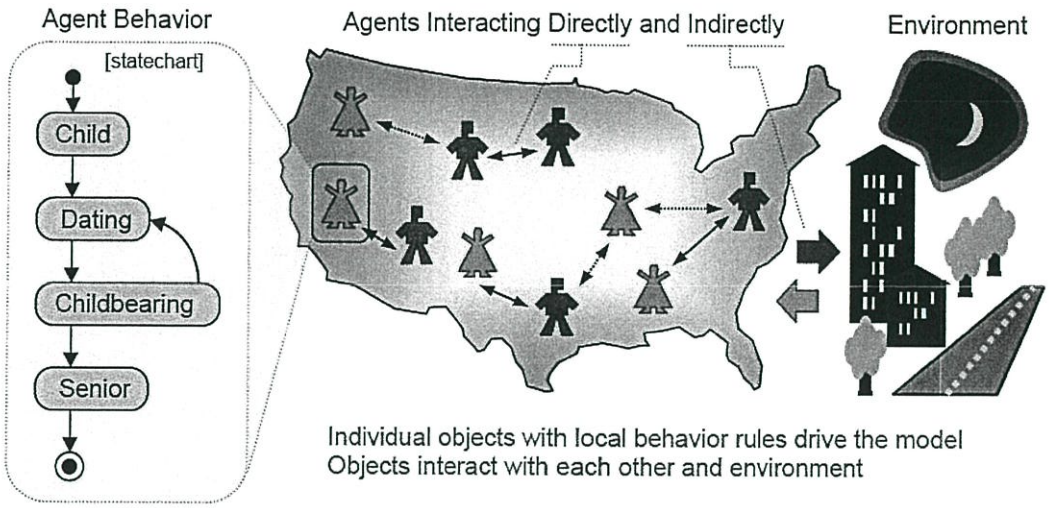
เอนทิตีใน DES จะไม่มีความเป็นอิสระและการเคลื่อนที่ของเอนทิตีจะถูกกำหนดไว้ในระบบ DES ปัญหาเรื่องความไม่เป็นอิสระของเอนทิตีนี้ทำให้ DES เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมน้อยลงเมื่อต้องการนำเสนอพฤติกรรมของมนุษย์ที่มีความซับซ้อน เช่นพฤติกรรมเชิงรุกใน DES โดยมนุษย์มักจะถูกสร้างเป็นทรัพยากรหรือหน่วยงานที่ไม่ตอบโต้ (Passive Entity) หน่วยงานที่ไม่ตอบโต้จะไม่สามารถสร้างเหตุการณ์ที่ดำเนินการแบบพฤติกรรมเชิงรุกได้ ดังนั้นจึงยากที่จะสร้างเหตุการณ์เชิงรุกที่ต้องมีพฤติกรรมที่เป็นอิสระของแต่ละเอนทิตีใน DES (Borshchev และ Filippov, 2004)

โดยสรุปแล้ว DES มีความเหมาะสมสำหรับการสร้างแบบจำลองกระบวนการทำงานของระบบที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทางสถิติที่ขึ้นอยู่กับเวลา เช่น การจัดการห่วงโซ่อุปทาน แต่เมื่อต้องการสร้างแบบจำลองที่มีพฤติกรรมของมนุษย์ที่มีความซับซ้อนมาเกี่ยวข้องจะเป็นการยากในการสร้างแบบจำลอง ดังนั้น DES จึงเป็นเครื่องมือที่ไม่มีความเหมาะสมมากนักสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของมนุษย์ในการใช้งานต่างๆ (Bakken, 2006)

2.6 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation)

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation: ABS) เป็นเทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบใหม่และถูกนำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ที่หลากหลายในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา รวมทั้งมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจในโลกแห่งความจริง (Bonabeau, 2001) การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำถูกรู้จักกันในหลากหลายชื่อ เช่น ระบบตัวกระทำ (Agent-Based System) แบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Modeling and Simulation: ABMs) หรือแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการรายบุคคล (Individual-Based simulation Modeling: IBMs) (Macal and North, 2005) สำหรับงานด้านการวิจัยและการบริหารจัดการมีความเติบโตอย่างรวดเร็วในหลายสาขาที่นำไปประยุกต์ใช้ (Steven. et.al. 2006) ตัวอย่างเช่น ความมั่นคงและความเพิ่มขึ้นอย่างมากของสิ่งตีพิมพ์ทางด้านระบบนิเวศวิทยา โดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการรายบุคคล ที่เริ่มขึ้นในปี 1990 ความเติบโตที่เกิดขึ้นมีแรงผลักดันหลักมาจากความสามารถในการแก้ปัญหาของแบบจำลองนี้ โดยที่รูปแบบของระบบธรรมดาไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามมันยังถูกเร่งด้วยวิวัฒนาการของทฤษฎีและกลยุทธ์สำหรับดำเนินการทางด้านวิทยาศาสตร์ด้วย ABMs และโดยตัวเลขการเติบโตและคุณภาพของซอฟต์แวร์แพลตฟอร์มสำหรับการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (DeAngelis and Mooij, 2005)

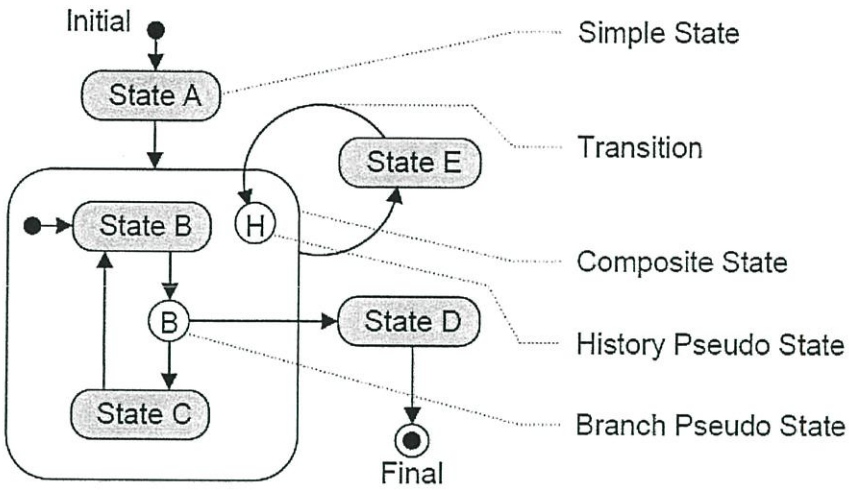
การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำถูกออกแบบบนพื้นฐานสถาปัตยกรรมแบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) โดยใช้แนวคิดแบบหุ่นยนต์ (Robotics) และระบบหลากหลายตัวกระทำ (Multi-Agent Systems) (Macal and North, 2005) ระบบหลายตัวกระทำประกอบด้วยตัวกระทำที่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวกระทำอื่นๆที่อยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน (Wooldridge, 2002) แต่ละตัวกระทำจะมีกลยุทธ์ของตนเองเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ตามโครงสร้างของระบบหลากหลายตัวกระทำ การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำจะมีความสามารถด้านความเป็นอิสระ การตอบโต้พฤติกรรมเชิงรุก และทางด้านสังคม (Jennings et al., 1998) คุณลักษณะต่างๆเหล่านี้ช่วยให้ ABS รับรู้ถึงสภาพแวดล้อมที่ตัวกระทำอาศัยอยู่ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากข้อได้เปรียบนี้ รวมถึงการสร้างการตัดสินใจที่เป็นอิสระและการมีปฏิสัมพันธ์กับตัวกระทำอื่น แบบจำลอง ABS มีลักษณะการทำงานแบบกระจายศูนย์การทำงานซึ่งหมายความว่าไม่มีการกำหนดพฤติกรรมโดยทั่วไปของระบบ โดยทุกๆตัวกระทำจะมีการดำเนินงานเป็นของตนเอง ABS ใช้วิธีการจากล่างขึ้นบน (Bottom-up approach) โดยที่ผู้สร้างแบบจำลองกำหนดพฤติกรรมของตัวกระทำในระดับย่อยหรือระดับบุคคล และพฤติกรรมของระบบแบบมหภาพซึ่งเกิดขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์ของแต่ละตัวกระทำ (Macy and Willer, 2002) รูปที่ 2.11 เป็นตัวอย่างการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของประชากรในประเทศโดยใช้แนวคิดของวิธีการตัวกระทำ ในแบบจำลองนี้พฤติกรรมของตัวกระทำถูกกำหนดโดยแผนผังสถานะ (State Chart) และคุณสมบัติด้านที่อยู่อาศัย อาชีพ โครงสร้างด้านการคมนาคม ฯลฯ ซึ่งแสดงในรูปแบบของสภาพแวดล้อมในแบบจำลอง



รูปที่ 2.11 แนวคิดการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการตัวกระทำ (Borshchev and Filippov. 2004)

แผนผังสถานะของตัวกระทำ คือภาษาสำหรับแสดงรายละเอียดของเหตุการณ์และเวลาที่ขับเคลื่อนพฤติกรรมของตัวกระทำ แผนผังสถานะทำให้ทราบถึงสถานะที่แตกต่างกันของตัวกระทำ การเปลี่ยนผ่านสถานะ เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนผ่านสถานะ ช่วงเวลาและการกระทำของตัวกระทำในแต่ละช่วงสถานะ โครงสร้างดังกล่าวเป็นส่วนประกอบทางสถานะที่กำหนดการกระทำของตัวกระทำ ตัวกระทำอาจจะมีหลายแผนผังทางด้านการทำงานและการโต้ตอบที่ขนานกันไป รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างแผนผังสถานะของตัวกระทำ โดยประกอบด้วย สถานะพื้นฐาน (Simple State) โดยสถานะของตัวกระทำจะถูกควบคุมอยู่ภายในสถานะพื้นฐานนี้ และมีการดำเนินการสำหรับการเข้าหรือออกจากสถานะนี้ได้ การเปลี่ยนผ่าน (Transition) การเปลี่ยนผ่านสามารถถูกเรียกได้โดยเหตุการณ์ภายนอกหรือภายใน เงื่อนไขหรือข้อกำหนดทางด้านเวลาที่เกิดขึ้นกับตัวกระทำ สถานะประกอบ (Composite State) คือกลุ่มของสถานะพฤติกรรมโดยทั่วไป ประวัติสถานะ (History Pseudo State) จะบันทึกสถานะที่ผ่านมาของตัวกระทำ สถานะแบ่งแยก (Branch Pseudo State) เป็นสถานะในการพิจารณาเงื่อนไขของตัวกระทำเพื่อการเปลี่ยนสถานะ นอกจากนี้ยังมีสถานะสิ้นสุด (Final) ซึ่งเป็นการแสดงการสิ้นสุดช่วงชีวิตของตัวกระทำ

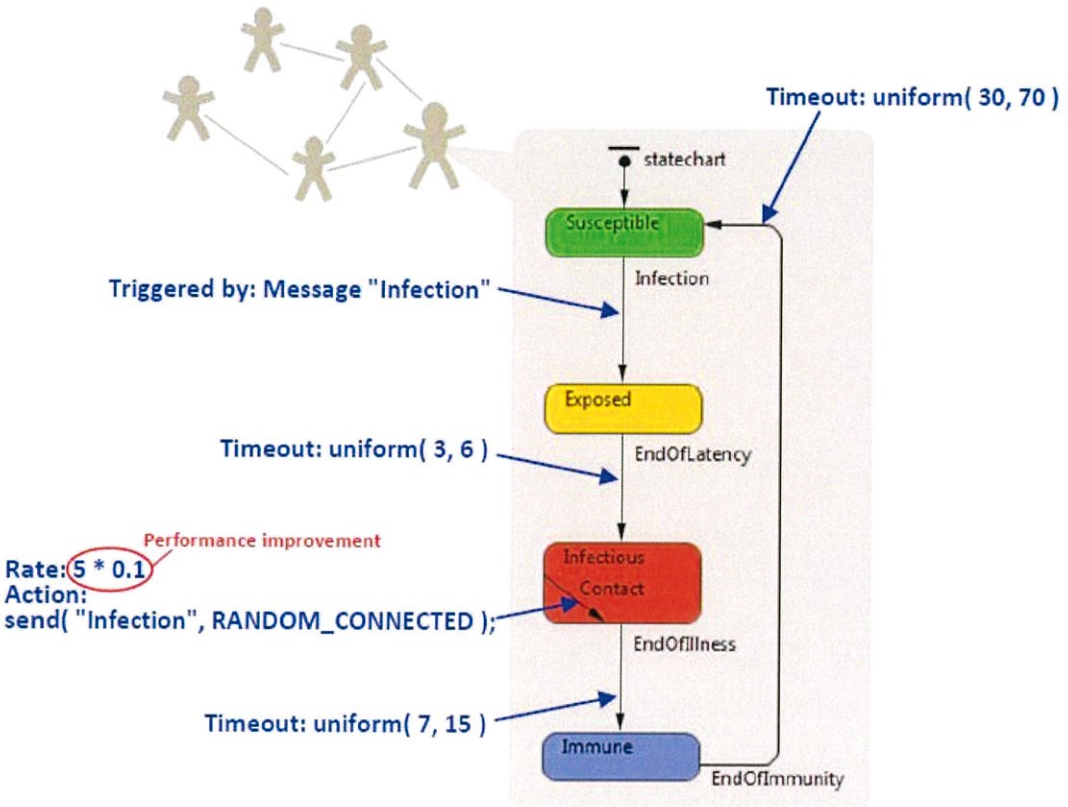
ข้อแตกต่างหลักของการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องจากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ ข้อแรกคือการมุ่งเน้นไปที่การไหลของกระบวนการ ในขณะที่ ABS จะให้ความสำคัญกับตัวกระทำแต่ละตัวในระบบรวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวกระทำ (Majid. et al. 2009) ผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการ DES จะมีค่าเท่าเดิมถ้าแบบจำลองสถานการณ์ตัวเดียวกันประมวลผลโดยใช้ค่าเริ่มต้นของเลขสุ่ม (Seed) ชุดเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ การเกิดขึ้นของตัวกระทำนำไปสู่การสร้างองค์ประกอบแบบสุ่มซึ่งทำให้แต่ละการรันของแบบจำลองมีความเป็นเอกลักษณ์ (Becker et al. 2006)



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างแผนผังสถานะของตัวกระทำ (Borshchev and Filippov. 2004)

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นซอฟต์แวร์ตัวกระทำ (Software agent) ที่เป็นตัวแทนของประชาชน วัตถุทางกายภาพ กระบวนการ หรือแนวคิดที่นำไปสู่พฤติกรรมของระบบ วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีนี้มีความแตกต่างจากวิธีการ System Dynamics โดยที่ System Dynamics มีแนวโน้มที่จะใช้วิธีการจากบนลงล่าง (Top-down approach) เพื่อจำลองระบบ โดยตระหนักถึงวิธีการทำงานของระบบโดยรวมซึ่งจะพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละส่วนย่อยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำใช้วิธีการจากล่างขึ้นบน (Bottom-up approach) ในการนำเสนอระบบ โดยที่พิจารณาถึงรายละเอียดของตัวแทนในแต่ละส่วนที่เป็นอิสระของระบบ (John A. Sokolowski, 2011)

แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเป็นวิธีการที่ทันสมัยกว่าวิธีการ Discrete Event Simulation และ System Dynamics ซึ่งถูกนำมาใช้ในหัวข้อทางการศึกษาประมาณช่วงปีค.ศ. 2000 และเริ่มถูกนำมาใช้โดยผู้ปฏิบัติงานจำลองสถานการณ์ในช่วงประมาณปี ค.ศ. 2003-2004 ซึ่งถูกกระตุ้นโดยความต้องการที่จะได้รับข้อมูลในเชิงลึกของระบบ ที่ไม่สามารถได้รับหรือตรวจจับได้จากวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิม



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างพฤติกรรมของตัวกระทำในแบบจำลอง (The Big Book of Simulation Modeling)

ตัวกระทำในแบบจำลองสถานการณ์จะมีความเป็นอิสระ (Autonomous) โดยสามารถสร้างเหตุการณ์ที่เป็นอิสระและไม่ได้ถูกควบคุมโดยอำนาจจากศูนย์กลางหรือกระบวนการที่เป็นศูนย์กลาง (Bakken, 2006) ความสามารถด้านความเป็นอิสระนี้ทำให้ตัวกระทำสามารถออกแบบพฤติกรรมเชิงรุกได้ นอกจากนี้ ABS ยังสนับสนุนการสื่อสารระหว่างตัวกระทำ (Scerri et al., 2010) เช่น การส่งผ่านข้อความ (Message-passing) โดยตัวกระทำสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันผ่านการส่งผ่านข้อความ ซึ่งช่วยให้การออกแบบแบบจำลองพฤติกรรมของมนุษย์มีเป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำที่ถูกนำไปใช้ในหลากหลายสาขาวิชาและหลายงานวิจัยได้นำไปใช้เพื่อจำลองสถานการณ์ในระบบที่มีความซับซ้อน

Heine. et al. (2004) ได้จำลองสภาพแวดล้อมด้วยวิธีการตัวกระทำสำหรับโรงพยาบาลเยอรมันโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดตารางการนัดหมาย, การจัดสรรทรัพยากรและความคุ้มค่าในการลงทุนในด้านการทดลองของสถานพยาบาล

Nealon and Mareno (2002) ทำการศึกษาถึงศักยภาพและการประยุกต์ใช้ของวิธีการตัวกระทำเพื่อช่วยในหลากหลายกิจกรรมในสภาพแวดล้อมของสถานบริการสุขภาพ

Mabry et al. (2004) ได้ใช้ระบบตัวกระทำที่หลากหลาย (Multi agent system) สำหรับการให้การวินิจฉัยและคำแนะนำแก่บุคลากรด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยเลือดออก

Nealon and Moreno (2003) ได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานระบบหลากหลายตัวกระทำ (Multi agent system) ในสถานบริการสุขภาพในด้านต่างๆ เช่น การประสานของการปลูกถ่ายอวัยวะในโรงพยาบาลสเปน, การจัดตารางเวลาของผู้ป่วย, การดูแลผู้สูงอายุ เป็นต้น

Riano et al. (2002) นำเสนอโครงการวิจัยที่เรียกว่า PalliaSys โดยได้รวบรวมเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบหลากหลายตัวกระทำ (Multi agent system) เพื่อปรับปรุงการดูแลให้กับผู้ป่วยแบบประคับประคอง (palliative patient)

Koutkias et al. (2005) ได้สร้างระบบหลากหลายตัวกระทำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มการตรวจสอบเฝ้าระวังและบริการทางการศึกษาของศูนย์ติดต่อทางการแพทย์ (Medical Contact Center) สำหรับการจัดการโรคเรื้อรังในกรีซ

Daknou et al. (2008) ได้ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยระบบหลากหลายตัวกระทำในการลดระยะเวลารอคอยของผู้ป่วยในแผนกฉุกเฉิน โดยการจัดตารางเวลาของบุคคลากรทางการแพทย์ในการตรวจรักษาผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของอาการที่แตกต่างกันและมีช่วงเวลาในการที่ต้องได้รับการรักษาที่แตกต่างกันออกไป โดยได้พิจารณาถึงความสามารถของบุคคลากรทางการแพทย์แต่ละคนในการรักษากับอาการของโรคแต่ละโรค พร้อมทั้งออกแบบระบบการจัดการตารางเวลาที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามลักษณะของผู้ป่วยที่เข้ามา

Taboada et al. (2011) ได้ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในแผนกฉุกเฉินของโรงพยาบาล Sabadell โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นระบบช่วยการตัดสินใจ (Decision Support System) สำหรับหัวหน้าแผนกฉุกเฉิน เพื่อให้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ ซึ่งใช้วิธีการ Agent-Based Simulation ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยได้พิจารณาถึงพฤติกรรมของแต่ละตัวกระทำในระบบที่ได้แบ่งแยกไว้เป็นสองประเภทคือ ตัวกระทำ Active ซึ่งแสดงถึงการกระทำของมนุษย์ และตัวกระทำ Passive ซึ่งแสดงถึงการบริการและระบบที่มีความสัมพันธ์ การกระทำและการมีปฏิสัมพันธ์กันของตัวกระทำถูกนำเสนอโดยใช้แนวคิดที่ขยายมาจาก Moore state machines และแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ แบบจำลองยังได้สร้างสภาพแวดล้อมสำหรับการเคลื่อนที่และการมีปฏิสัมพันธ์ของตัวกระทำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบแบบจำลองที่นำเสนอและแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้น พบว่าสภาพแวดล้อมของการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความเหมาะสมสำหรับระบบที่มีความซับซ้อน

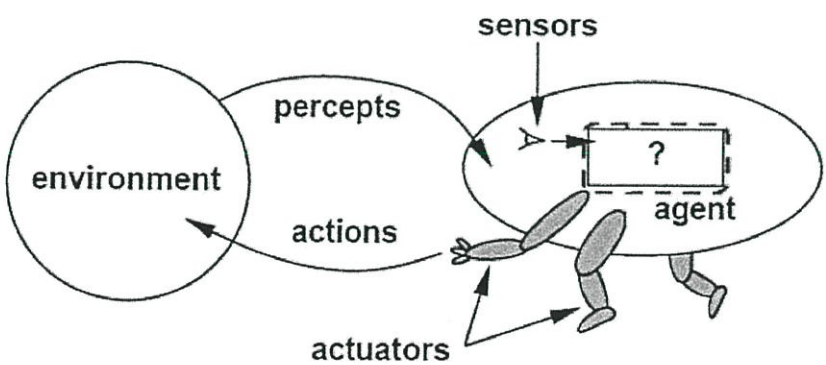
Godin and Wang (2010) ใช้วิธีการแบบหลายตัวกระทำในการจัดตารางเวลานัดหมายของผู้ป่วยนอกเพื่อการตรวจรักษา โดยได้พิจารณาถึงตารางเวลาของผู้ป่วยจากผู้ป่วยที่มีการยกเลิกเวลานัดหมายทำให้เกิดช่วงเวลาว่างในการเข้ารับการรักษา โดยได้ใช้ Diagnostic Service Agent ในการส่งข้อมูลตารางเวลาที่ว่างให้กับ Patient Agent โดยจะพิจารณาช่วงเวลาที่ว่างของตารางนัด เปรียบเทียบกับความเหมาะสมของช่วงเวลาที่ต้องการเข้ารับการรักษาของผู้ป่วยที่ต้องการเลื่อนเวลาในการเข้ารับการรักษา รวมทั้งพิจารณาถึงความเร่งด่วนและลำดับความสำคัญในการเข้ารับการรักษาของผู้ป่วย เพื่อให้เวลารอคอยในการเข้ารับการรักษาของผู้ป่วยให้น้อยที่สุด มีอัตราการใช้ประโยชน์ของห้องรักษามากที่สุด รวมทั้งมีกระบวนการในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ

Becker et al. (2006) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการ DES กับ ABS ในกระบวนการด้านการขนส่ง โดยพบว่า DES มีความยืดหยุ่นน้อยกว่า ABS เช่น ในระบบ DES จะเป็นการยากในการสร้างแบบจำลองของพฤติกรรมที่แตกต่างกันของการส่งสินค้าทางเรือ

2.6.1 ตัวกระทำ (Agent)

ตัวกระทำได้ถูกกำหนดคำนิยามที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง (Unique definition) ภายในแบบจำลองสถานการณ์ ตัวกระทำถูกกำหนดให้เป็นซอฟต์แวร์เอนทิตีที่มีความเป็นอิสระ มีความรู้สึกต่อสภาพแวดล้อมและมีการกระทำเพื่อดำเนินการงานที่เฉพาะเจาะจง หรือเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจง แนวคิดของความเป็นอิสระมีความสำคัญในจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ โดยมั่นใจว่าทุกตัวกระทำประพฤติตนบนพื้นฐานของความเชื่อหรือจุดมุ่งหมายของตนเอง ตัวกระทำอื่นหรือสภาพแวดล้อมสามารถมีผลกระทบต่อการกระทำเหล่านี้แต่ไม่ใช่ผลโดยตรง เมื่อตัวกระทำสองตัวกระทำหรือมากกว่ามารวมตัวกันในแบบจำลองสถานการณ์ การมีอยู่อย่างอิสระจะนำไปสู่การปรับพฤติกรรมของระบบที่ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าโดยผู้สร้างแบบจำลองในขั้นตอนของการออกแบบระบบ (John A. Sokolowski, 2009)

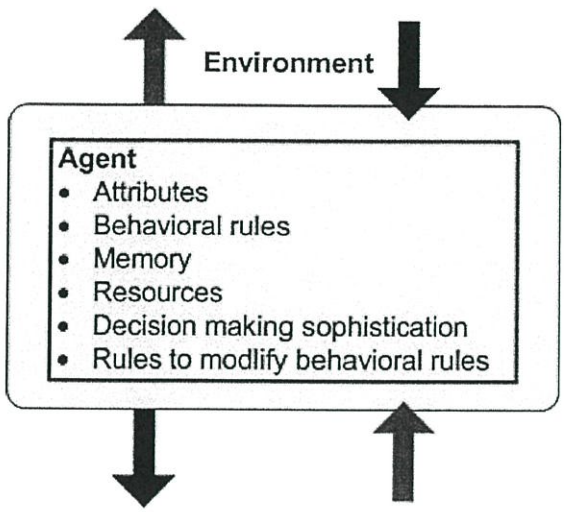
เนื่องจากความแตกต่างด้านขอบเขตของข้อมูลที่ต้องการศึกษา จึงไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอนเกี่ยวกับนิยามของตัวกระทำ (Sengupta and Sieber, 2007) ตัวกระทำสามารถเป็นอะไรก็ได้ เช่น หุ่นยนต์ที่รับรู้สภาพแวดล้อมผ่านทางเซ็นเซอร์และการกระทำของตัวกระทำจะแสดงออกผ่านทางหน่วยปฏิบัติการ (Russell and Norvig, 2003) โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวกระทำจะถูกพิจารณาเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมบางอย่างและมีความสามารถในการทำหน้าที่ตนเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (Wooldridge, 2002)



รูปที่ 2.14 ตัวกระทำในสภาพแวดล้อม (Wooldridge, 2002)

ตัวกระทำสามารถแสดงฟังก์ชั่นการทำงานที่เชื่อมโยงจากสิ่งที่รับรู้ไปสู่การกระทำได้ แบบจำลองนามธรรมของตัวกระทำจะมีความแตกต่างกันระหว่างตัวกระทำซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยา ตัวกระทำที่มีระบบย่อยสำหรับการรับรู้และการกระทำ และตัวกระทำที่มีสถานะ แบบจำลองนามธรรมเหล่านี้สามารถดำเนินการในรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของตัวกระทำ (Wu and Lin, 2012) ตัวกระทำที่

ถูกนำมาใช้มีความหลากหลาย มีความแตกต่างกัน มีคุณลักษณะและกฎทางด้านพฤติกรรมที่เป็นพลวัต ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ตัวกระทำโดยทั่วไป (Macal and North. 2009)

โดยทั่วไปตัวกระทำจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ตัวกระทำมีความเป็นอิสระ (Autonomous) และกำกับตนเอง (Self-Directed) ตัวกระทำสามารถทำงานได้อย่างอิสระในสภาพแวดล้อมของตนและในการมีปฏิสัมพันธ์กับตัวกระทำอื่นๆ ในขอบเขตของสถานการณ์ที่สนใจโดยทั่วไป พฤติกรรมของตัวกระทำจะเป็นตัวแทนของกระบวนการที่เชื่อมโยงความรู้สึกของตัวกระทำต่อสภาวะแวดล้อมในการกระทำและการสร้างการตัดสินใจ

2. ตัวกระทำเป็นส่วนจำเพาะ (Modular) หรืออยู่ในตัวเอง (Self-Contained) ตัวกระทำสามารถระบุตัวตนได้ แยกเป็นแต่ละรายด้วยชุดของลักษณะหรือคุณสมบัติ พฤติกรรม และความสามารถในการสร้างการตัดสินใจ การมีอยู่อย่างไม่ต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่าตัวกระทำมีขอบเขตในการรับรู้และสามารถตัดสินใจอะไรบางอย่างได้โดยง่ายที่เป็นองค์ประกอบสถานะของแบบจำลอง ว่าเป็นส่วนหนึ่งของตัวกระทำหรือไม่เป็นส่วนหนึ่งของตัวกระทำ หรือเป็นลักษณะร่วมกันระหว่างตัวกระทำ

3. ตัวกระทำมีความเป็นสังคม มีปฏิสัมพันธ์กับตัวกระทำอื่น ๆ ตัวกระทำมีโปรโตคอลหรือกลไกที่อธิบายถึงวิธีที่พวกเขามีปฏิสัมพันธ์กับตัวกระทำอื่นๆ และมีพฤติกรรมของตนเอง โปรโตคอลการมีปฏิสัมพันธ์ของตัวกระทำโดยทั่วไปจะรวมไปถึงการดิ้นรนเพื่อให้มีพื้นที่และการหลีกเลี่ยงการปะทะกันของตัวกระทำ การได้รับการยอมรับ การสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูล การมีอำนาจโน้มน้าว และขอบเขตอื่นๆหรือกลไกการประยุกต์ใช้ที่เฉพาะเจาะจง ตัวกระทำมักจะมีคุณสมบัติเพิ่มเติม ซึ่งอาจจะได้รับการพิจารณาหรือไม่ได้รับการพิจารณาในการกำหนดเป็นคุณสมบัติที่มีความจำเป็นต่อหน่วยงาน

4. ตัวกระทำจะอยู่ในสภาพแวดล้อม ตัวกระทำจะมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรวมไปถึงตัวกระทำอื่นๆ ตัวกระทำจะมีตำแหน่งที่อยู่ (Situated) โดยพฤติกรรมของตัวกระทำจะขึ้นอยู่กับ

สถานการณ์ ซึ่งหมายความว่าพฤติกรรมของตัวกระทำจะขึ้นอยู่กับสถานะปัจจุบันของการมีปฏิสัมพันธ์กับตัวกระทำอื่นๆและกับสภาพแวดล้อม

5. ตัวกระทำจะมีเป้าหมายที่ชัดเจนที่เป็นตัวขับเคลื่อนพฤติกรรมของตัวกระทำ เป้าหมายไม่จำเป็นต้องมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าที่มากที่สุดตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดโดยเกิดความขัดแย้งขึ้น โดยจะมีการอนุญาติให้ตัวกระทำมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของพฤติกรรมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายและให้เป็นไปตามมาตราฐานเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้

6. ตัวกระทำมีความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวโดยพฤติกรรมของตัวกระทำจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวของแต่ละตัวกระทำ ทำให้ตัวกระทำมีความจำเป็นต้องมีหน่วยความจำ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะอยู่ในรูปของคุณลักษณะแบบพลวัต (ให้ความแตกต่างระหว่างการปรับตัวของตัวกระทำกับการปรับตัวของประชากร สำหรับการปรับตัวของประชากรแต่ละอัตราส่วนภายในที่มีคุณลักษณะบางอย่างที่เหมาะกับสภาพแวดล้อมของพวกเขาจะมีการเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป การมีอยู่ของแต่ละตัวกระทำไม่มีความจำเป็นสำหรับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการรับรู้)

7. ตัวกระทำมักจะมีคุณลักษณะของทรัพยากรที่ระบุถึงการมีอยู่ของทรัพยากร เช่น พลังงาน ปริมาณ และข้อมูล เป็นต้น

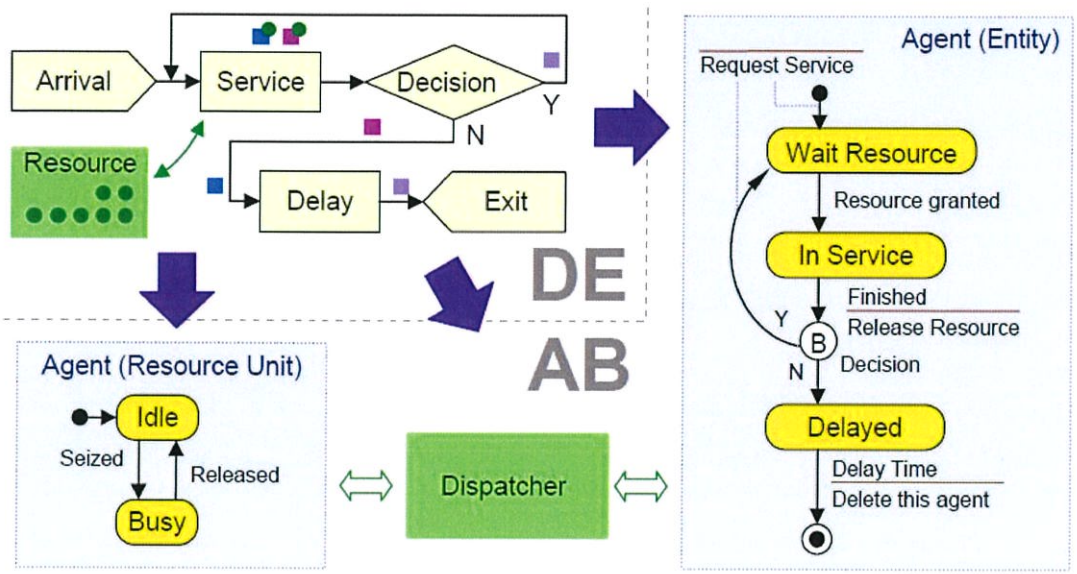
กฎเกณฑ์เกี่ยวกับพฤติกรรมของตัวกระทำจะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความซับซ้อนจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ แบบจำลองภายในของตัวกระทำสำหรับสภาพแวดล้อมภายนอกรวมถึงพฤติกรรมการตอบสนองของตัวกระทำอื่นๆ และขอบเขตของหน่วยความจำของเหตุการณ์ที่ผ่านมาและตัวกระทำที่มีอยู่เพื่อใช้ในการตัดสินใจ บ่อยครั้งตัวกระทำในแบบจำลองมักจะขาดความสามารถในการปรับตัวเพราะมันไม่ได้เป็นไปเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ตั้งใจไว้ ตัวอย่างเช่น ในแบบจำลองห่วงโซ่อุปทานไม่มีความจำเป็นที่จะสร้างการปรับตัวของตัวกระทำ ถ้าวัตถุประสงค์ของแบบจำลองเป็นไปเพื่อประเมินชุดของกฎการบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่เจาะจง

การมีอยู่อย่างอิสระยังสามารถแสดงให้เห็นภาวะวิกฤติสำหรับตัวกระทำที่ขัดแย้งกับจุดมุ่งหมายเมื่อสองตัวกระทำหรือมากกว่ามีเป้าหมายที่ขัดแย้งกัน จะไม่มีตัวกระทำตัวใดที่จะบรรลุเป้าหมายได้อย่างเต็มที่โดยไม่มีการผ่อนปรน การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมักจะมีกลไกการเจรจาต่อรองสร้างติดมาด้วยเพื่อจุดประสงค์นี้ กลไกนี้จะยอมอนุญาติให้แต่ละตัวกระทำดำเนินการเพื่อไปสู่เป้าหมายในวิธีการที่สามารถยอมรับได้ แต่ละตัวกระทำสามารถอธิบายได้เพียงหนึ่งเดียวและตัวกระทำสามารถมีพฤติกรรมที่คล้ายกับมนุษย์ ตัวกระทำโดยมากจะใช้ในการเป็นตัวแทนของพฤติกรรมของมนุษย์ในแต่ละคนหรือแต่ละระดับของกลุ่ม (John A. Sokolowski, 2011)

2.6.2 ความสัมพันธ์ของวิธีการ DES และ ABS

พิจารณาถึงความสัมพันธ์ของการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและวิธีการตัวกระทำพบว่าแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องจะประกอบด้วยเอนทิตีหรือความเป็นเอกลักษณ์ซึ่งอธิบายถึงวัตถุที่ไม่มีปฏิกิริยาโต้ตอบ (Passive Object) และกฎที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของระบบที่ถูกรวบรวมไว้ในรูปแบบของกล่องผังงาน ซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปแบบของวิธีการจำลองสถานการณ์

แบบตัวกระทำได้ โดยการอธิบายกระบวนการให้อยู่ในมุมองของเอนทิตีหรือตัวกระทำ และกฎการกระจายอำนาจ



รูปที่ 2.16 การแปลงโครงสร้างแบบจำลอง DES ให้อยู่ในรูปแบบของ ABS (Borshchev and Filippov. 2004)

ตัวอย่างระบบอย่างง่ายแสดงดังรูปที่ 2.16 โดยเอนทิตี เช่น คน ธุรกรรม ฯลฯ เข้ามาในระบบ ซึ่งรับบริการหนึ่งครั้งหรือมากกว่าโดยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะ มีการหน่วงเวลาและออกจากระบบ เอนทิตีสามารถแปลงให้อยู่ในรูปแบบของตัวกระทำได้ โดยเหตุการณ์การเกิดขึ้นของเอนทิตีจะสัมพันธ์กับการสร้างตัวกระทำ ในการสร้างตัวกระทำจะมีการร้องขอการบริการซึ่งไม่จำเป็นต้องได้รับในทันที และจะอยู่ในสถานะ *Wait Resource* ซึ่งคล้ายกับเอนทิตีที่รอคอยในคิวที่กล่องผังงาน *Service* เมื่อทรัพยากรถูกเรียกใช้ตัวกระทำจะอยู่ในสถานะ *In Service* และจะมีการพิจารณาว่ามีความต้องการบริการอีกหรือไม่ หากไม่จะเคลื่อนไปสู่สถานะ *Delayed* เมื่อเสร็จสิ้นตัวกระทำจะทำลายตัวเองซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ออกจากกล่องผังงาน ในส่วนของทรัพยากรสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของตัวกระทำได้เช่นเดียวกัน โดยในกรณีนี้ทรัพยากรได้ถูกกำหนดไว้สองสถานะคือ *Idle* และ *In Use* การเข้าถึงทรัพยากรของตัวกระทำจะต้องใช้ผู้จัดการเชื่อมต่อจากส่วนกลาง (Dispatcher) ผู้จัดการจะถูกพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองสภาพแวดล้อมที่ดำเนินการสื่อสารทางอ้อมระหว่างตัวกระทำ เช่น การจัดคิว ในอีกทางหนึ่งตัวกระทำอาจจะสามารถเห็นซึ่งกันและกันและสามารถสื่อสารกันได้โดยตรงเพื่อจัดการการเข้าถึงทรัพยากร

2.6.3 เครื่องมือการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Software and Toolkit)

มีซอฟต์แวร์สำเร็จรูปหลายโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองตัวกระทำได้ ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม AnyLogic (X J Technologies 2005) โปรแกรม EXODUS โปรแกรม RePast (RAST 2005) และ Swarm (Introduction of Swarm 2005) ซอฟต์แวร์เหล่านี้มีความสามารถที่มีประสิทธิภาพ และถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการสร้างชนิดของแบบจำลองที่มีความเฉพาะเจาะจง ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลองที่มีความเป็นปัจเจกบุคคลจำนวนมาก (AnyLogic หรือ Swarm) หรือแบบจำลองที่สังเกตพฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์ฉุกเฉิน (โปรแกรม EXODUS) (Dubiel and Tsimhoni, 2005)

Anylogic เป็นเครื่องมือการจำลองสถานการณ์ที่สนับสนุนวิธีการจำลองสถานการณ์ที่หลากหลายที่ถูกนำมาใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่วิธีการ System Dynamics, Process-centric (Discrete Event) และวิธีการ Agent-Based ซอฟต์แวร์ AnyLogic เป็นเครื่องมือที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างแบบจำลองที่มีความซับซ้อนและมีรายละเอียดของระบบจำนวนมากได้เป็นอย่างดี

2.6.4 ข้อดี-ข้อเสียของ ABS

Bonabeau (2001) กล่าวถึงข้อดีของ ABS ที่พบโดยแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นคือ 1.ปรากฏการณ์ฉุกเฉิน (Emergent Phenomena) 2.การนำเสนอรูปแบบที่เป็นธรรมชาติของระบบ และ 3.ความยืดหยุ่น ปรากฏการณ์ฉุกเฉินใน ABS คือรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมที่ไม่แน่นอนของกลุ่มคน เช่น ในเหตุการณ์ไฟไหม้ในห้างสรรพสินค้า ผู้คนสามารถตัดสินใจที่จะไปยังประตูที่อยู่ใกล้ที่สุดเพื่อให้ตนเองปลอดภัยได้ การเคลื่อนไหวของคนจะสร้างรูปแบบของการเคลื่อนไหวอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่เกิดขึ้นมาจากการตัดสินใจหรือพฤติกรรมที่เป็นอิสระของแต่ละบุคคล ความสามารถในการสร้างปรากฏการณ์ฉุกเฉินนี้ถือได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญ ที่ทำให้ ABS มีประสิทธิภาพเหนือกว่าเทคนิคการจำลองสถานการณ์อื่น ๆ

ข้อดีข้อต่อมาของ ABS คือความสามารถในการอธิบายธรรมชาติของระบบได้เป็นอย่างดี ABS สามารถเลียนแบบพฤติกรรมของระบบที่มีความใกล้เคียงกับระบบจริง โดยการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของหน่วยงานได้อย่างเป็นธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น จะมีความสมจริงมากยิ่งขึ้นหากในการจำลองสถานการณ์วิธีการทำงานของคนมีการเพิ่มพฤติกรรมที่เป็นธรรมชาติของมนุษย์ เช่น พฤติกรรมเชิงรุกเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ด้วย

การจำลองสถานการณ์แบบ ABS มีความยืดหยุ่นเช่นเดียวกับ DES แต่อยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกัน โดย ABS ได้จัดเตรียมกรอบแนวคิดที่เหมาะสมและเป็นธรรมชาติสำหรับการปรับความซับซ้อนของตัวกระทำ พฤติกรรม ระดับของความเป็นเหตุเป็นผล ความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนา รวมทั้งกฎเกณฑ์ด้านการมีปฏิสัมพันธ์ของตัวกระทำ

อย่างไรก็ตามพบว่า ABS ก็มีข้อด้อยบางประการ เช่น การไม่ได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการอุตสาหกรรม โดยพบว่า ABS ได้รับความสนใจเฉพาะในวงการนักวิชาการผู้ทำงานวิจัยมากกว่าวงการด้านอุตสาหกรรมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง (Siebers et al., 2010) เป็นไปได้ว่าข้อจำกัดด้านการใช้งาน ABS มาจากการขาดความสนใจของผู้จำหน่ายและพัฒนาซอฟต์แวร์ในการผลิต

ซอฟต์แวร์เพื่อนำมาใช้งานในด้านนี้ หรือในทางกลับกันอาจมีสาเหตุมาจากการขาดความเข้าใจในการใช้งาน ABS ในหลากหลายสาขา ข้อด้อยอีกอย่างของ ABS คือการเน้นไปทางด้านการคิดคำนวณ (Scerri et al., 2010) โดย ABS ใช้หลักการหลากหลายตัวกระทำในการหาคำตอบด้วยตัวกระทำเอง ซึ่งขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองตัวกระทำนี้ต้องใช้เวลานานและต้องการทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการสนับสนุนการทำงาน นอกจากนี้ยังมีข้อด้อยอีกอย่างของ ABS คือการขาดข้อมูลที่ชัดเจนเพียงพอในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีคำถามเกี่ยวกับความถูกต้องของระบบที่ไม่ได้ถูกสร้างจากข้อมูลที่สามารถวัดได้เพียงอย่างเดียว (Siebers et al., 2010)

2.7 การตรวจสอบความถูกต้องและความเหมือนจริงของแบบจำลอง

แม้ว่าการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) และ การตรวจสอบความเหมือนจริง (Validation) อาจจะดูเหมือนว่ามีความหมายเหมือนกัน แต่ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ สองสิ่งนี้ค่อนข้างจะมีความแตกต่างกันเป็นอย่างมาก (Petty. 2009)

การตรวจสอบความถูกต้อง คือการตรวจสอบถึงแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง (Conceptual Simulation Model/Model Assumption) ว่าได้ถูกถ่ายทอดและนำมาสร้างเป็นแบบจำลองทางด้านคอมพิวเตอร์ (Computer Program) ที่มีความถูกต้องหรือไม่

การตรวจสอบความเหมือนจริง คือกระบวนการในการพิจารณาถึงแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นว่ามีการนำเสนอออกมาได้คล้ายกับระบบจริงมากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการพิจารณาในมุมมองต่างๆ เช่น

แนวคิด (Conceptually) หากแบบจำลองมีความเหมือนจริง (Valid) แบบจำลองจะต้องสามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบได้เหมือนกับระบบจริง

ความยาก-ง่ายในกระบวนการตรวจสอบ ซึ่งขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของระบบที่ถูกนำมาสร้าง

แบบจำลองของระบบที่มีความซับซ้อนจะสามารถสร้างได้แค่เพียงการประมาณการ (Approximation) จากระบบจริง

แบบจำลองควรถูกสร้างขึ้นจากชุดของวัตถุประสงค์ที่มีความเจาะจง ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วแบบจำลองจะมีความสมเหตุสมผลกับวัตถุประสงค์เพียงหนึ่งเดียวไม่สามารถนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ

การวัดประสิทธิภาพที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ควรรวมไปถึงผู้สร้างการตัดสินใจที่จะต้องมีความถูกต้องและถูกนำมาใช้สำหรับการประเมินในการออกแบบระบบ

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลไม่ใช่สิ่งที่พยายามทำหลังจากสร้างแบบจำลองเสร็จเรียบร้อยแล้วหรือทำเพราะมีเวลาหรืองบประมาณเหลือ แต่เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำ

2.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ (Verification of Simulation Computer Programs)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขข้อบกพร่องของแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะกล่าวถึง 8 เทคนิคที่สำคัญซึ่งได้แก่

เทคนิคที่ 1 ในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ ควรมีการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง (Debug) ของโปรแกรมในระดับโมดูลหรือโมดูลย่อย เพื่อที่ว่าโมดูลย่อยของแบบจำลองที่มีปัญหาจะได้รับการแก้ไขและเมื่อนำไปรวมเข้ากับโมดูลอื่นๆของแบบจำลองสถานการณ์แล้วจะไม่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องแก่แบบจำลองสถานการณ์โดยรวมได้ โดยในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์นั้นควรเริ่มพัฒนาโดยให้รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์ในระดับปานกลางเพื่อง่ายต่อการตรวจสอบ โดยสามารถเพิ่มรายละเอียดหรือความซับซ้อนให้แก่แบบจำลองในภายหลังหากมีการตรวจสอบที่เป็นที่พอใจแล้ว และป้องกันการใส่รายละเอียดในแบบจำลองที่มากเกินความจำเป็น

เทคนิคที่ 2 ในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ที่มีขนาดใหญ่ (Large simulation models) ควรที่จะมีผู้วิจารณ์มากกว่าหนึ่งคน โดยผู้เขียนเองซึ่งมีความคุ้นเคยกับแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งอาจจะมองข้ามข้อบกพร่องบางอย่างไปได้

เทคนิคที่ 3 รันแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้ข้อกำหนดของปัจจัยนำเข้า (Input parameters) ที่หลากหลาย และทำการตรวจสอบผลลัพธ์ (Output) ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ในบางกรณีการวัดประสิทธิภาพอย่างง่ายอาจจะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

เทคนิคที่ 4 เทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อบกพร่องในการจำลองสถานการณ์คือ การติดตาม (Trace) การติดตามสถานะ (State) ของระบบจำลองสถานการณ์ เช่น รายละเอียดของเหตุการณ์ ตัวแปรสถานะ ข้อมูลทางสถิติ ฯลฯ ซึ่งจะแสดงออกมาหลังจากเหตุการณ์นั้นๆได้เกิดขึ้น และสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเพื่อใช้ในการพิจารณาในสิ่งที่สนใจ การติดตามสถานะของระบบควรมีการประเมินในทุกความเป็นไปได้รวมไปถึงความสามารถของแบบจำลองโดยใช้เงื่อนไขสูงสุด (Extreme Condition)

เทคนิคที่ 5 ควรรันแบบจำลองเมื่อมีความเป็นไปได้ภายใต้สมมติฐานที่สามารถเข้าใจได้ และรู้คุณลักษณะที่แท้จริงหรือสามารถที่จะคำนวณได้โดยง่าย

เทคนิคที่ 6 การใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) เป็นเครื่องมือในการสังเกตผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ เป็นประโยชน์อย่างมากในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เทคนิคที่ 7 การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างสำหรับแต่ละการแจกแจงของข้อมูลนำเข้า และนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของระบบตามลำดับ เช่น ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทางสถิติ ซึ่งจะชี้ให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้สร้างขึ้นจากการแจกแจงนั้นๆมีความถูกต้อง

เทคนิคที่ 8 ใช้ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์เชิงพาณิชย์ (Commercial Simulation Package) เพื่อลดจำนวนการเขียนโปรแกรมที่จำเป็นเอง ในทางกลับกันอาจจะต้องมีการดูแลมากขึ้นสำหรับซอฟต์แวร์เวอร์ชั่นใหม่ที่ออกมาซึ่งอาจจะมีข้อผิดพลาด (Error) ติดมาด้วย อย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์ยังคงมีประสิทธิภาพในระดับสูง

2.7.2 การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ (Validation of Simulation Computer Programs)

การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองสถานการณ์ เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง โดยนำมาเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่เก็บได้จากการสำรวจระบบงานจริงภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเดียวกัน การวิเคราะห์ทำได้โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ คือ

1. การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบงานจริง
2. การทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง
3. การพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง
4. การถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบการทำงานจะสามารถแนะนำหรือพยากรณ์พฤติกรรมของระบบได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

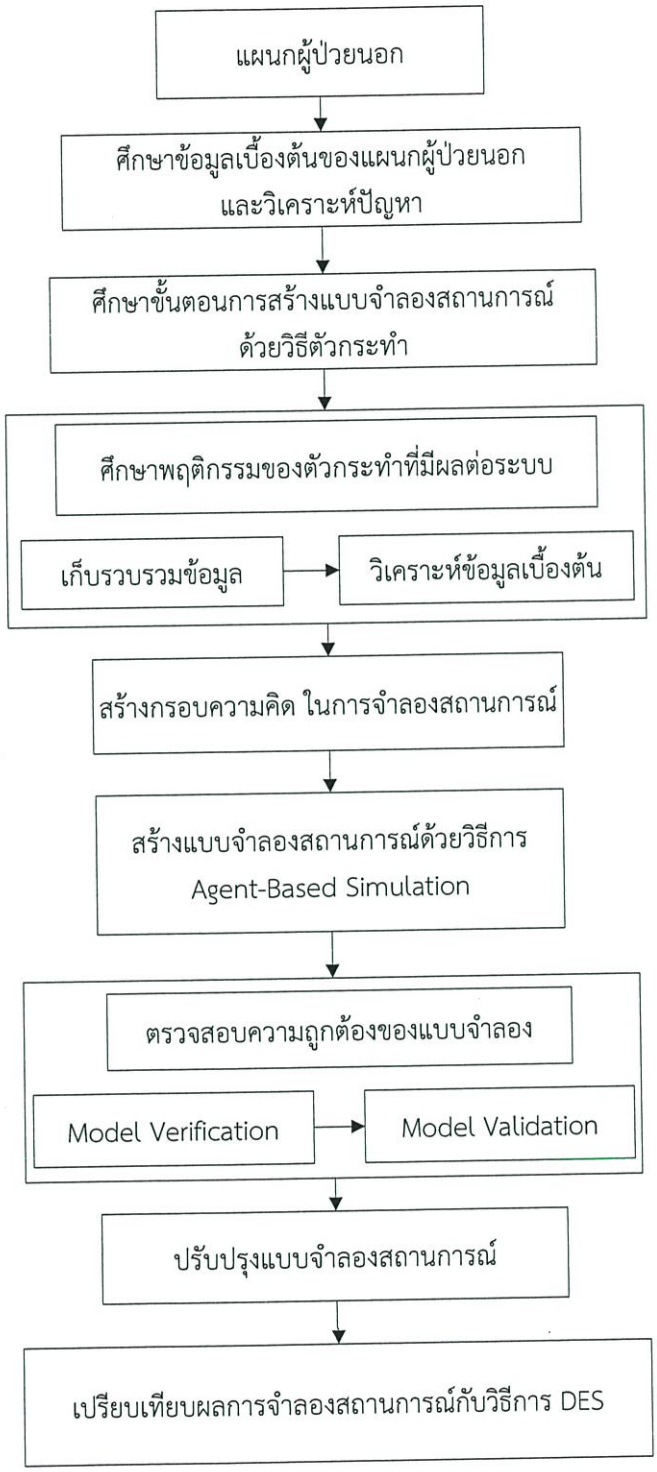
จากการกล่าวถึงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และวิธีการตัวกระทำในบทที่ผ่านมาแล้ว ในบทนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
2. การศึกษากระบวนการ
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนำเข้า
5. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์
6. การตรวจสอบความถูกต้องและความเหมือนจริงของแบบจำลอง

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหาในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล รวมทั้งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ปัญหา
2. ศึกษาขั้นตอนในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการ Agent-Based Simulation
3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองสถานการณ์
4. สร้างกรอบแนวคิดในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์
5. สร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการ Agent-Based Simulation โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล
6. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ และปรับปรุงแก้ไข
7. เปรียบเทียบผลการจำลองสถานการณ์ที่ได้ด้วยวิธีการ Agent-Based Simulation กับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ Discrete Event Simulation



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

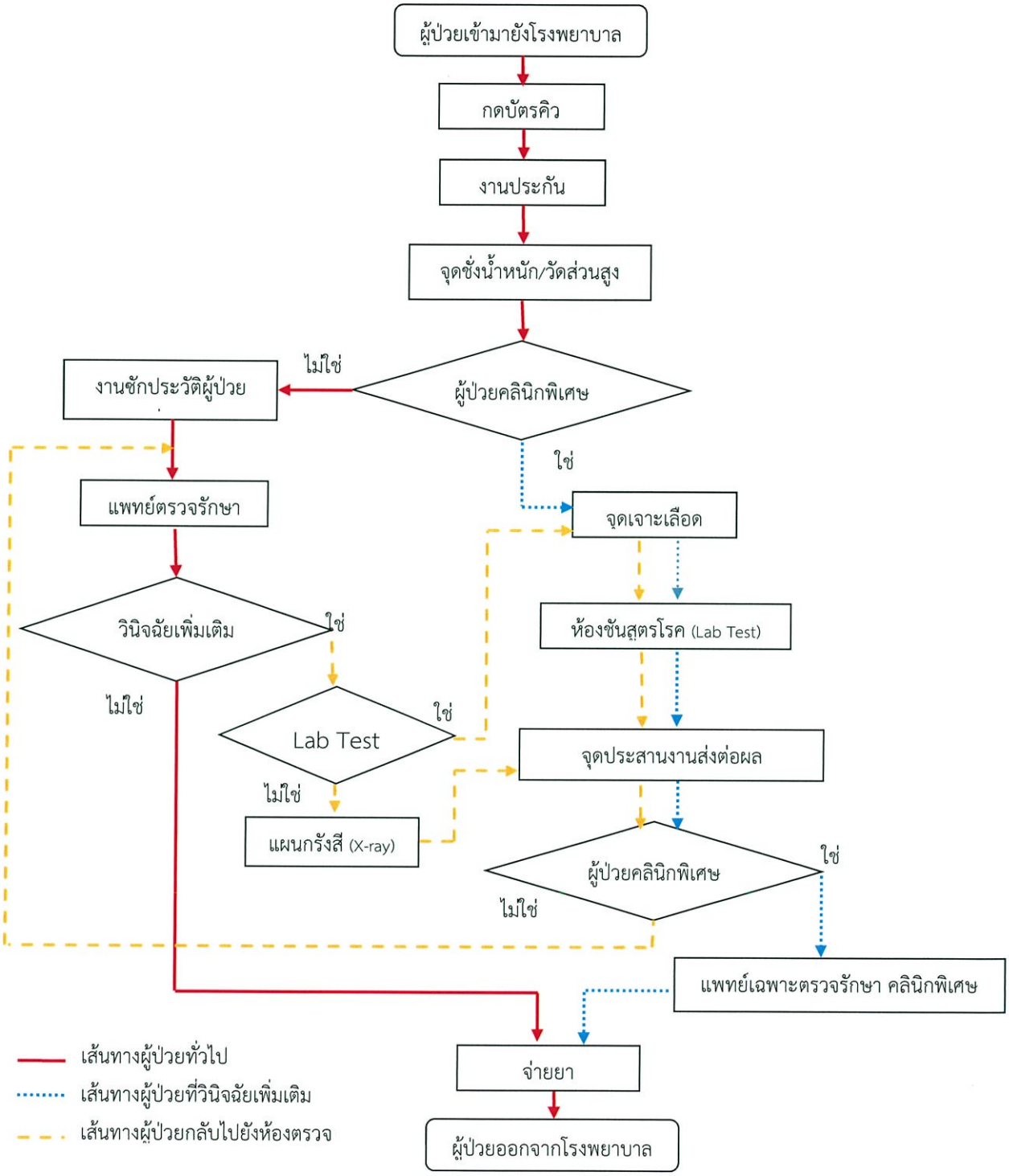
3.2 การศึกษากระบวนการ

โรงพยาบาลลำลูกกาเป็นโรงพยาบาลทุติยภูมิระดับต้น มีภารกิจในการให้การดูแลผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยใน โดยมีพื้นฐานทั่วไปในการให้บริการ ได้แก่ บริการตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไป คลอดและอุบัติเหตุฉุกเฉินตลอด 24 ชั่วโมง มีบริการเฉพาะด้านได้แก่ ทันตกรรม ฝังเข็ม แพทย์แผนไทย กายภาพบำบัด สุขภาพจิต การบำบัดยาเสพติดและบุหรี่ บริการคลินิกเฉพาะโรค ได้แก่ คลินิกเบาหวาน ความดันโลหิตสูง หอบหืด วัณโรค ARV ฝากครรภ์ คลินิกเด็กดี คลินิกวางแผนครอบครัว บริการด้านส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรค มีทีมเคลื่อนที่เร็ว (EMS) ให้บริการผู้ป่วยอุบัติเหตุ-ฉุกเฉินนอกสถานที่ และศูนย์วิทยุในการรับแจ้งเหตุฉุกเฉินและประสานงานภายในจังหวัดและเครือข่าย มีเตียงรักษาผู้ป่วยตามศักยภาพโรงพยาบาลระดับทุติยภูมิระดับต้น ตลอด 24 ชั่วโมง รับผู้ป่วยจำนวน 31 เตียง สำหรับห้องผู้ป่วยหลังคลอดมีเตียงพัก 5 เตียง รวมทั้งหมดจำนวน 36 เตียง โดยเป็นผู้ป่วยสามัญชาย 12 เตียง หญิง 12 เตียง ห้องพิเศษ 4 เตียง ห้องแยกโรคแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ 1 เตียง และมีห้องสำหรับแยกโรคที่จัดไว้เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคสำหรับผู้ป่วยที่เป็นกลุ่มโรคติดต่อ 2 เตียง มีแพทย์เวชปฏิบัติครอบครัว 2 คน แพทย์เวชศาสตร์ป้องกัน (ระบาดวิทยา) 1 คน ศัลยแพทย์ 2 คน อัตราส่วนแพทย์ต่อประชากร 1:47,230 คน ครอบคลุมประชากรในเขตรับผิดชอบจำนวน 236,150 คน

แผนกผู้ป่วยนอกแบ่งกระบวนการในการรักษาผู้ป่วยออกเป็น 2 ประเภท คือ กระบวนการให้บริการผู้ป่วยนอกและกระบวนการให้บริการผู้ป่วยคลินิกพิเศษ โดยผู้ป่วยแต่ละประเภทจะได้รับการบริการที่แตกต่างกัน ดังแผนผังแสดงขั้นตอนการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอกในรูปที่ 3.2 โดยขั้นตอนการให้บริการผู้ป่วยแต่ละประเภทสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ผู้ป่วยนอก เมื่อผู้ป่วยมาถึงโรงพยาบาลจะมีการกดบัตรคิวที่เครื่องกดบัตรคิว โดยจะระบุประเภทของผู้ป่วย จากนั้นต่อแถวคอยเพื่อรับบริการในหน่วยงานประกันสุขภาพเพื่อตรวจสอบสิทธิการรักษา เมื่อเสร็จจากหน่วยงานประกันสุขภาพ ผู้ป่วยจะไปที่จุดชั่งน้ำหนักและวัดความดันเพื่อเก็บข้อมูลส่วนบุคคลและไปนั่งรอในจุดรอคอยเพื่อให้พยาบาลเรียกซักประวัติ พยาบาลจะทำการสอบถามอาการในเบื้องต้น เมื่อผ่านขั้นตอนการซักประวัติผู้ป่วยจะไปรอคอยที่จุดรอหน้าห้องตรวจแพทย์ เพื่อรอให้ห้องตรวจว่างจึงสามารถเข้ารับการวินิจฉัยโรคจากแพทย์ ในขั้นตอนนี้แพทย์อาจมีการสั่งวินิจฉัยเพิ่มเติม ซึ่งผู้ป่วยจะถูกส่งตัวไปยังแผนกรังสี (X-ray) หรือหากเป็นการวินิจฉัยเพิ่มเติมด้วยการชันสูตรโรค ผู้ป่วยจะถูกส่งตัวไปยังจุดเจาะเลือกและไปยังห้องชันสูตรโรค (Lab test) ตามลำดับ เมื่อผู้ป่วยได้รับผลการวินิจฉัยเพิ่มเติมแล้วจะต้องนำผลที่ได้ไปยื่นที่จุดประสานงานส่งต่อผล และรอให้ผู้ช่วยแพทย์เรียกเข้าห้องตรวจแพทย์เพื่อรับการวินิจฉัยครั้งสุดท้าย แพทย์อาจมีการสั่งยาในขั้นตอนนี้ หลังจากรับคำวินิจฉัยจากแพทย์แล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายผู้ป่วยจะต้องไปรอรับยาที่ห้องจ่ายยา ก่อนจะออกจากโรงพยาบาล

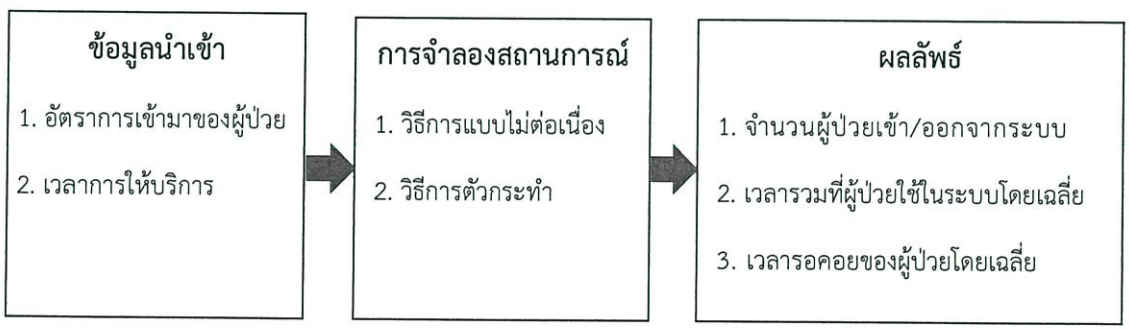
2. ผู้ป่วยคลินิกพิเศษ เมื่อผู้ป่วยมาถึงโรงพยาบาลจะผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกันกับผู้ป่วยนอกทั่วไป นั่นคือ กดบัตรคิว งานประกันสุขภาพ จุดชั่งน้ำหนักและวัดความดัน จากนั้นผู้ป่วยจะไปที่จุดเจาะเลือดและส่งต่อผลตรวจเลือดไปยังห้องชันสูตรโรค เมื่อได้รับผลตรวจแล้วจะต้องนำไปยื่นที่จุดประสานงานส่งต่อผลและรอที่หน้าห้องตรวจโดยแพทย์เฉพาะทาง หลังจากการตรวจรักษาผู้ป่วยจะไปรอรับยาที่ห้องจ่ายยา ก่อนจะออกจากโรงพยาบาล



รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลลำลูกกา เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำและวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของวิธีการจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการนั้น ผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูลเฉพาะในวันที่มีการเปิดให้บริการคลินิกพิเศษคือเฉพาะในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ ซึ่งเป็นวันที่มีผู้ป่วยมารอรับบริการเป็นจำนวนมากทั้งผู้ป่วยนอกทั่วไปและผู้ป่วยคลินิกพิเศษ โดยในขั้นตอนการตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไปจะให้บริการในช่วงเวลา 9.00-17.00 น. ในขณะที่ขั้นการตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษจะให้บริการในช่วงเวลา 9.00-12.00 น. ซึ่งในขั้นตอนการเก็บข้อมูลจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. ของวันดังกล่าว เพื่อให้ครอบคลุมการให้บริการทั้ง 2 ส่วน รวมถึงการให้บริการพื้นฐานทั่วไปด้วย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลา 3 เดือน ทั้งนี้ทำให้ได้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสิ้น 39 วัน โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จะได้มาจากระบบบันทึกการปฏิบัติงานของโรงพยาบาล คือ อัตราการเข้ามาของผู้ป่วย เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบ ข้อมูลจากการจับเวลาการปฏิบัติงานจริง คือ ระยะเวลาการให้บริการในแต่ละกระบวนการ เวลารอคอยของผู้ป่วย และข้อมูลบางส่วนจากการสอบถามผู้ปฏิบัติงานและผู้รับบริการ เช่น ข้อมูลด้านคุณลักษณะของผู้ปฏิบัติงานและของผู้รับบริการ รวมถึงแนวคิดในการบริหารกระบวนการ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ประกอบในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และในการวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์ โดยภาพรวมของการจำลองสถานการณ์และข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการศึกษางานวิจัยชิ้นนี้อธิบายได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ภาพรวมของการจำลองสถานการณ์

รูปที่ 3.3 แสดงภาพรวมของกระบวนการจำลองสถานการณ์และการนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์รวมถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยจะแบ่งออกเป็นข้อมูลนำเข้า ซึ่งจะเก็บข้อมูลอัตราการเข้ามาของผู้ป่วย และเวลาการให้บริการ เพื่อนำไปสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 ประเภทคือ แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และ

แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ โดยจะพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยแบ่งออกเป็น จำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบ จะใช้เพื่อการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ ในขณะที่ข้อมูลด้านเวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ย จะใช้เพื่อการเปรียบเทียบแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการและข้อมูลที่ได้จากระบบจริง

สำหรับหน่วยให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก จะประกอบไปด้วย งานประกันสุขภาพ จุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน งานซักประวัติผู้ป่วยนอก การตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไป การตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ จุดเจาะเลือด หน่วยงานชันสูตรโรค หน่วยงานรังสี จุดประสานงานส่งต่อผล และหน่วยจ่ายยา รายละเอียดจำนวนช่องบริการในแต่ละหน่วยบริการ พร้อมทั้งเวลาทำการ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่วยให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก

จุดรับบริการ	จำนวนช่องบริการ	เวลาทำการ
งานประกันสุขภาพ	2	7.30-16.00 น.
จุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน	2	7.30-16.00 น.
งานซักประวัติผู้ป่วยนอก	2	8.00-16.00 น.
การตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไป	3	9.00-17.00 น.
การตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ	1	9.00-12.00 น.
จุดเจาะเลือด	1	7.30-16.30 น.
หน่วยงานชันสูตรโรค (Lab Test)	1	7.30-16.30 น.
หน่วยงานรังสี (X-ray)	1	8.00-16.30 น.
จุดประสานงานส่งต่อผล (Recheck)	1	8.15-16.30 น.
การจ่ายยา	2	9.00-18.00 น.

ในระบบบริการผู้ป่วยนอกหากผู้ป่วยคลินิกพิเศษที่เข้ามาขอรับบริการหลังเวลา 12.00 น. ผู้ป่วยผู้นั้นจะได้รับการให้บริการตามขั้นตอนและกระบวนการตรวจรักษาของผู้ป่วยนอกทั่วไปแทน และหากผู้ป่วยเข้ามารับบริการในช่วงเวลาที่หน่วยให้บริการนั้นๆ หมดเวลาทำการไปแล้ว ผู้ป่วยผู้นั้นจะได้รับการให้บริการโดยโอนย้ายการทำงานไปให้ในส่วนของแผนกผู้ป่วยฉุกเฉินแทน ตัวอย่างเช่น หากผู้ป่วยเข้ามารับการบริการในหน่วยงานรังสี (X-ray) หลังเวลา 16.30 น. กระบวนการให้บริการจะถูกดำเนินการโดย

แผนกผู้ป่วยฉุกเฉินแทน ซึ่งอยู่นอกขอบเขตในการศึกษาและจะถือว่าผู้ป่วยได้ออกจากกระบวนการตรวจรักษาในแผนกผู้ป่วยนอกไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนำเข้า

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ก่อนหน้า ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล โดยในที่นี้จะใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input analyzer) ในโปรแกรม Arena เพื่อให้ได้รูปแบบการแจกแจงที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้านี้มีความจำเป็นอย่างมากในการนำมาสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ หากมีความผิดพลาดหรือรูปแบบไม่ตรงกับระบบจริง จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์มีความคาดเคลื่อนไปได้ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ ข้อมูลอัตราการเข้ามาของผู้ป่วย และเวลาการให้บริการในแต่ละสถานีบริการ

ในการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลนำเข้าจะใช้ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี Chi-square ของเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มีจำนวนมากกว่า 50 ข้อมูล การแจกแจงของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วยนอกและรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา แสดงดังตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วยนอก

ช่วงเวลา	รูปแบบของการแจกแจง (วินาที)	ค่า p-value
6.00-7.00 น.	1 + EXPO(190)	0.664
7.00-8.00 น.	2 + EXPO(109)	0.571
8.00-9.00 น.	2 + EXPO(135)	0.349
9.00-10.00 น.	3 + EXPO(219)	0.738
10.00-11.00 น.	13 + EXPO(342)	0.0786
11.00-12.00 น.	8 + EXPO(422)	0.182
12.00-13.00 น.	12 + EXPO(842)	0.529
13.00-14.00 น.	2 + EXPO(284)	0.715

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ช่วงเวลา	รูปแบบของการแจกแจง (วินาที)	ค่า p-value
14.00-15.00 น.	12 + EXPO(295)	0.245
15.00-16.00 น.	7 + EXPO(345)	0.658

จากตารางที่ 3.2 แสดงรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วยนอกในหน่วยวินาที ในที่นี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วยเป็นรายชั่วโมง เพื่อให้เห็นรูปแบบของการแจกแจงข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น สำหรับค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี Chi-square จะช่วยยืนยันได้ว่ารูปแบบการแจกแจงที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้ามีความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าจะพบว่าข้อมูลมีลักษณะรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)

ตารางที่ 3.3 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการให้บริการ

จุดรับบริการ	รูปแบบการแจกแจง (วินาที)	ค่า p-value
งานประกันสุขภาพ	TRIA(21,48.6, 208)	> 0.75
จุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน	TRIA(61.5,87.9, 127)	0.576
งานซักประวัติผู้ป่วย	TRIA(69,147, 287)	0.405
การตรวจรักษาทั่วไป	TRIA(129, 148, 282)	0.0832
การตรวจรักษาคลินิกพิเศษ	TRIA(107, 161, 259)	0.239
จุดเจาะเลือด	TRIA(65, 85.1, 125)	0.644
ห้องชันสูตรโรค (lab)	TRIA(134, 186, 280)	0.492
หน่วยงานรังสี (x-ray)	TRIA(205,290, 601)	0.292
จุดประสานงานส่งต่อผล	TRIA(24, 27.9, 35)	0.093
การจ่ายยา	TRIA(92, 110, 177)	0.479

จากตารางที่ 3.3 แสดงรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการให้บริการในแต่ละหน่วยบริการจากการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดระยะเวลา 3 เดือน พร้อมทั้งแสดงค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี Chi-square ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าจะพบว่าข้อมูลมีลักษณะรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบสามเหลี่ยม (Triangular) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

3.5 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ควรจะต้องมีการพิจารณาถึงความถูกต้อง ใกล้เคียงกับระบบจริง ซึ่งจะทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในแบบจำลองสถานการณ์และสามารถนำไปปรับปรุงระบบจริงหรือใช้ในการพยากรณ์หรือสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบได้

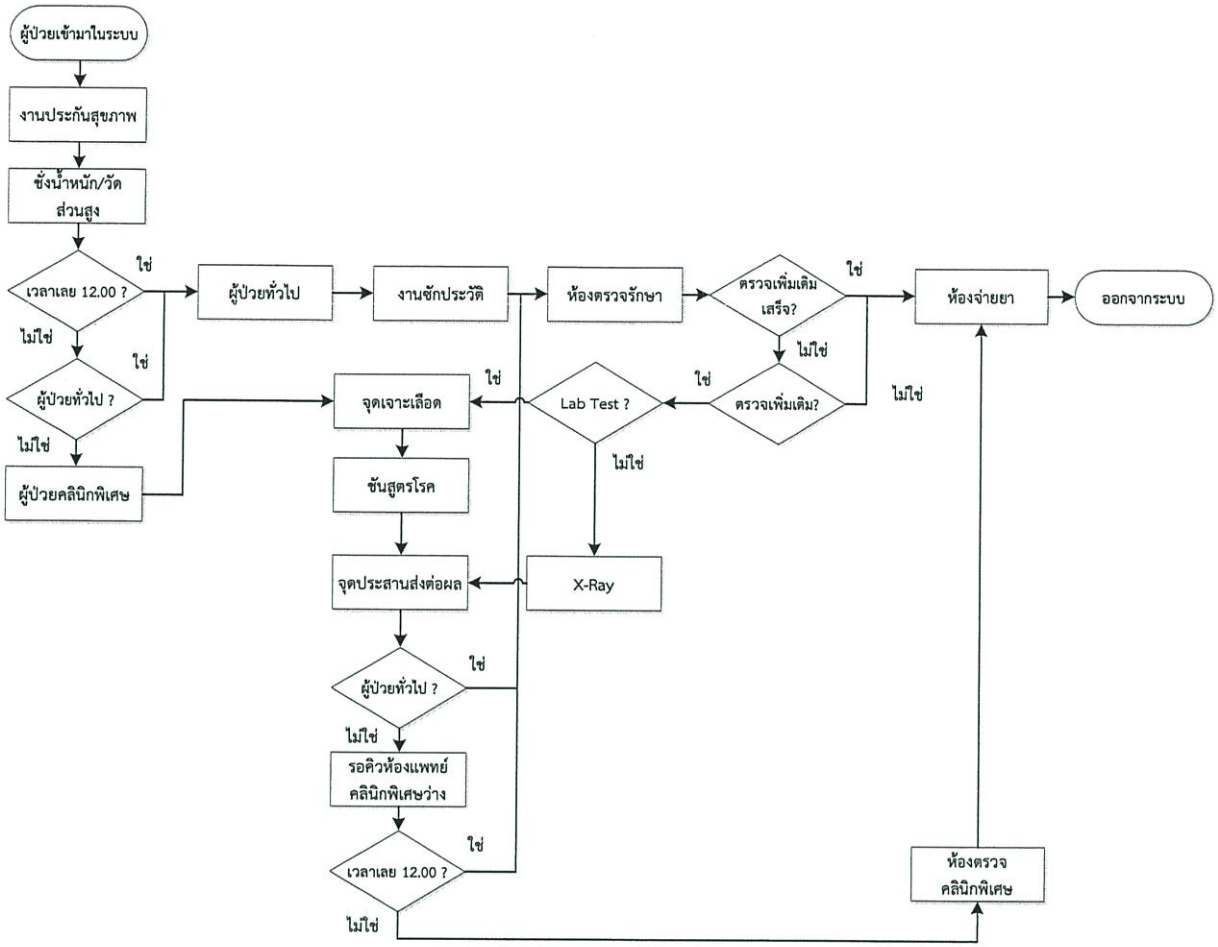
ในส่วนของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้น ได้พิจารณาออกเป็น 2 แบบจำลองคือ แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

3.5.1 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena เวอร์ชั่น 10.0 ในการนำเสนอการทำงานของแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล ซึ่งได้แนวคิดมาจากงานวิจัยของยลดา (2556) ที่ได้นำเสนอแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบแถวคอยโดยใช้การจำลองสถานการณ์ในแผนกผู้ป่วยนอก โดยในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงและปรับเปลี่ยนแบบจำลองสถานการณ์ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

แผนผังแสดงตรรกะการทำงาน (Logic flow diagram) ของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องได้ถูกถอดแบบมาจากแผนผังแสดงขั้นตอนการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอก โดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.4

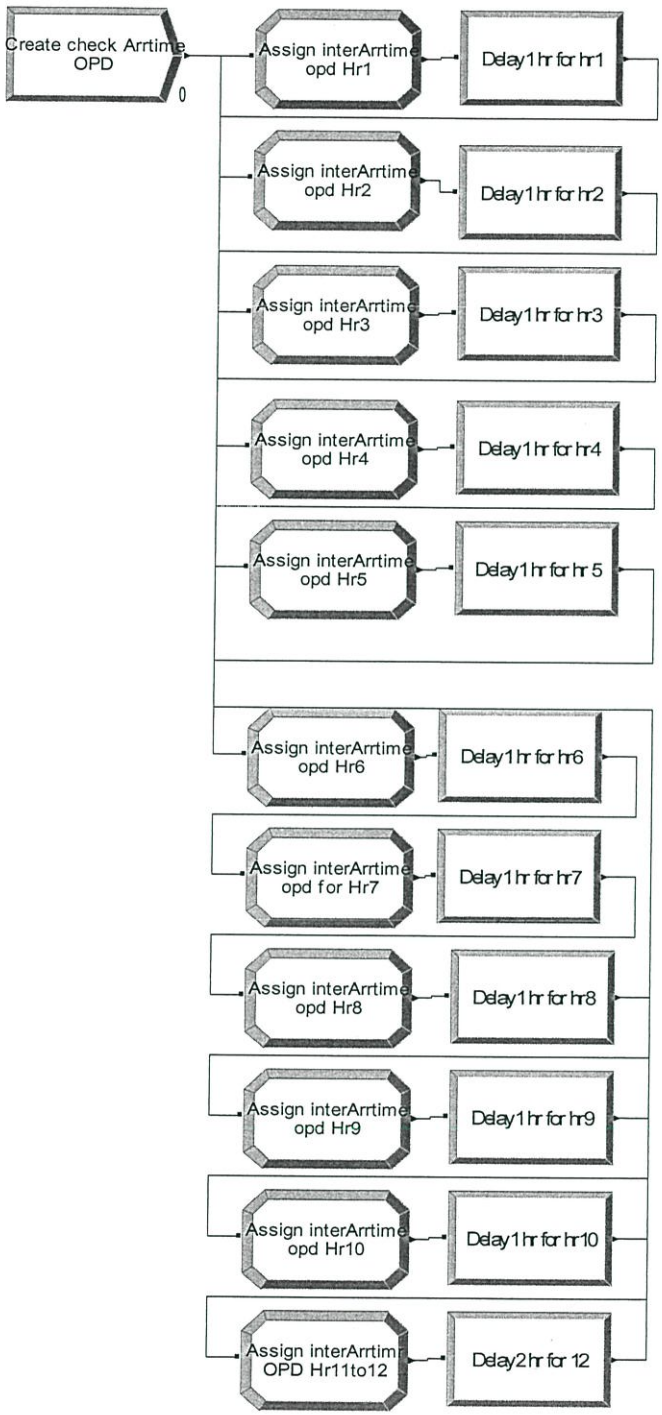
โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ในแผนกผู้ป่วยนอกที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (DES) โดยโปรแกรม Arena นั้น สามารถอธิบายได้เป็น 2 ส่วนประกอบหลักๆ ส่วนแรกคือส่วนโมดูลที่สร้างรูปแบบการแจกแจงการเข้ามาของผู้ป่วย และส่วนที่สองคือ ส่วนของโมดูลแสดงขั้นตอนการให้บริการของหน่วยบริการในแผนกผู้ป่วยนอก



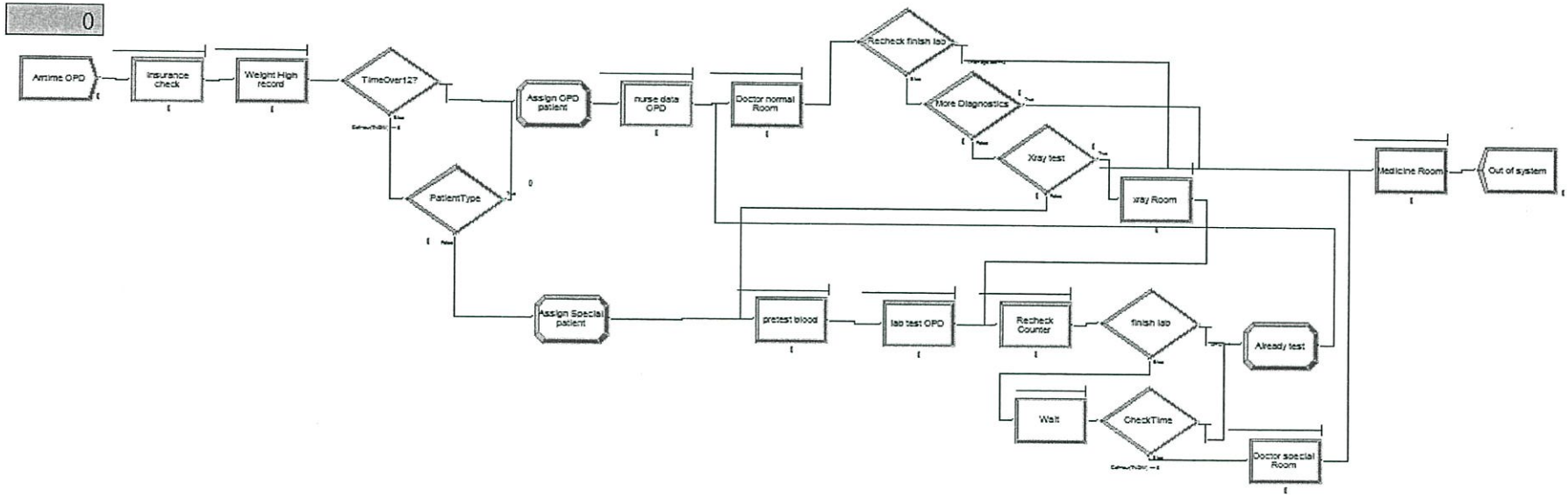
รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงตรรกะการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง

ส่วนของโมดูลที่ใช้สร้างรูปแบบการแจกแจงการเข้ามาของผู้ป่วย มีการออกแบบโดยใช้ Expression Spreadsheet Module ในการสร้างรูปแบบการแจกแจงการเข้ามาของผู้ป่วยเป็นรายชั่วโมง โดยมีการหน่วงเวลาทุกๆหนึ่งชั่วโมงและกำหนดค่าของตัวแปร vHropd ให้มีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อเรียกใช้รูปแบบการแจกแจงใน Expression Spreadsheet Module ของค่าในลำดับถัดไปเมื่อค่าตัวแปรเปลี่ยนแปลงไป โดยแสดงดังรูปที่ 3.5

ในส่วนของโมดูลแสดงขั้นตอนการให้บริการของหน่วยบริการในแผนกผู้ป่วยนอกนั้น จะเริ่มตั้งแต่ผู้ป่วยเข้ามาในระบบ ผ่านหน่วยบริการต่างๆภายในระบบให้บริการผู้ป่วยนอก จนกระทั่งผู้ป่วยออกจากระบบ แสดงดังรูปที่ 3.6



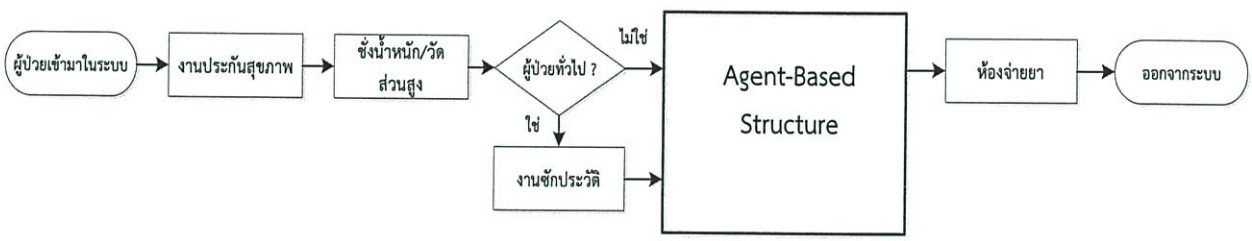
รูปที่ 3.5 ส่วนโมดูลที่สร้างรูปแบบการแจกแจงการเข้ามาของผู้ป่วย



รูปที่ 3.6 แบบจำลองสถานการณ์ในขั้นตอนการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล

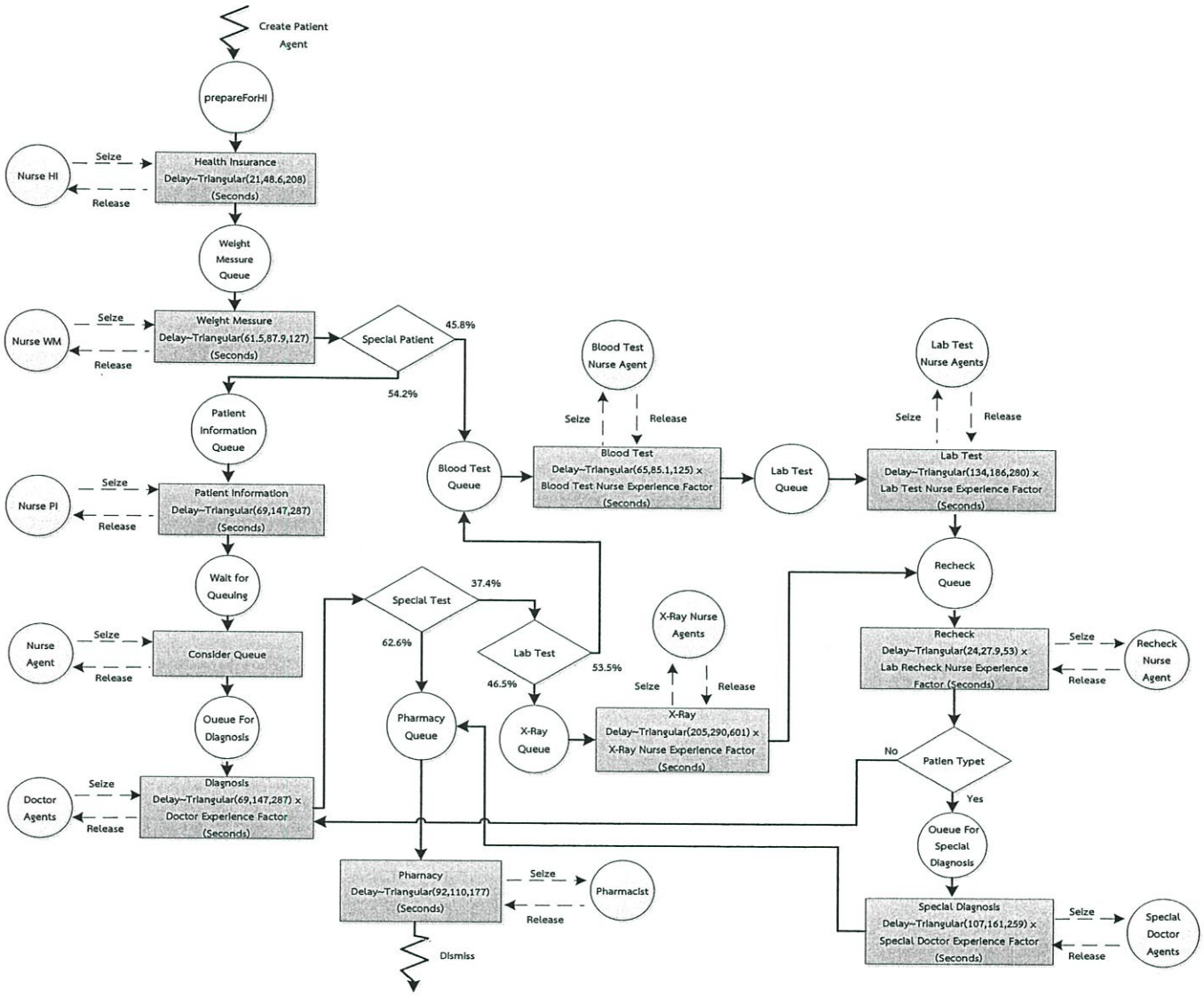
3.5.2 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ AnyLogic (6.9.0 Professional Version) ซึ่งสนับสนุนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ และแสดงภาพการจำลองสถานการณ์ที่สามารถตรวจสอบขั้นตอนการทำงานรวมถึงผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ได้ โดยในส่วนของขั้นตอนการออกแบบการจำลองสถานการณ์ในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลนั้น ได้มีการพิจารณาในส่วนของพฤติกรรม คุณลักษณะ และการตัดสินใจของตัวกระทำ เพิ่มเข้าไปในแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งในที่นี้ได้แก่ ผู้ป่วย แพทย์ตรวจรักษา แพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษ พยาบาลจัดลำดับการเข้าพบแพทย์ พยาบาลหน่วยงานรังสี พยาบาลจุดเจาะเลือด พยาบาลห้องชันสูตรโรค และพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล ที่จะมีลักษณะการทำงานแบบตัวกระทำ (Agent) ในขณะที่ส่วนที่เหลือจะมีรูปแบบการทำงานแบบการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ เราไม่สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำที่สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลได้ โดยเฉพาะในส่วนของโครงสร้างองค์กรที่มีหลายขั้นตอน จึงได้ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องเข้ามาช่วยในส่วนของระบบในบางขั้นตอน และได้ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำในการอธิบายพฤติกรรมของตัวกระทำในระบบ และเหตุผลทางด้านข้อจำกัดของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ AnyLogic Professional (Trial) Version ที่ไม่สามารถสร้างองค์ประกอบด้านตัวกระทำในจำนวนที่เกินกว่าที่โปรแกรมกำหนดไว้ได้ แต่ทั้งนี้ยังคงรูปแบบการทำงานแบบตัวกระทำเพื่อให้พิจารณาในกระบวนการที่สนใจได้ โดยแผนผังแสดงตรรกะการทำงาน (Logic flow diagram) ของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงตรรกะการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

เพื่อให้เข้าใจการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์นี้มากยิ่งขึ้น จะอธิบายโดยใช้แผนภาพกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนภาพกระบวนการของแบบจำลองสถานการณ์

จากรูปแสดงแผนภาพกระบวนการของแบบจำลองสถานการณ์ในรูปที่ 3.8 สามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละส่วนได้ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in AnyLogic	Key Attribute
Process	กระบวนการสร้างการเข้ามาของตัวกระทำผู้ป่วย	Create	Number of process = 1 Next process = Health Insurance
	กระบวนการประกันสุขภาพและตรวจสอบสิทธิ์ผู้ป่วย	Health Insurance	Number of process = 2 Next process = Weight Measure
	กระบวนการชั่งน้ำหนัก / วัดความดัน	Weight Measure	Number of process = 2 Next process = Patient Information, Blood Test
	กระบวนการซักประวัติผู้ป่วย	Patient Information	Number of process = 2 Next process =Consider Queue
	กระบวนการตรวจรักษา	Diagnosis	Number of process = 3 Next process = Pharmay, Blood Test, X-Ray
	กระบวนการเจาะเลือด	Blood Test	Number of process = 1 Next process = Lab Test
	กระบวนการชันสูตรโรค	Lab Test	Number of process = 1 Next process = Recheck
	กระบวนการฉายรังสี	X-Ray	Number of process = 1 Next process = Recheck
	กระบวนการประสานงานส่งต่อผล	Recheck	Number of process = 1 Next process = Special Diagnosis, Diagnosis
	กระบวนการตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ	Special Diagnosis	Number of process = 1 Next process = Pharmacy
	กระบวนการจ่ายยา	Pharmacy	Number of process = 2 Next process = Send to Dismiss

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

Type	Name/Description	Name in AnyLogic	Key Attribute
Resource	พยาบาลประกันสุขภาพ และตรวจสอบสิทธิ์ผู้ป่วย	Nurse HI	Number of resource = 2 Type = Based on Schedule HI
	พยาบาลชั่งน้ำหนัก / วัดความดัน	Nurse WM	Number of resource = 2 Type = Based on Schedule WM
	พยาบาลซักประวัติผู้ป่วย	Nurse PI	Number of resource = 2 Type = Based on Schedule PI
	พยาบาลห้องจ่ายยา	Pharmacist	Number of resource = 2 Type = Based on Schedule Pharmacy
Agent	ผู้ป่วย	Patient	Number of agent = Infinite Parameter = Relapse Rate, Normal Rate, Fast Tract Rate, Urgent Rate Variable = Priority, Fast Tract Priority
	แพทย์ตรวจรักษา	Doctor	Number of agent = 3 Variable = Experience
	แพทย์ตรวจรักษา คลินิกพิเศษ	Special Doctor	Number of agent = 1 Variable = Experience
	พยาบาลจัดลำดับ การเข้าพบแพทย์	Nurse	Number of agent = 1 Variable = Experience
	พยาบาลจุดเจาะเลือด	Blood Test Nurse	Number of agent = 1 Variable = Experience
	พยาบาลหน่วยงานรังสี	X-Ray Nurse	Number of agent = 1 Variable = Experience
	พยาบาลห้องชันสูตรโรค	Lab Test Nurse	Number of agent = 1 Variable = Experience
	พยาบาลจุดประสานงาน ส่งต่อผล	Recheck Nurse	Number of agent = 1 Variable = Experience

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

Type	Name/Description	Name in AnyLogic	Key Attribute
Queue	คิวรอเข้างานประกันสุขภาพ และตรวจสอบสิทธิ์ผู้ป่วย	Prepare for HI	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้างานชั่งน้ำหนัก / วัดความดัน	Weight Measure Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้างานซักประวัติผู้ป่วย	Patient Information Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอการจัดลำดับเข้าพบแพทย์	Wait for Queuing	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าห้องการตรวจรักษา	Queue for Diagnosis	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าจุดเจาะเลือด	Blood Test Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าหน่วยงานรังสี	X-Ray Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าห้องชันสูตรโรค	Lab Test Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าจุดประสานงานส่งต่อผล	Recheck Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าห้องการตรวจรักษา ผู้ป่วยคลินิกพิเศษ	Queue for Special Diagnosis	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out
	คิวรอเข้าห้องจ่ายยา	Pharmacy Queue	Number of entity = 1 Capacity = infinity Type = First in first out

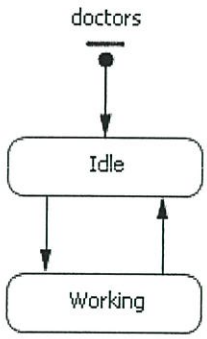
ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

Type	Name/Description	Name in AnyLogic	Key Attribute
Decision	ความน่าจะเป็นของประเภทผู้ป่วยที่เข้ามาในระบบ	Special Patient	Number of decision = 1 Type = 2-way by chance Special Patient = 45.8 % Normal Patient = 54.2 %
	ความน่าจะเป็นผู้ป่วยที่ต้องการการวินิจฉัยเพิ่มเติม	Special Test	Number of decision = 1 Type = 2-way by chance Need = 37.4 % No Need = 62.6 %
	ความน่าจะเป็นผู้ป่วยที่ต้องเข้ารับการชันสูตรโรค	Lab Test	Number of decision = 1 Type = 2-way by chance Blood Test = 53.5% X-Ray = 46.5 %
	ความน่าจะเป็นของประเภทผู้ป่วยที่ใช้ในการพิจารณาพบแพทย์ตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ	Patient Type	Number of decision = 1 Type = 2-way by Condition Special Patient = Yes Normal Patient = No

แผนภาพกระบวนการของแบบจำลองสถานการณ์ ในรูปที่ 3.8 และรายละเอียดของแต่ละส่วนการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์ในตารางที่ 3.4 เป็นการอธิบายเพื่อให้เห็นภาพรวมของการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งในแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำนั้น ตัวกระทำจะมีผลต่อการตัดสินใจและพฤติกรรมของระบบโดยรวม โดยในกระบวนการที่มีการใช้ทรัพยากรที่เป็นตัวกระทำนั้น พฤติกรรมของระบบจะเกิดขึ้นจากพฤติกรรมและตัดสินใจของตัวกระทำ โดยไม่ได้เกิดจากเงื่อนไขที่กำหนดไว้ตายตัวดังเช่นกระบวนการอื่นๆ โดยตัวกระทำในแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำนี้จะประกอบด้วยตัวกระทำทั้งสิ้น 8 ประเภทด้วยกัน ซึ่งได้แก่ ผู้ป่วย แพทย์ตรวจรักษา แพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษ พยาบาลจัดลำดับการเข้าพบแพทย์ พยาบาลจุดเจาะเลือด พยาบาลหน่วยงานรังสี พยาบาลห้องชันสูตรโรค และพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล

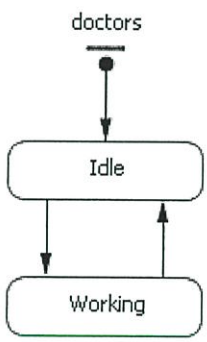
การทำงานของตัวกระทำจะถูกพิจารณาโดยสถานะการทำงาน (State) ของตัวกระทำ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากแผนผังสถานะ (State Chart) ของแต่ละตัวกระทำที่ได้กำหนดไว้ในแบบจำลอง โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงสถานะการทำงาน (Working) หรือไม่ทำงาน (Idle) รวมถึงสถานะด้านกระบวนการที่แต่ละตัวกระทำกำลังดำเนินการอยู่ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

แผนผังสถานะการทำงานของแพทย์ตรวจรักษาประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่แพทย์ว่าง และสถานะ *Working* คือสถานะที่แสดงการทำงานของแพทย์ตรวจรักษา ดังแสดงในรูปที่ 3.9



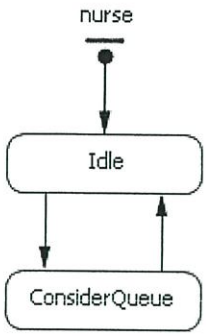
รูปที่ 3.9 แผนผังสถานะของตัวกระทำแพทย์ตรวจรักษา

แผนผังสถานะการทำงานของแพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่แพทย์ว่าง และสถานะ *Working* คือสถานะที่แสดงการทำงานของแพทย์ตรวจรักษา ดังแสดงในรูปที่ 3.10



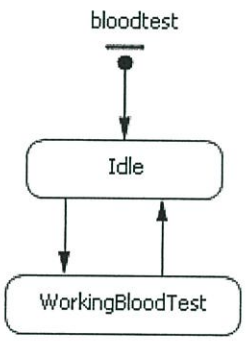
รูปที่ 3.10 แผนผังสถานะของตัวกระทำแพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษ

แผนผังสถานะการทำงานของพยาบาลจัดลำดับการเข้าพบแพทย์ประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่พยาบาลจัดลำดับการเข้าพบแพทย์ว่าง และสถานะ *ConsiderQueue* คือสถานะที่แสดงการทำงานของพยาบาลโดยจะทำการพิจารณาลำดับคิวของผู้ป่วยตามความเหมาะสมในการเข้าพบแพทย์แต่ละราย ดังแสดงในรูปที่ 3.11



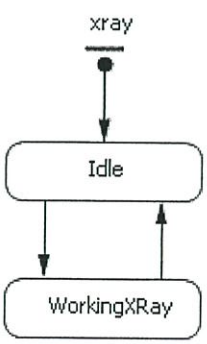
รูปที่ 3.11 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลจัดคิว

แผนผังสถานะการทำงานของพยาบาลจุดเจาะเลือด ประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่พยาบาลจุดเจาะเลือดว่าง และสถานะ *WorkingBloodTest* คือสถานะที่แสดงการทำงานของพยาบาลจุดเจาะเลือด ดังแสดงในรูปที่ 3.12



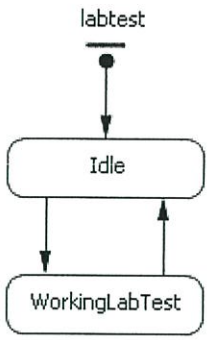
รูปที่ 3.12 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลจุดเจาะเลือด

แผนผังสถานะการทำงานของพยาบาลหน่วยงานรังสี ประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่พยาบาลหน่วยงานรังสีว่าง และสถานะ *WorkingXRay* คือสถานะที่แสดงการทำงานของพยาบาลหน่วยงานรังสี ดังแสดงในรูปที่ 3.13



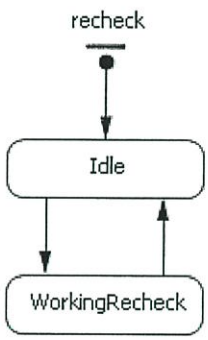
รูปที่ 3.13 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลหน่วยงานรังสี

แผนผังสถานะการทำงานของพยาบาลห้องชันสูตรโรค ประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่พยาบาลห้องชันสูตรโรคว่าง และสถานะ *WorkingLabTest* คือสถานะที่แสดงการทำงานของพยาบาลห้องชันสูตรโรคดังแสดงในรูปที่ 3.14



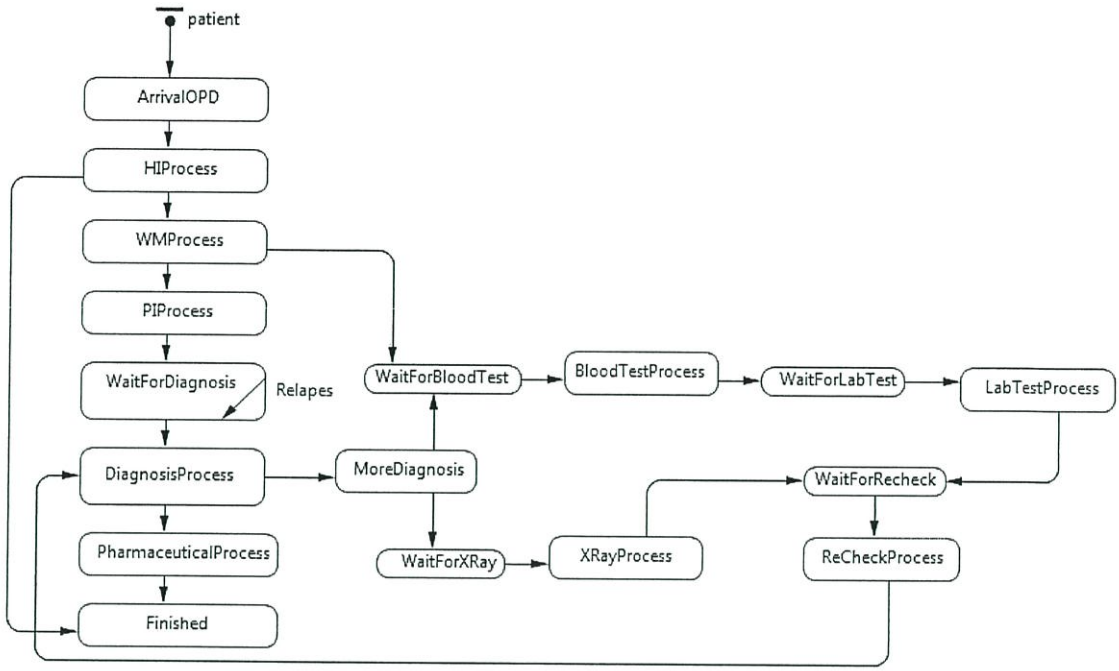
รูปที่ 3.14 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลห้องชันสูตรโรค

แผนผังสถานะการทำงานของพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล ประกอบด้วยสถานะ *Idle* คือสถานะที่พยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผลว่าง และสถานะ *WorkingRecheck* คือสถานะที่แสดงการทำงานของพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล ดังแสดงในรูปที่ 3.15



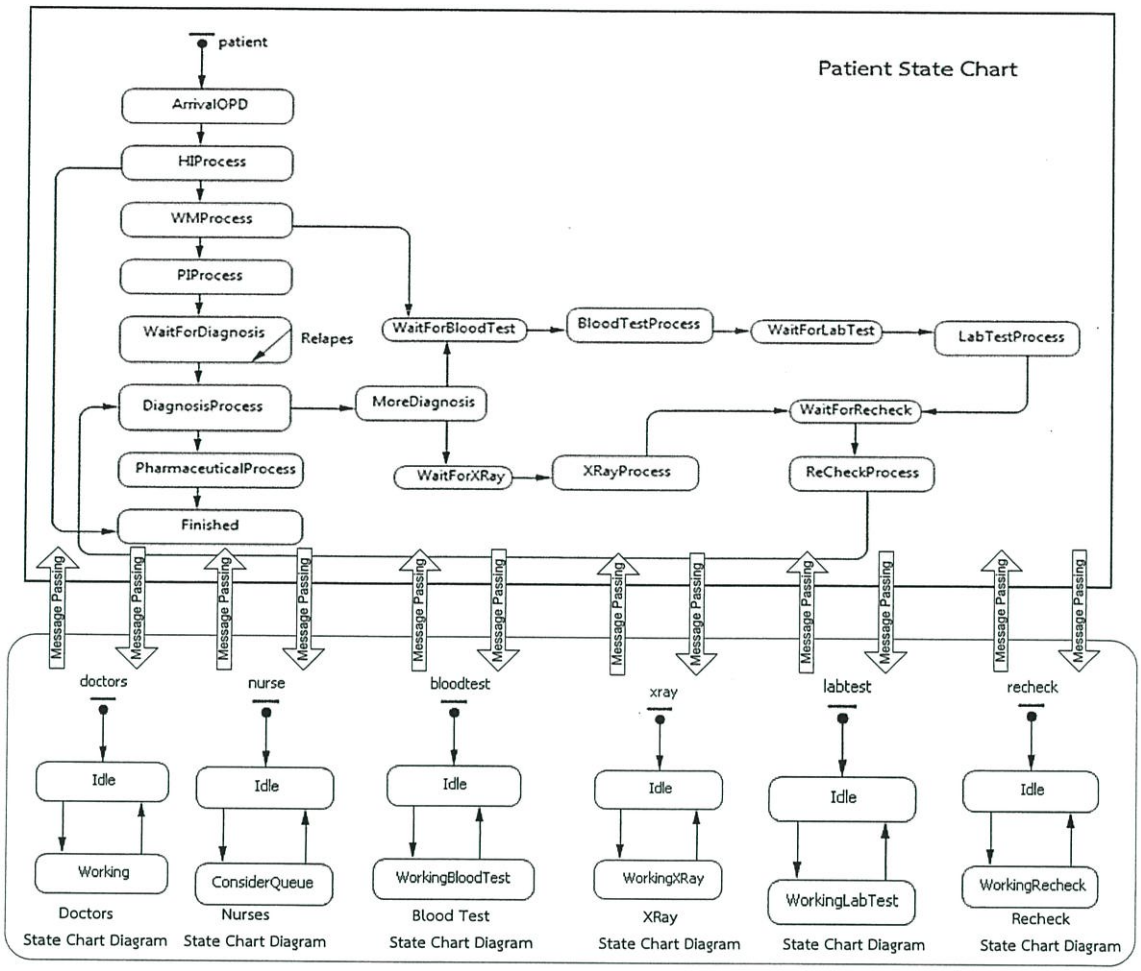
รูปที่ 3.15 แผนผังสถานะของตัวกระทำพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล

แผนผังสถานะการทำงานของผู้ป่วยแสดงสถานะของตัวกระทำผู้ป่วยเริ่มตั้งแต่เข้ามาในระบบจนกระทั่งออกจากระบบ โดยแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แผนผังสถานะของตัวกระทำผู้ป่วย

ตัวกระทำจะมีการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางการส่งผ่านข้อความ (Message Passing) ระหว่างตัวกระทำ สถานะของตัวกระทำจะเปลี่ยนแปลงไปหรือมีการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งเมื่อได้รับหรือส่งข้อความให้กับตัวกระทำอื่นหรือเงื่อนไขด้านข้อกำหนดเวลาเป็นจริง (Timeout Condition) ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ป่วยผ่านจุดซักประวัติมาแล้วผู้ป่วยจะเปลี่ยนสถานะเป็น *WaitForDiagnosis* และจะส่งผ่านข้อความไปยังพยาบาลเพื่อรอการจัดลำดับคิว หากพยาบาลอยู่ในสถานะ *Idle* และได้รับข้อความจากผู้ป่วย พยาบาลจะเปลี่ยนสถานะเป็น *ConsiderQueue* และจะทำการจัดลำดับคิวให้กับผู้ป่วย เมื่อพยาบาลจัดลำดับคิวให้ผู้ป่วยเสร็จสิ้นแล้วพยาบาลจะกลับไปสู่สถานะ *Idle* อีกครั้งพร้อมกับส่งข้อความไปยังแพทย์เพื่อให้ทราบว่ามีผู้ป่วยรอการรักษา และแพทย์จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้ป่วยและพยาบาลเพื่อดำเนินการในขั้นต่อไป การติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างตัวกระทำแสดงดังรูปที่ 3.17 ซึ่งจะช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองสถานการณ์มีความเข้าใจในการสื่อสารของตัวกระทำภายใต้แบบจำลองสถานการณ์ได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 3.17 การส่งผ่านข้อความระหว่างตัวกระทำ

ปัจจัยที่มีผลต่อสถานะและการทำงานของตัวกระทำคือคุณลักษณะของตัวกระทำ ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรม การตัดสินใจของตัวกระทำและพฤติกรรมของระบบ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบคุณลักษณะของตัวกระทำต่างๆ พร้อมทั้งแสดงจำนวนตัวกระทำในแต่ละประเภทภายในระบบ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.5 โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ตัวกระทำผู้ป่วย จะประกอบด้วยคุณลักษณะที่แตกต่างกันทางด้าน อาการของโรคซึ่งจะเป็นปัจจัยที่ถูกพิจารณาด้านความเร่งด่วนในลำดับการเข้าพบแพทย์ของผู้ป่วย โดยจะแบ่งอาการของโรคออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับผู้ป่วยทั่วไป ระดับให้ความสำคัญ (Fast Tract) และระดับเร่งด่วน และคุณลักษณะด้านอาการกำเริบของโรค ซึ่งจะมีผลทำให้ผู้ป่วยมีระดับความเร่งในการเข้าพบแพทย์ที่เปลี่ยนแปลงไป

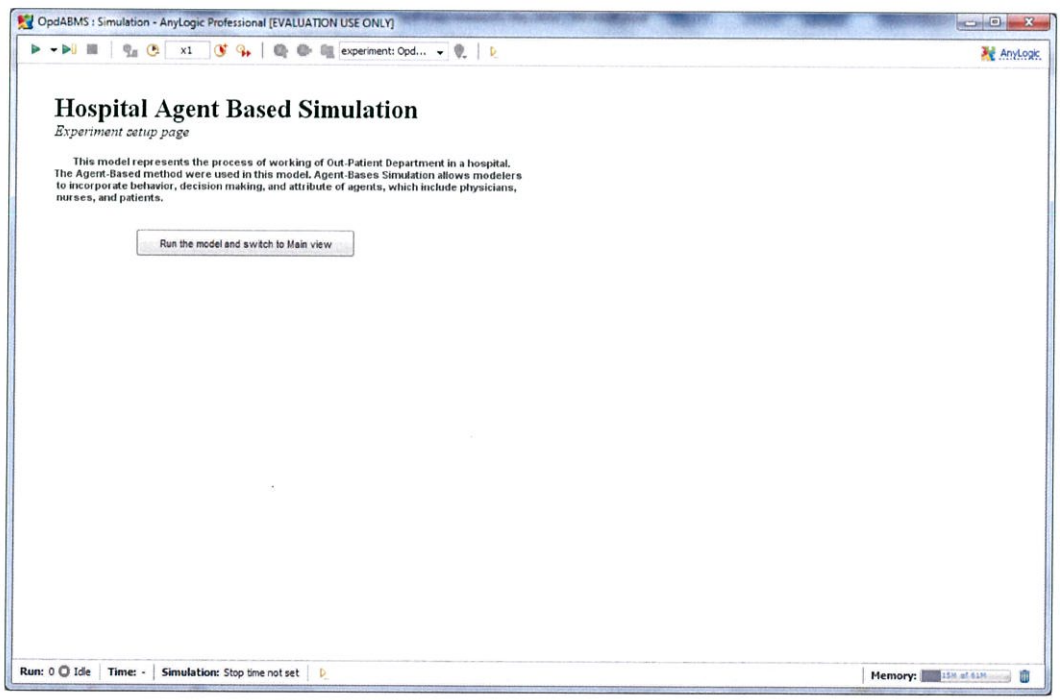
ตัวกระทำแพทย์ตรวจรักษา แพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษ พยาบาลผู้จัดคิว พยาบาลจุดเจาะเลือด พยาบาลหน่วยงานรังสี พยาบาลห้องชันสูตรโรค และพยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล จะมีคุณลักษณะด้านประสบการณ์การทำงานซึ่งมีผลทำให้ตัวกระทำแต่ละตัวกระทำใช้เวลาในการให้บริการผู้ป่วยที่แตกต่างกันออกไปตามคุณลักษณะด้านประสบการณ์ของตน

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงคุณลักษณะด้านตัวกระทำ

ตัวกระทำ	คุณลักษณะด้านตัวกระทำ	จำนวน
ผู้ป่วย	1. อาการของโรค (อัตราความเร่งด่วน) 2. อัตราการกำเริบ	ตามอัตรา การเข้ามา
แพทย์ตรวจรักษา	ประสบการณ์การทำงาน	3
แพทย์ตรวจรักษาคลินิกพิเศษ	ประสบการณ์การทำงาน	1
พยาบาลผู้จัดคิว	ประสบการณ์การทำงาน	1
พยาบาลจุดเจาะเลือด	ประสบการณ์การทำงาน	1
พยาบาลหน่วยงานรังสี	ประสบการณ์การทำงาน	1
พยาบาลห้องชันสูตรโรค	ประสบการณ์การทำงาน	1
พยาบาลจุดประสานงานส่งต่อผล	ประสบการณ์การทำงาน	1

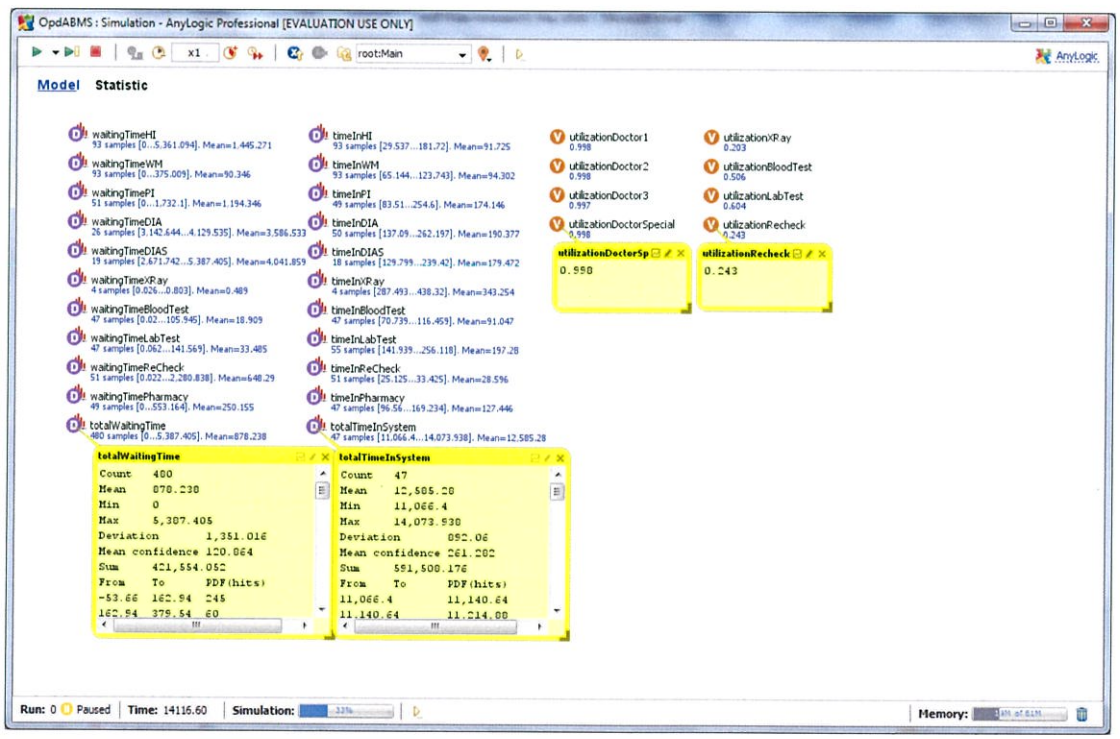
แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาด้วยโปแกรมจำลองสถานการณ์ AnyLogic โดยแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นประกอบด้วยหน้าต่างการทำงานหลักๆทั้งสิ้น 3 หน้าต่างการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย หน้าต่างการเข้าทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ หน้าต่างแสดงการทำงานหลักของแบบจำลองสถานการณ์ และหน้าต่างแสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองสถานการณ์

หน้าต่างการเข้าทำงานของแบบจำลองสถานการณ์เป็นหน้าต่างเริ่มต้นที่จะแสดงเมื่อมีการสั่งรันโปรแกรม โดยจะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองที่เราได้สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 หน้าต่างการเข้าทำงานของแบบจำลองสถานการณ์

รูปที่ 3.19 หน้าต่างแสดงการทำงานหลักของแบบจำลองสถานการณ์



รูปที่ 3.20 หน้าต่างแสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองสถานการณ์

หน้าต่างแสดงการทำงานหลักของแบบจำลองสถานการณ์ เป็นส่วนที่แสดงเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในแบบจำลองสถานการณ์ โดยสามารถแสดงด้วยภาพเคลื่อนไหว (Animation) พร้อมทั้งค่าของตัวแปร พารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่รันโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ในขณะเดียวกันหน้าต่างแสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองสถานการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.20 จะมีการบันทึกและแสดงข้อมูลทางสถิติของระบบตามที่ได้กำหนดหรือระบุให้มีการบันทึกไว้ ซึ่งสามารถนำค่าทางสถิติที่ได้นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองได้

ในการรันแบบจำลองสถานการณ์นั้นจะใช้เงื่อนไขการหยุดการจำลองสถานการณ์ (Terminate Condition) โดยใช้เงื่อนไขด้านเวลา โดยกำหนดเวลาในการรันแบบจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลา 6.00-18.00 น. แล้วพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งในที่นี้จะได้แก่ ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบ เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ย ซึ่งผลลัพธ์ด้านค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบ จะใช้เพื่อการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ ในขณะที่ผลลัพธ์ด้านเวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ยและเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ยจะใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วยในการตรวจสอบ โดยจะใช้วิธีการ One-Way ANOVA สำหรับเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ยและเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ยของแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ และค่าที่ได้จากระบบจริง

3.6 การตรวจสอบความถูกต้องและความเหมือนจริงของแบบจำลอง

ก่อนที่จะนำแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นไปใช้อธิบายกระบวนการทำงานในระบบจริงนั้น จะต้องมีการตรวจสอบแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นคือ การตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) และ การตรวจสอบความเหมือนจริง (Validation) ของแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Verification) จะตรวจสอบโดยการแยกตรวจสอบแบบจำลองแต่ละส่วนย่อยในแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธี โดยจากการตรวจสอบพบว่าการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ต่ละส่วนย่อยนั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และเมื่อตรวจสอบจากภาพเคลื่อนไหว (Animation) ที่แสดงการเคลื่อนที่ของผู้ป่วยทั้ง 2 ประเภทคือผู้ป่วยทั่วไปและผู้ป่วยคลินิกพิเศษพบว่ามีการเคลื่อนที่ไปตามกระบวนการที่ถูกต้อง

การตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Validation) จะใช้การตรวจสอบความเหมือนจริงของค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ด้วยข้อมูลในอดีต (Validation Input – Output: Using Historical Input Data) โดยการทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยที่เข้าและออกจากระบบในแบบจำลองทั้ง 2 วิธีการและค่าที่ได้จากการเก็บรวบรวมในระบบจริง ด้วยวิธี Welch Confidence Interval โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งในแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีนั้นได้กำหนดเงื่อนไขในการออกจากระบบของผู้ป่วยตามระยะเวลาการทำงานในแผนกผู้ป่วยนอก โดยหากมีผู้ป่วยที่ยังดำเนินการในกระบวนการไม่แล้วเสร็จแต่หมดเวลาในการให้บริการในหน่วยบริการนั้นๆ แล้ว แบบจำลองจะถือว่าผู้ป่วยได้ออกจากระบบไปแล้ว เนื่องจากในความเป็นจริงหากเลยระยะเวลาทำการในหน่วยให้บริการของแผนกผู้ป่วยนอกไปแล้วนั้น การดำเนินงานจะเป็นความรับผิดชอบของแผนกฉุกเฉินซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตที่ศึกษา จากการตรวจสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองสถานการณ์

โดยพิจารณาที่จำนวนผู้ป่วยที่เข้าและออกจากระบบโดยเฉลี่ยในแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีโดยการทดสอบทางสถิติ ซึ่งข้อมูลค่าเฉลี่ยจากระบบจริงได้มาจากข้อมูลทางสถิติของโรงพยาบาล จะได้ผลการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบ

ข้อมูลจาก	ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วย เข้า / ออก จากระบบ (คน)
ระบบจริง	146.11
DES Model	(143.602, 146.598)
ABS Model	(143.365, 147.368)

จากการตารางที่ 3.6 พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบของแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีที่ได้สร้างขึ้นมีค่าที่ครอบคลุมช่วงค่าเฉลี่ยที่ได้จากระบบจริง ซึ่งจากการตรวจสอบความความเหมือนจริงของแบบจำลองสถานการณ์สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีที่ได้สร้างขึ้นกับระบบให้บริการจริงในโรงพยาบาลไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยเข้า/ออกจากระบบในระบบจริงอยู่ภายใต้ช่วง CI 95% ของระบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น และแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายการทำงานของระบบงานจริงได้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลจากการจำลองสถานการณ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำและวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง เปรียบเทียบผลลัพธ์ทางสถิติของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการทั้งสองกับระบบจริง เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกวิธีการที่มีความเหมาะสม โดยสามารถแบ่งเป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

1. การกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์
2. ผลการจำลองสถานการณ์
3. การเปรียบเทียบผลการจำลองสถานการณ์
4. วิจารณ์ผลการทดลอง
5. การประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลสุขภาพ

4.1 การกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์

ในการจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีการกำหนดรอบในการจำลองสถานการณ์ที่มีความเหมาะสม เพื่อลดความแปรปรวนของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ การหาจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์หรือการรัน (Number of replication) สามารถทำได้หลายวิธี ในที่นี้ผู้วิจัยเลือกวิธีการหาจำนวนรอบการประมวลผล โดยการกำหนดรอบการประมวลผลเบื้องต้น (R_0) และนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณตามสูตรการคำนวณรอบการประมวลผลคือ

$$R \cong R_0 \frac{h_0^2}{h^2} \tag{4.1}$$

โดยที่ h_0 คือ ค่า Half Width จากการกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์เบื้องต้น R_0
h คือ ค่า Half Width ที่ยอมรับได้

จากข้อกำหนดของทางโรงพยาบาล ค่าความผิดพลาด (Half Width) ของจำนวนผู้ป่วยที่ผ่านออกจากระบบรวมในแต่ละวันที่ยอมรับได้มีค่า $\pm 5\%$ ของค่าเฉลี่ย โดยที่ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยที่ออกจากระบบมีค่า 146.11 คน ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 7.31 คนต่อวัน ทางผู้วิจัยได้กำหนดรอบการประมวลผลเบื้องต้นที่ 39 รอบ ตามจำนวนวันในการเก็บข้อมูลที่ได้ตลอดช่วงระยะเวลา 3 เดือน โดยในแต่ละรอบจะจำลองการทำงานภายใน 1 วัน ซึ่งจำลองในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. ซึ่งจากการรันได้ผลดังนี้

โปรแกรม AnyLogic จำนวนผู้ป่วยที่ออกจากระบบ = 143.20

Half Width = 1.96

แทนค่า จะได้จำนวนรอบการจำลองสถานการณ์ $= 39\frac{1.96^2}{7.31^2} = 2.80 \cong 3$ รอบ

โปรแกรม ARENA จำนวนผู้ป่วยที่ออกจากระบบ = 145.37

Half Width = 1.74

แทนค่า จะได้จำนวนรอบการจำลองสถานการณ์ $= 39\frac{1.74^2}{7.31^2} = 2.21 \cong 3$ รอบ

ซึ่งจากการคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการรันของแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธี พบว่าได้ค่าจำนวนรอบที่น้อยกว่าจำนวนรอบการรันเบื้องต้นที่กำหนดไว้คือ 39 รอบ ดังนั้นจึงใช้จำนวนรอบที่ 39 รอบ เป็นจำนวนรอบการรันของแบบจำลองสถานการณ์ทั้งแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และวิธีการตัวกระทำ

4.2 ผลการจำลองสถานการณ์

จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำในระบบการให้บริการของแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลลำลูกกาแล้วนั้น ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในระบบจริง เพื่อพิจารณาถึงความเหมือน ความแตกต่าง และความสมจริงของแบบจำลองสถานการณ์ที่มีต่อระบบจริง ได้โดยใช้วิธีการทางสถิติ โดยผลลัพธ์ทางสถิติที่นำมาพิจารณาเปรียบเทียบมีด้วยกัน 2 ประเภท ได้แก่ เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ย ซึ่งจะใช้วิธีการ One-Way ANOVA ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ และค่าที่ได้จากระบบจริง

พิจารณาข้อมูลทางสถิติด้านเวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยในแผนกผู้ป่วยนอกที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล และที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธี แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เวลารอคอยและเวลารวมในระบบโดยเฉลี่ยของระบบจริง DES และ ABS

ข้อมูล (นาที)	ระบบจริง	DES	ABS
เวลารวมในระบบ	302.12	326.97	305.87
เวลารอคอยเฉลี่ย	225.48	205.1	227.97

4.3 การเปรียบเทียบผลการจำลองสถานการณ์

จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเพื่อเป็นตัวแทนระบบการทำงานภายในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลนั้น จะต้องนำผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกับระบบจริง โดยในการเปรียบเทียบผลการจำลองสถานการณ์นั้นได้ใช้ข้อมูลทางสถิติคือ เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ย ทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบจริง ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ โดยกำหนดสมมติฐานไว้คือ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \textit{มีอย่างน้อยหนึ่งคู่ของ } \mu \textit{ ที่ไม่เท่ากัน}$$

โดยที่ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากระบบจริง

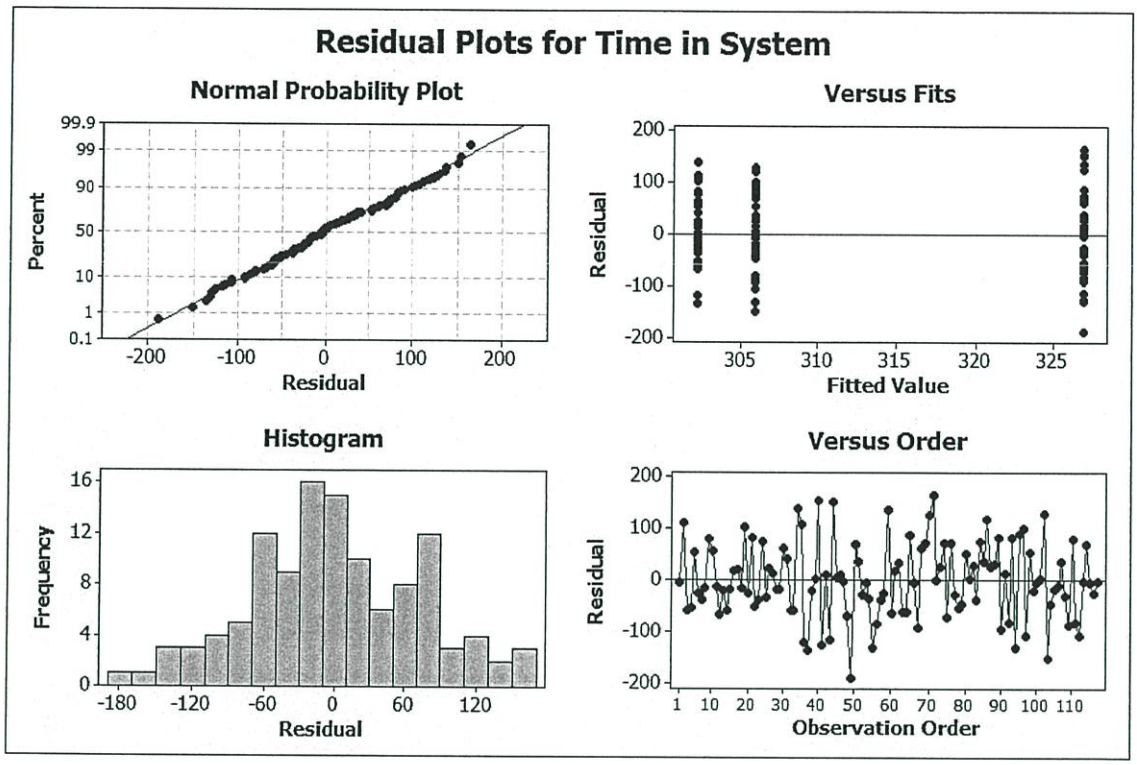
μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง

μ_3 คือ ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

ใช้วิธีการ One-way ANOVA ในการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธี และข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในแผนกผู้ป่วยนอก ซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการนำมาเปรียบเทียบคือ เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยของผู้ป่วยโดยเฉลี่ย

ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลารวมที่ใช้ในระบบ (Time in system) ของผู้ป่วย โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากระบบจริง แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และจากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ โดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α = 0.05) หรือที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (95% Confidence interval) ทดสอบด้วยวิธีการ One-way ANOVA โดยพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

รูปที่ 4.1 แสดงการตรวจสอบค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูล โดยเมื่อพิจารณาในส่วนของ Normal Probability Plot พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และให้ผลสอดคล้องกับแผนภาพ Histogram ที่มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำซึ่งแสดงถึงข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ พิจารณาในส่วนของ Residual Versus Fits พบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบกลุ่ม และมีการกระจายตัวของข้อมูลทางด้านบวกและด้านลบอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่ในแต่ละกลุ่มข้อมูล และเมื่อพิจารณาที่ Residual Versus Order พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างอิสระ โดยจากการพิจารณาทั้ง 4 ส่วนพบว่า ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอในการนำมาใช้ทดสอบด้วยวิธีการ One-way ANOVA



รูปที่ 4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเวลารวมที่ใช้ในระบบของผู้ป่วย

One-way ANOVA: Time in System versus Type

Source	DF	SS	MS	F	P
Type	2	14002	7001	1.31	0.274
Error	114	609321	5345		
Total	116	623323			

S = 73.11 R-Sq = 2.25% R-Sq(adj) = 0.53%

Level	N	Mean	StDev
ABS	39	305.87	70.83
DES	39	326.97	84.19
REAL	39	302.12	62.70

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

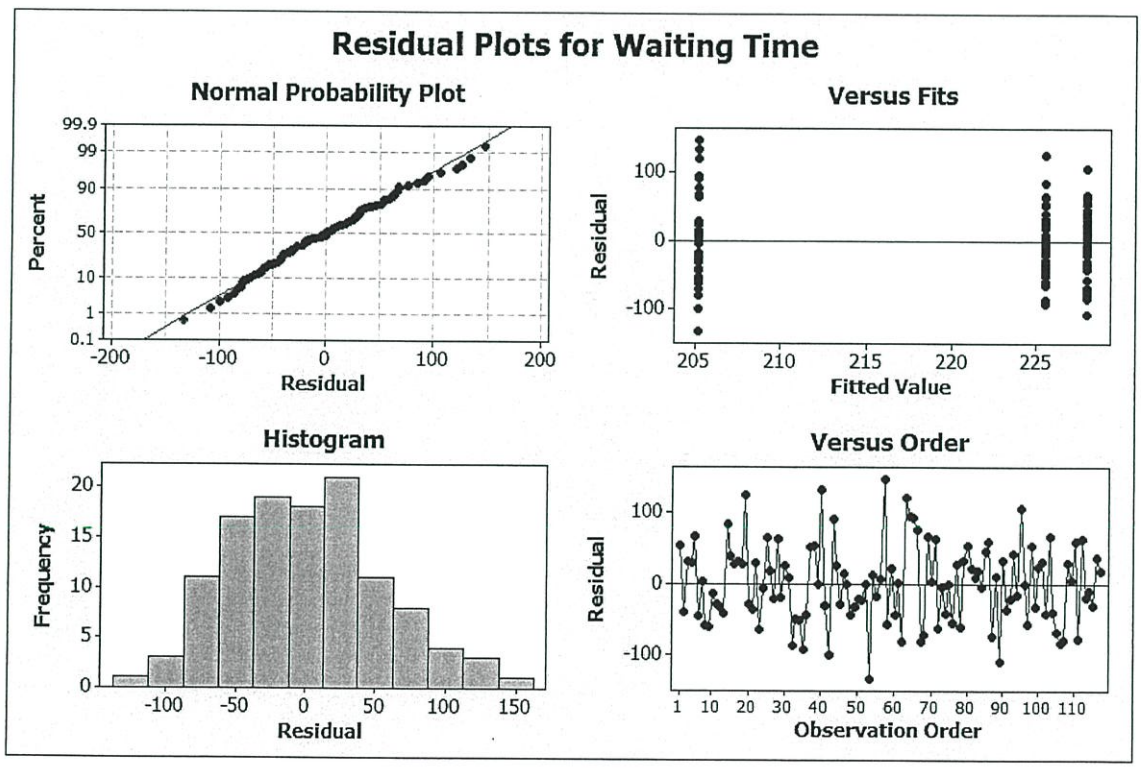
```
-+---------+---------+---------+---------
   (-----------*-----------)
             (-----------*-----------)
 (-----------*-----------)
 -+---------+---------+---------+---------
280       300       320       340
```

Pooled StDev = 73.11

รูปที่ 4.2 ผล One-way ANOVA เวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบของ ระบบจริง DES และ ABS

จากผลการทดสอบด้วยวิธีการ One-way ANOVA ของค่าทางสถิติเวลารวมที่ใช้ในระบบของผู้ป่วยในระบบจริง DES และ ABS ดังแสดงในรูปที่ 4.2 พิจารณาจากค่า p-value พบว่า p-value = 0.274 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจะได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Fail to reject H_0) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยเวลารวมที่ใช้ในระบบของผู้ป่วยในระบบจริง DES และ ABS มีค่าแตกต่างกัน

ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์เวลารอคอยเฉลี่ย (Waiting time) ของผู้ป่วยในระบบ โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากระบบจริง แบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และจากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ โดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α = 0.05) หรือที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (95% Confidence interval) ทดสอบด้วยวิธีการ One-way ANOVA โดยพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเวลารอคอยรับบริการของผู้ป่วย

รูปที่ 4.3 แสดงการตรวจสอบค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูล โดยเมื่อพิจารณาในส่วนของ Normal Probability Plot พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงซึ่งสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และให้ผลสอดคล้องกับแผนภาพ Histogram ที่มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำซึ่งแสดงถึงข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ พิจารณาในส่วนของ Residual Versus Fits พบว่ามีการกระจายตัว

ของข้อมูลเป็นแบบกลุ่มและมีการกระจายตัวของข้อมูลทางด้านบวกและด้านลบอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อมูลมีค่าความแปรปรวนคงที่ในแต่ละกลุ่มข้อมูล และเมื่อพิจารณาที่ Residual Versus Order พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างอิสระ โดยจากการพิจารณาทั้ง 4 ส่วนพบว่า ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอในการนำมาใช้ทดสอบด้วยวิธีการ One-way ANOVA

One-way ANOVA: Waiting Time versus Type

```
Source   DF      SS     MS     F      P
Type      2   12296   6148  1.96  0.145
Error   114  357078   3132
Total   116  369374

S = 55.97   R-Sq = 3.33%   R-Sq(adj) = 1.63%

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev  -----+---------+---------+---------+----
ABS    39  227.97  50.24                    (-----------*-----------)
DES    39  205.09  65.91  (-----------*-----------)
REAL   39  225.48  50.29                (-----------*-----------)
                          -----+---------+---------+---------+----
                             195       210       225       240

Pooled StDev = 55.97
```

รูปที่ 4.4 ผล One-way ANOVA เวลารอคอยของผู้ป่วยในระบบของ ระบบจริง DES และ ABS

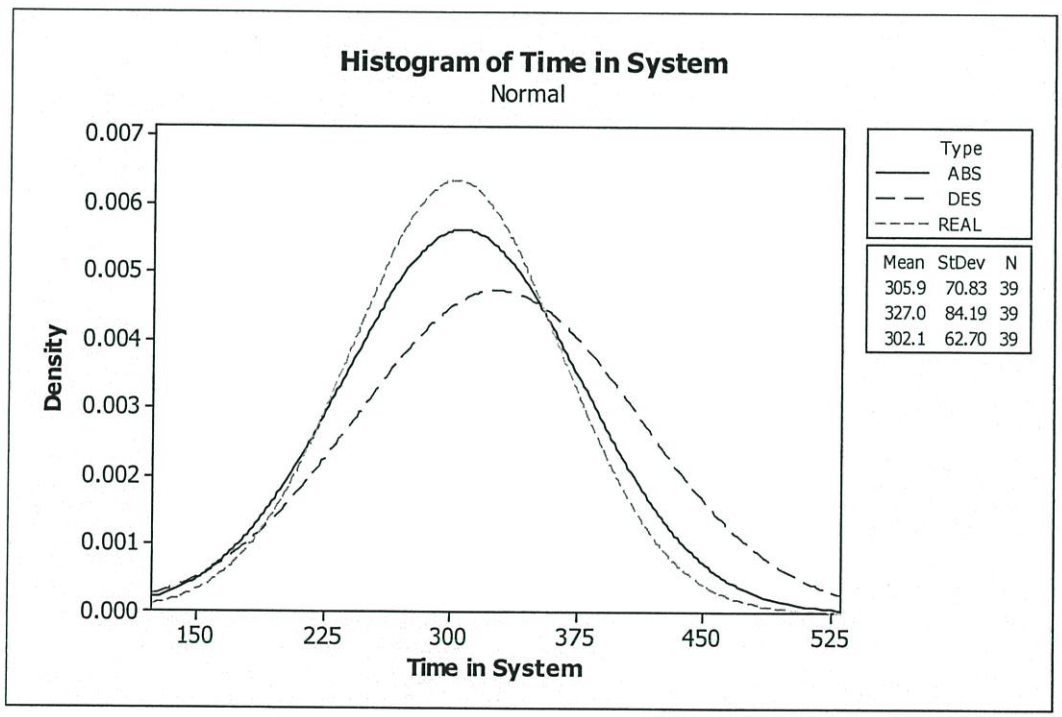
จากผลการทดสอบด้วยวิธีการ One-way ANOVA ของค่าทางสถิติเวลารอคอยเฉลี่ยของผู้ป่วย ในระบบจริง DES และ ABS ดังแสดงในรูปที่ 4.4 พิจารณาจากค่า p-value พบว่า p-value = 0.145 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 เพราะฉะนั้นจะได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Fail to reject H_0) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยเวลารอคอยของผู้ป่วยในระบบจริง DES และ ABS มีค่าแตกต่างกัน

และเมื่อพิจารณาช่วงค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยและเวลารวมในระบบของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเทียบกับค่าที่ได้จากระบบจริง ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลารวมในระบบและเวลารอคอยของแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำจะให้ค่าความแปรปรวนที่น้อยกว่าวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบเวลารอคอยและเวลารวมในระบบของระบบจริง DES และ ABS

ข้อมูลเปรียบเทียบ (นาที)	ระบบจริง	ภายใต้ความเชื่อมั่น 95%	
		DES Model	ABS Model
เวลารวมในระบบ	302.12	(299.7, 354.3)	(282.9, 328.8)
เวลารอคอยเฉลี่ย	225.48	(183.7, 226.5)	(211.68, 244.25)

เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบการแจกแจงข้อมูลของเวลารอคอยเฉลี่ยและเวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบโดยเฉลี่ย จากระบบจริง ผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

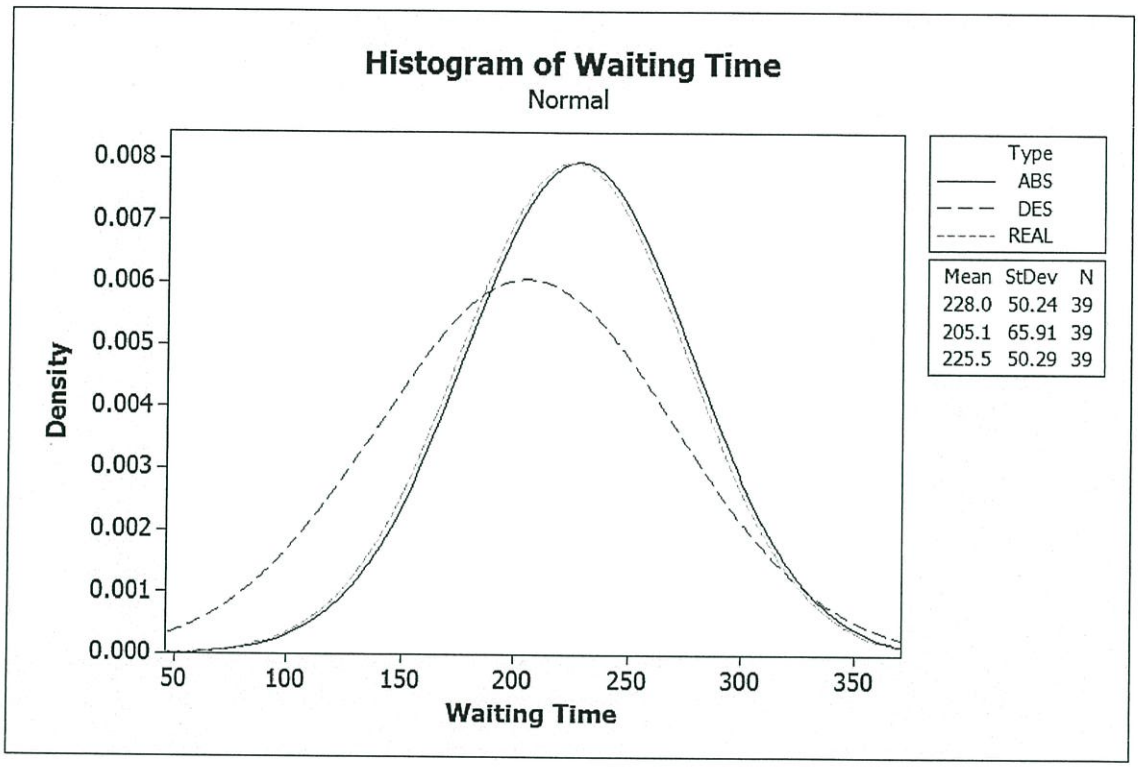


รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบรูปแบบการแจกแจงข้อมูลระยะเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ ของระบบจริง DES และ ABS

รูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบแจกแจงข้อมูลระยะเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงรูปแบบการแจกแจงข้อมูลที่ได้จากระบบจริงมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งมีลักษณะที่คาดเคลื่อนออกไปของค่าเฉลี่ยรวมถึงความแปรปรวนของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

เช่นเดียวกันกับรูปที่ 4.5 โดยรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการแจกแจงข้อมูลเวลารอคอยรวมของผู้ป่วยในระบบที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงรูปแบบการ

แจกแจงข้อมูลที่ได้จากระบบจริงมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีลักษณะที่คาดเคลื่อนออกไปของค่าเฉลี่ยรวมถึงความแปรปรวนของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบรูปแบบการแจกแจงข้อมูลเวลารอคอยของผู้ป่วยในระบบ ของระบบจริง DES และ ABS

4.4 การวิจารณ์ผลการจำลองสถานการณ์

จากการพิจารณาผลลัพธ์ทางสถิติด้านเวลารวมในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยและเวลารอคอยโดยเฉลี่ย ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทั้งวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และวิธีการแบบตัวกระทำเทียบกับข้อมูลของระบบจริง ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่าเวลารวมในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยจากแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องได้ผลลัพธ์ในช่วง 299.7 - 354.3 นาที และเวลารวมในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยในแบบจำลองสถานการณ์แบบตัวกระทำได้ผลลัพธ์ในช่วง 282.9 - 328.8 นาที ในขณะที่ค่าที่ได้จากระบบจริงมีค่า 302.12 นาที ซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์แบบตัวกระทำให้ช่วงความกว้างของผลลัพธ์ที่แคบมากกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากระบบจริงมากกว่า

พิจารณาค่าทางสถิติเวลารอคอยโดยเฉลี่ย ทั้ง 2 วิธีการ เปรียบเทียบกับระบบจริงภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่าเวลารอคอยโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยจากแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องได้ผลลัพธ์ในช่วง 183.7 - 226.5 นาที และเวลารอคอยโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยในแบบจำลองสถานการณ์แบบตัวกระทำได้ผลลัพธ์ในช่วง 211.68 - 244.25 นาที ในขณะที่ค่าที่ได้จากระบบจริงมีค่า 225.48 นาที ซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์แบบตัวกระทำให้ช่วงความกว้างของผลลัพธ์ที่แคบมากกว่าวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากระบบจริงมากกว่า

พิจารณาที่รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้านเวลารวมในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยและเวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีเทียบกับค่าที่ได้จากระบบจริงพบว่า การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความถูกต้อง ใกล้เคียงกับรูปแบบการแจกแจงข้อมูลของระบบจริงมากกว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

4.5 การประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลสุขภาพ

จากการวิจัยและเสนอแนวคิดการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ ซึ่งมีการพิจารณาด้านพฤติกรรม คุณลักษณะของตัวกระทำภายในระบบ ซึ่งได้แก่ ผู้ป่วย พยาบาล และแพทย์ในระบบให้บริการผู้ป่วยนอกนั้น สามารถนำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่มีความเหมือนจริงมากยิ่งขึ้นในระบบที่มีความซับซ้อนและมีพฤติกรรมของตัวกระทำภายในระบบเข้ามาเกี่ยวข้อง ยกตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ ยลดา(2556) ที่ได้นำเสนอแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบแถวคอยในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา โดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง และได้เสนอแนวคิดในการปรับปรุงระบบการให้บริการ 4 แนวทางด้วยกันคือ

แนวทางที่ 1. เพิ่มช่องจ่ายยาอีก 1 ช่อง รวมเป็น 3 ช่อง

แนวทางที่ 2. เพิ่มแพทย์ตรวจรักษาผู้ป่วยนอกอีก 1 คนรวมเป็น 4 คน และเพิ่มช่องจ่ายยาพิเศษอีก 1 ช่องในช่วงเวลา 9.00-12.00 น.

แนวทางที่ 3. ปรับตารางการปฏิบัติงานของพยาบาลซักประวัติ จากเริ่ม 8.00 น. เป็น 7.30 น. และปรับตารางการทำงานของแพทย์ จากเริ่ม 9.00 น. เป็น 8.30 น.

แนวทางที่ 4 เพิ่มช่องจ่ายยาพิเศษอีก 1 ช่อง ในช่วงเวลา 9.00-12.00 น. และเปิดจุดบริการเจาะเลือดพิเศษอีก 1 ช่องในช่วงเวลา 7.00-12.00 น.

ซึ่งในการพิจารณาแนวทางที่ได้เสนอดังกล่าว หากมีการออกแบบแบบจำลองสถานการณ์ให้อยู่ในรูปแบบของวิธีการตัวกระทำ จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น และสามารถที่จะพิจารณาแนวทางเลือกอื่นได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าแนวความคิดในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัว

กระทำที่ได้นำเสนอจะสามารถนำไปประยุกต์ ต่อยอดเพื่อให้การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดวิธีการจำลองสถานการณ์ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในระบบการให้บริการที่มีความซับซ้อนและมีพฤติกรรมของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งแบบจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมไม่ได้ให้ความสำคัญกับสิ่งเหล่านี้ โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมจะใช้แนวคิดในการจำลองสถานการณ์เช่นเดียวกับในระบบโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งไม่มีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับงานด้านการบริการ ที่พฤติกรรมของมนุษย์หรือบุคคลภายในระบบควรได้รับการพิจารณา

งานวิจัยนี้ศึกษาระบบการให้บริการในแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลลำลูกกา โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในระบบการให้บริการผู้ป่วยนอก ในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ซึ่งเป็นวันที่โรงพยาบาลมีการเปิดให้บริการคลินิกพิเศษเพิ่มเติมนอกเหนือจากการให้บริการผู้ป่วยทั่วไป ทำให้มีผู้ป่วยมากกว่าปกติ ทำให้เกิดเวลารอคอยที่ยาวนาน โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน ในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. งานวิจัยนี้ได้แนวคิดในการปรับปรุงมาจากงานวิจัยของยลดา (2556) ที่ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ลดระยะเวลารอคอยและเวลาที่ใช้ภายในระบบของผู้ป่วย แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวคิดการจำลองสถานการณ์ที่มีความเหมาะสมและมีความสมจริง ใกล้เคียงกับระบบจริงมากยิ่งขึ้น โดยได้นำเสนอแนวคิดการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ ซึ่งมีการพิจารณาถึงพฤติกรรม คุณลักษณะ รวมทั้งการสร้างการตัดสินใจของบุคคลภายในระบบ อันได้แก่ ผู้ป่วย พยาบาล และแพทย์ ภายในแผนกผู้ป่วยนอก โดยได้มีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างวิธีการจำลองสถานการณ์แบบเดิมคือวิธีการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำและระบบจริง เพื่อพิสูจน์ยืนยันถึงแนวทางที่ได้นำเสนอ

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำนั้น ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ AnyLogic โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องที่ออกแบบโดยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากระบบจริง โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมือนจริงของแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นทั้ง 2 วิธีการ ก่อนที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบในเชิงสถิติต่อไป

ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากระบบจริงและแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการนั้น ได้ใช้วิธีการทางสถิติในการเปรียบเทียบซึ่งค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้แก่ ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยของผู้ป่วย และเวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบ โดยใช้วิธีการ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พิจารณาถึงการแจกแจงของข้อมูลด้านระยะเวลารอคอยเฉลี่ยของผู้ป่วย และเวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบที่ได้จากการ

จำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีกับค่าการแจกแจงข้อมูลของระบบจริง พบว่าค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากระบบจริงมากกว่าแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากกราฟเปรียบเทียบรูปแบบการแจกแจงข้อมูลของแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการกับค่าที่ได้จากระบบจริง

จากงานวิจัยนี้เมื่อพิจารณาถึงค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำที่มีค่าใกล้เคียงกับระบบจริงมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง รวมถึงมีการพิจารณาถึงคุณลักษณะ พฤติกรรม การตัดสินใจของบุคคลภายในระบบ โดยพบว่าแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความเหมาะสมในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบการให้บริการผู้ป่วย ของแผนกผู้ป่วยนอกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้

ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำคือความสามารถในการแก้ไขปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงรูปแบบการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ โดยการปรับเปลี่ยนค่าของข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง ในขณะที่การแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องนั้นจะต้องแก้ไขที่โครงสร้างของแบบจำลองซึ่งมีความยุ่งยากมากกว่า ซึ่งจะพบว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความยืดหยุ่น และมีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับระบบที่มีความซับซ้อน ซึ่งจะมีความยุ่งยากมากกว่าหากยังคงใช้วิธีการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง

การนำเอาแนวคิดการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำไปประยุกต์ใช้ในระบบที่มีความซับซ้อนและมีพฤติกรรมของมนุษย์หรือตัวกระทำภายในระบบเข้ามาเกี่ยวข้องนั้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำลองสถานการณ์และเพิ่มความสมจริงและช่วยในการสร้างการตัดสินใจที่เลือกแนวทางการปรับปรุงที่เป็นประโยชน์และเหมาะสมต่อไปได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำนั้นค่อนข้างจะมีความยุ่งยากและมีรายละเอียดที่มาก ผู้วิจัยจึงควรที่จะมีการพิจารณาถึง คุณลักษณะ พฤติกรรมหรือการสร้างการตัดสินใจของตัวกระทำในระบบ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของระบบ โดยอาจจะใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiments) เพื่อหาปัจจัยที่มีอาจจะมีผลต่อระบบนั้นๆ เพื่อให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีความสมจริงมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

ประกาศสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. 2555. **โครงสร้างหน่วยงานในราชการบริหารส่วนภูมิภาค สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.**

มงคล วณิชภักดีเดชา. 2545. "การสร้างแบบจำลองระบบแถวคอยในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีวิชัย3." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ยลดา โฉมยาและอุดม จันทร์จรัสสุข. 2556. "การปรับปรุงประสิทธิภาพแถวคอยโดยใช้การจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา: ระบบให้บริการผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลลำลูกกา".วิศวสารลาดกระบัง. ปีที่ 30. ฉบับที่ 1. หน้า 43-48.

สถิตย์ เทศาราช และสมบัติ สินธุเชาวน์. 2553. "การจำลองแบบปัญหาของระบบแถวคอยเพื่อลดระยะเวลา รอคอยของผู้มารับบริการ กรณีศึกษา: โรงพยาบาลตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี", หน้า 214-220. ใน **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.** กรุงเทพฯ.

สำนักการแพทย์, **คู่มือการปฏิบัติงานของสำนักการแพทย์**, 2554.

Baines, T. Mason, S. Siebers, PO. and Ladbrook, J. 2004. "Humans: The Missing Link in Manufacturing Simulation?" **Simulation Modelling Practice and Theory**, no.12 (7-8):515-526.

Bakken, D.G. 2006. "Agent-Based Simulation for Improved Decision-Making." **Sawtooth Software Conference Florida.**

Becker, M. Wenning, B.-L. Görg, C. Gehrke, J. D. Lorenz, M. Herzog, O. 2006. "Agent-Based and Discrete Event Simulation of Autonomous Logistic Processes" for the Proceedings of: Borutzky, W.; Orsoni, A.; Zobel, R. (eds.): 20th **European Conference on Modelling and Simulation.** pp. 566-571.

Bonabeau, E. 2001. "Agent-Based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems." **National Academy of Sciences.** 99(3): 7280-7287.

Borshchev A. and Filippov A. 2004. "From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools." The 22nd **International Conference of the System Dynamics Society**, Oxford, England.

Borshchev A. 2007. Multi-Method Simulation Modeling using AnyLogic, INFORMS Roundtable Fall Meeting.

Brailsford, S. and Stubbins. D. 2006. "Using Discrete-Event Simulation to Model Emergency Evacuation of a Public Building." Proceedings of the 2006 **OR Society Simulation Workshop** S. Robinson, S. Taylor, S. Brailsford and J.Garnett, eds.

Daknou, A., Zgaya, H., Hammadi, S. and Hubert, H., 2008. "Agent Based Optimization and Management of Healthcare Processes at the Emergency Department."

International journal of mathematics and computers in simulation, issue3, volume2.

Darley, V., et al. 2004. "An Agent-Based Model of a Corrugated-Box Factory: The Trade-Off Between Finished Goods Stock and On-Time-In-Full Delivery." **Proceedings of the 5th Workshop on Agent-Based Simulation.** Lisbon, Portugal.

David, I. David, S. Antonio, M. 2010 "Agents Applied in Health Care: A Review." **International journal of medical informatics**. 79:145–166.

DeAngelis, D. L. and W. M. Mooij. 2005. "Individual-Based Modeling of Ecological and Evolutionary Processes." 147–168. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**.

D.J. van der zee, 2006 "Modeling Decision Making and Control in Manufacturing Simulation." 155-167. **Int. J. Production Economics.**

Dubiel, B. and Tsimhoni, O., 2005. Integating Agent Based Modeling into a Discrete event Simulation. **Winter Simulation Conference**, page 1029-1037.

Garnett, J. and T. Bedford. 2004. Towards a Hybrid Modelling System of Human Performance. **UK Operational Research Society Simulation Workshop**, Hornton Grange, Birmingham, UK.

Godin, P., and Wang, C. 2010. "Agent-Based Outpatient Scheduling for Diagnostic Services, Systems Man and Cybernetics (SMC)." 1851-1856. **IEEE International Conference**.

Heine, C. Herrler, R. and Stefan, K. 2004. "Agent-Based Optimisation and Management of Clinical Processes." Proceedings of the 16th European Conference on **Artificial Intelligence (ECAI'04)**-The 2nd Workshop on Agents Applied in Health Care.

Jeffrey D. Camm, James R. Evans. 2000. **Management Science and Decision Technology** (Ohio:South-Western College Publishing), pp.335-370.

Jennings, N. R., et al. 1998. "A Roadmap of Agent Research and Development." 7-38. **International Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems.**

John A. Sokolowski. 2011. "The Practice of Modeling and Simulation: Tools of the Trade." pp.23-33. **Modeling and Simulation in the medical and Health Sciences**, John A. Sokolowski and Catherine M. Banks.

Kelton, D.W. Sadowski , R.P. and Sturrock D.T., 2003, **Simulation with Arena**-3rd ed., International Edition, McGraw-Hill, The McGraw-Hill Company, Inc.

Kelton, D. W., et al. 2007. **Simulation with ARENA**. New York, USA., McGraw-Hill.

Koutkias, VG. Chouvarda, I. and Maglaveras, N. 2005. "A Multi-agent System Enhancing Home-Care Health Services for Chronic Disease Management." **IEEE**

Transaction on Information Technology in Biomedecine .Volume 9, issue4, pages 528-527.

Law, A.M. and Kelton, D.W. 2000, **Simulation Modelling and Analysis**, 3rd ed., New York, USA McGraw-Hill, The McGraw-Hill Company, Inc.

Mabry, Susan L., Hug, Caleb R., Roundy, Russell C. 2004. "Clinical Decision Support with IM-Agents and ERMA Multi-agents" 17th **IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'04)**.

Macal, M.C. and North, M. J. 2005. "Tutorial on Agent-Based Modeling and Simulation." 895-903. **Winter Simulation Conference.**

Macal, M.C. and North, M. J. 2009. "AGENT-BASED MODELING AND SIMULATION." 86-98. **Winter Simulation Conference.**

Macal, M.C. 2010, "TO AGENT-BASED SIMULATION FROM SYSTEM DYNAMICS." **Winter Simulation Conference.**

Macy, M. W. and R. Willer. 2002. "From Factors to Actors :Computational Sociology and Agent-Based Modeling." 143-66. **Annual Review Sociol.**

Majid, M. A. Aickelin, U. and Siebers, P. 2009. "Investigating Output Accuracy for a Discrete Event Simulation Model and an Agent Based Simulation Model." 101-105. **INFORMS Simulation Society Research Workshop**, Warwick, UK.

Maria, A., 1997, "Introduction to model and simulation", 7-13. **Winter simulation Conference.**

Nealon, J. and Moreno, A. 2003. Agent-Based Applications in Health Care. in **Applications of Software agent technology in the health care domain.** Whitestein Series in Software Agent Technologies. Birkhauser Verlag, Basel.

Nealon, J. and Moreno, A. 2002. "The application of agent technology to health care, Proceedings of the Workshop AgentCities: Research in Large-scale Open Agent Environments." 169-173. **International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems** (AAMAS'02), Bologna, Italy.

Papadopoulos, H. T. Heavey, C. and Browne, J. 1993. **Queuing Theory in Manufacturing Systems Analysis and Design** (London:Chapman & Hall).

Paula Escudero-Marin, P. and Pidd, M. 2011. "USING ABMS TO SIMULATE EMERGENCY DEPARTMENTS." **Winter Simulation Conference.**

Petty M. 2009. "Verification and Validation." **Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach**, Sokolowski JA, Banks CM, Eds. Hoboken, NJ: Wiley.

Riano, D. Prado, S. Pascual, A. and Martin, S. June. 2002. "A Multi-Agent System to Support Palliative Care Units." **IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems.**

Raczynski, S. 2006. **Modelling and Simulation**. England, John Wiley & Sons,Ltd.

Russell, S. and Norvig, P. 2003. "Artificial Intelligence: A Modern Approach." 2nd ed. **Prentice Hall Series in Artificial Intelligence**, London: Prentice Hall.

Scerri, D., et al. 2010. "An Architecture for Modular Distributed Simulation with Agent-Based Models." **The 9th International Conference on Autonomous Agents and Multi agents systems.** Toronto, Canada.

Siebers, P.-O., et al. 2008. "An Agent-Based Simulation of In-Store Customer Experiences." Proceedings of **the Operational Research Society Simulation Workshop**, Worcestershire, UK.

Siebers, P.-O., et al. 2010. "Towards The Development of a Simulator for Investigating the Impact of People Menagement Practices on Retail Performance." Proceedings of **Journal of Simulation.**

Sengupta, R. and Sieber, R. 2007. "Geospatial agents, agents everywhere transactions." **GIS**, Vol. 11pp. 483-506.

Sokoloski JA. 2009. "Simulation: models that vary overtime." 47-69. In **Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach**, Sokolowski JA Banks CM, Eds. Hoboken, NJ: Wiley.

Steven F. Railsback, Steven L. Lytinen and Stephen K. Jackson, 2006. "Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations." 47-69. **Simulation**, Volume 82 Issue 9.

Saunders, C. Makens, P. and Leblance, L. 1989. "Modeling Emergency Department Operations Using Advanced Computer Simulation Systems." 134-140. **Annals of Emergency Medicine**, Vol18, No.2.

Taboada, M. Cabrera, E. Iglesias, L. M. Epelde, F. and Luque, E. 2011. "An agent-based decision support system for hospital emergency departments." 1870-1879. **Procedia CS4**.

Wooldridge, M. 2002. **An Introduction to Multi-agent Systems**. John Wiley and Sons, Ltd., London.

Wu, L. and Lin, H. 2012. "Personalized Spatial Cognitive Road Network for Agent Based Modeling of Pedestrian Evacuation Simulation: A Case Study in Hong Kong." 109–119. **Ann. GIS**, Vol.18.

Zaigler, B. P., et al. 2000. **Theory of Modelling and Simulation**. United States of America, Academic Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
การแยกประเภทผู้ป่วยกลุ่มผู้ป่วยนอก

โรงพยาบาลลำลูกกาได้แบ่งประเภทของผู้ป่วยในกลุ่มผู้ป่วยนอกไว้ทั้งหมด 4 ประเภท ซึ่งได้แก่

1. ประเภทที่ 1 กลุ่มผู้ป่วยทั่วไป ได้แก่ กลุ่มผู้ป่วยรถนั่ง รถนอน และเดินได้เอง จัดลำดับคิวแต่ละห้องตรวจ และจัดลำดับความสำคัญเร่งด่วนตามแนวทางการจัดลำดับความสำคัญเร่งด่วนตามแนวทางการจัดลำดับช่องทางด่วน

2. ประเภทที่ 2 กลุ่มผู้ป่วย Fast Tract แบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มแพร่กระจายเชื้อและกลุ่ม OSCC

2.1 กลุ่มแพร่กระจายเชื้อ

- ผู้ป่วยโรคติดต่อส่งเข้าพบแพทย์ทันที ได้แก่ อีสุกอีใส เริม งูสวัด วัณโรค เป็นต้น
- ผู้ป่วยโรคติดเชื้อ ได้แก่ Sars Flu

2.2 กลุ่ม OSCC ส่งเข้ารับบริการทันทีตามขั้นตอน

3. ประเภทที่ 3 กลุ่มผู้ป่วยเร่งด่วน (Urgent) กลุ่มผู้ป่วยที่มีอาการไม่คงที่ หรือเสี่ยงต่อการเกิดอาการรุนแรงเฉียบพลัน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

3.1 กลุ่มผู้ใหญ่ อายุ ≥ 15 ปี มีอาการอย่างน้อย 1 ข้อคือ

3.1.1 BT ≥ 39° C และสงสัย Sepsis ร่วมกับ SIRS

3.1.2 BP ≤ 90/60 mmHg ร่วมกับมีอาการ PR ≥ 150 ครั้ง/นาที หรือ ≤ 40 ครั้ง/นาที เต้นผิดจังหวะหรือผล EKG ผิดปกติ

3.1.3 BP ≥ 160/100 mmHg ร่วมกับมีอาการปวดศีรษะมากหรืออาเจียน pain score > 6

3.1.4 PR ≥ 26 ครั้ง/นาที หรือปอดมีเสียง Wheezing / Crepitation

3.1.5 ผู้ป่วยหลังชัก < 6 ชั่วโมง

3.1.6 O_2 Satulation ≤ 95% (room air)

3.1.7 ปวดท้องมากหรืออาเจียน (pain score > 6)

3.1.8 ผู้ป่วยจิตเวชที่มีพฤติกรรมก้าวร้าว หรือทำร้ายร่างกายและทรัพย์สิน

3.1.9 ไอ อาเจียนเป็นเลือด หรือถ่ายเป็นเลือด

3.1.10 ซีด/เป็นลม/อ่อนเพลีย

3.2 กลุ่มผู้ป่วยเด็ก อายุ < 15 ปี มีอาการอย่างน้อย 1 ข้อ คือ

3.2.1 มีไข้ ≥ 38.5° C และถ้ามีประวัติชัก BT ≥ 37.5° C (หลัง Sponge หรือใช้ยาลดไข้)

3.2.2 เด็กอายุ < 2 ปี capillary refill > 2 วินาที

3.2.3 Pulse เด็ก (2-8 ปี) ≤ 60 ครั้ง/นาที หรือ ≥ 180 ครั้ง/นาที รวมทั้งจังหวะการเต้นผิดปกติ

3.2.4 SBP เด็ก (2-8 ปี) ≤ 70 + อายุ x 2 หรือ SBP 130

3.2.5 อัตราการหายใจเร็ว

- ในเด็กอายุ 0 - 2 เดือน อัตราการหายใจมากกว่า 60 ครั้ง/นาที

- ในเด็กอายุ 2 เดือน – 2 ปี อัตราการหายใจมากกว่า 50 ครั้ง/นาที
- ในเด็กอายุ 2 – 5 ปี อัตราการหายใจมากกว่า 40 ครั้ง/นาที
- ในเด็กอายุ > 5 ปี อัตราการหายใจมากกว่า 30 ครั้ง/นาที

3.2.6 ผู้ป่วยมี O_2 Satulation ≤ 95% (room air) หรือผู้ป่วยที่จำเป็นต้องให้ O_2

3.2.7 ผู้ป่วยซึม + DTX ≤ 60 mg/dl หรือ DTX ≥ 300 mg/dl

3.2.8 ผู้ป่วยหลังชักภายใน 2 ชั่วโมง

4. ประเภทที่ 4 ผู้ป่วยฉุกเฉิน (Emergency) กลุ่มอาการที่ต้องพบแพทย์ทันทีและกลุ่มผู้ป่วย Acute Stroke/ Acute MI

4.1 ระบบประสาทและสมอง

- กำลังชักเกร็ง
- หมดสติ / ไม่รู้สึกตัว
- ป่วยมีภาวะน้ำตาลในเลือด DTX ≥ 300 mg/dl หรือ ≤ 50 mg/dl
- BP ≤ 90/60 mmHg ร่วมกับอาการอย่างน้อยหนึ่งอย่างคือเขียว O_2 Satulation ≤ 92% (room air), ซึม, หมดสติ/ไม่รู้สึกตัว, สับสน, หายใจลำบาก RR ≥ 30 ครั้ง/นาที, หน้าบวม ผื่นลมพิษ

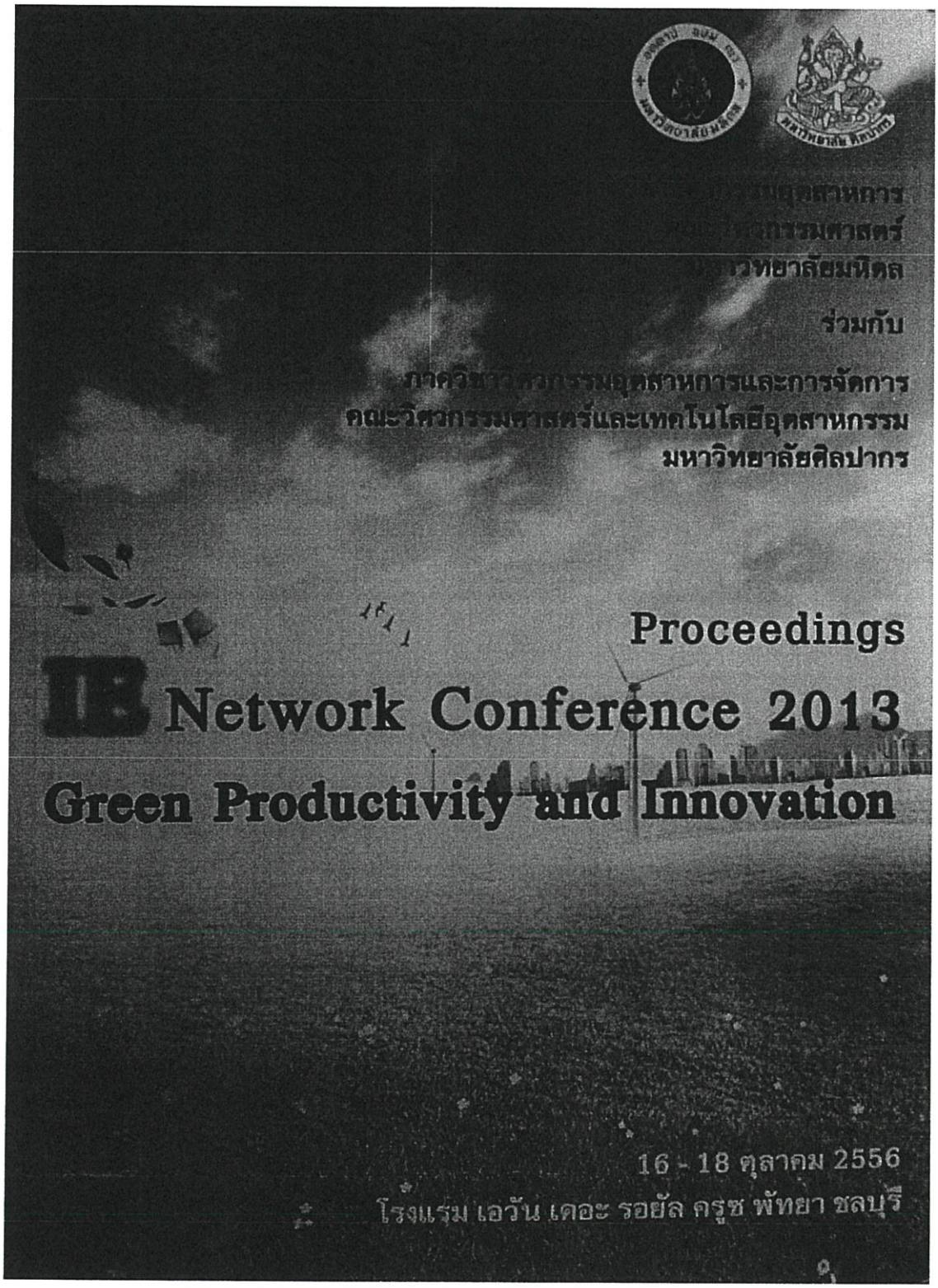
4.2 กลุ่มผู้ป่วย Acute Stroke

- RR ≥ 30 ครั้ง/นาที, O_2 Satulation ≤ 92%
- มีประวัติ Congestive heart + มีเขียว + O_2 Satulation ≤ 75% (room air)

4.3 กลุ่มผู้ป่วย Acute MI ใช้แบบประเมิน STEMI 1

ภาคผนวก ข.
บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. ชลณุพงษ์ ศิริตัน, สุริยพงศ์ นิลสังข์, กนกพร เรียนเขมะนิยม, อุดม จันทร์จรัสสุข และ ชุมพล ยวงใย. 2556. "การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ สำหรับแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล". ใน การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2556., ชลบุรี, 16 – 18 ตุลาคม 2556.
2. Janjarassuk, U., Siritan, C., Rienkhemaniyom, K., Yuangyai, C. 2014. "Application of Agent-Based Modeling and Simulation for an Outpatient Department in a Hospital." In The 15th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2014. Korea, Jeju, October 12-15, 2014.


ร่วมกับ
Proceedings
IE Network Conference 2013
Green Productivity and Innovation
16 - 18 ตุลาคม 2556
โรงแรม เอวัน เดอะ รอยัล ครูซ พัทยา ชลบุรี

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2556
16-18 ตุลาคม 2556 พัทยา ชลบุรี

การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ สำหรับแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล

Application of Agent-Based Simulation for an Outpatient Department in a Hospital

ชลณุพงษ์ ศิริตัน[1*] สุริยพงศ์ นิลสังข์[2] กนกพร เรียนเขมะนิยม[3] อุดม จันทร์จรัสสุข[4] ชุมพล ยวงใย[5]
[1,2,4,5]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10520
[3]บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10140
E-mail: chonnupong.s@gmail.com*, suriyaphong.nilsang@gmail.com,
kanokporn.rie@kmutt.ac.th, kjudom@kmitl.ac.th, chumpol.yuangyai@gmail.com

Chonnupong Siritan[1*] Suriyaphong Nilsang[2] Kanokporn Rienkhemaniyom[3]
Udom Janjarassuk[4] Chumpol Yuangyai[5]
[1,2,4,5]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok
[3]Graduate School of Management and Innovation, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok
E-mail: chonnupong.s@gmail.com*, suriyaphong.nilsang@gmail.com,
kanokporn.rie@kmutt.ac.th, kjudom@kmitl.ac.th, chumpol.yuangyai@gmail.com

บทคัดย่อ

สุขภาพเป็นหนึ่งในสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง ปัจจุบันผู้คนหันมาให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพมากยิ่งขึ้น ความต้องการในการใช้บริการในสถานบริการสุขภาพจึงมีมากขึ้นตามไปด้วย แผนกผู้ป่วยนอกเป็นแผนกที่มีอัตราการเข้ารับบริการที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับผู้ป่วยที่มีอาการของโรคในลักษณะต่าง ๆ การจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น จุดอ่อนที่สำคัญของการจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมคือการขาดความให้ความสำคัญกับพฤติกรรม การตัดสินใจ และคุณลักษณะของมนุษย์หรือทรัพยากรภายในระบบ การศึกษาในครั้งนี้ได้นำเสนอการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) ในแผนกผู้ป่วยนอก เพื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อระบบในแง่ของพฤติกรรม การตัดสินใจ และคุณลักษณะของตัวกระทำ ซึ่งในที่นี้ได้แก่ แพทย์ พยาบาล บุคลากรทางการแพทย์และ ผู้ป่วย เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยตัวกระทำในระบบที่มีความซับซ้อน จากการดำเนินงานวิจัยได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) และการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำกับระบบจริง พบว่าภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีความสมจริงมากกว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะมีการพิจารณาถึงการตัดสินใจของแพทย์และพยาบาลรวมทั้งอาการของผู้ป่วย ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบที่มีความซับซ้อน และสอดคล้องกับพฤติกรรมของระบบจริงมากกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม

คำหลัก การจำลองสถานการณ์ วิธีการตัวกระทำ แผนกผู้ป่วยนอก

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2556
16-18 ตุลาคม 2556 พัทยา ชลบุรี

Abstract

Health is one of the most valuable characteristics for humans. Nowadays, people pay much more attention to their health. Therefore, the demand for healthcare services has increased. Outpatient Department is one of the healthcare units in a hospital that facilitates all of patients with different types of trauma. Simulation has been used as a tool to improve the performance of the healthcare system. A significant shortcoming of a traditional simulation is the lack of consideration in human behavior and system attribute. This study proposes the Agent-Based Simulation approach for an Outpatient Department. Agent-Bases Simulation allows modelers to incorporate behavior, decision making, and attribute of agents, which include physicians, nurses, medical staffs and patients. We compare the average number of patient in the system and the average total time in the system between the proposed model and a Discrete Event Simulation model. At the 95% confidence interval, the results from the Agent-Based Simulation are more realistic and appropriate for the complex system than those from the Discrete Event Simulation, because it considered the decision making of physicians and nurses included the patient's symptom. It is suitable for apply in complex systems and consistent with the realistic than Discrete Event Simulation approach.

Keywords: Simulation, Agent-Based Simulation, Outpatient Department

1. บทนำ

การดูแลสุขภาพ (Healthcare) เป็นหนึ่งในเรื่องที่สำคัญที่สุดของสังคมมนุษย์ คุณภาพชีวิตของประชาชนขึ้นโดยตรงกับสิ่งนี้ [1] โรงพยาบาลเป็นสถานบริการสุขภาพ ที่มุ่งเน้นการส่งเสริม ป้องกัน รักษา และฟื้นฟูภาวะความเจ็บป่วย หรือโรคต่างๆ ทั้งทางร่างกายและทางจิตใจ นับว่าเป็นองค์กรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตประชากรเป็นอย่างมาก

แผนกผู้ป่วยนอกเป็นแผนกหนึ่งในโรงพยาบาลที่มีความสำคัญ เพื่อรองรับผู้ป่วยที่มีอาการของโรคในลักษณะต่างๆ โดยพฤติกรรมของระบบจะค่อนข้างมีความซับซ้อนและมีพฤติกรรมของมนุษย์มาเกี่ยวข้อง

การจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน โดยถูกนำมาใช้เพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบจริง ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดที่วางไว้ ประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลก่อนนำไปใช้ในการแก้ไขสถานการณ์จริง [2] การจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิมขาดการให้ความสำคัญกับการสร้างแบบจำลองโครงสร้างการควบคุมต่างๆ เช่น พฤติกรรมของมนุษย์ [3] ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะแสดงถึงพฤติกรรมของระบบที่มีความซับซ้อน

กิจกรรมของแผนกผู้ป่วยนอกมีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น และมีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม การตัดสินใจ และคุณลักษณะของมนุษย์ภายในระบบ ซึ่งเป็นผลให้รูปแบบการดำเนินงานหรือพฤติกรรมของระบบมีการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตและมีความซับซ้อน ซึ่งยากที่จะสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้มีความถูกต้องได้จากรูปแบบจำลองสถานการณ์แบบดั้งเดิม ซึ่งละเลยในการพิจารณาถึงองค์ประกอบดังกล่าว

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่ได้รับการพิจารณาเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในระบบที่มีความซับซ้อนซึ่งมีพฤติกรรมและการตัดสินใจ รวมถึงคุณลักษณะเฉพาะของมนุษย์มาเกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำและประยุกต์ใช้ในระบบสถานพยาบาลสุขภาพ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ได้นำเสนอและวิธีการแบบดั้งเดิม เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสม ความถูกต้อง และมีความสมจริง พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์สูงสุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแถวคอย

ระบบแถวคอยจะประกอบด้วยองค์ประกอบที่มี

ความสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) ลูกค้าหรือผู้มารับบริการ ในบางกรณีอาจเรียกได้ว่าประชากรของผู้รับบริการ โดยอาจเป็นคนเช่น คนที่เข้าแถวรอซื้อตั๋วชมภาพยนตร์

2) แถวคอยหรือคิว เป็นกลุ่มของผู้มารับบริการที่อยู่ระหว่างการรอคอยเข้าใช้บริการ

3) หน่วยให้บริการหรือผู้ให้บริการ อาจจะเป็นคนหรือวัตถุก็ได้ [4]

2.2 การจำลองสถานการณ์

วิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อเลียนแบบสถานการณ์จริงของระบบที่ต้องการวิเคราะห์ จากนั้นจึงทดลองให้แบบจำลองทำงาน ซึ่งอาจใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ หรือเขียนโปรแกรมโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ วิธีนี้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ที่ได้จะไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ของปัญหา แต่จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถมองเห็นภาพรวมของระบบและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระบบ โดยผู้วิเคราะห์จะได้จัดทำทางเลือกของการจัดระบบแถวคอยแล้วทดลองทางเลือกนั้นโดยใช้แบบจำลองเช่นกัน วิธีนี้มีข้อดีตรงที่สามารถวิเคราะห์ระบบแถวคอยที่มีความซับซ้อนสูงได้ดีซึ่งเป็นระบบที่มักจะพบได้ในสถานการณ์จริง เช่น ระบบแถวคอยแบบอนุกรม [5]

2.3 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES) เป็นการจำลองสถานการณ์โดยอาศัยการเกิดเหตุการณ์ที่เฉพาะเจาะจง เพื่อดำเนินกิจกรรมการจำลองสถานการณ์โดยการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่รูปแบบการทำงานได้ถูกกำหนดไว้ในแบบจำลองสถานการณ์ที่เกิดจากลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทันทีเป็นผลมาจากหลายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรือการเปลี่ยนสถานะภายในระบบ สถานะของระบบถูกกำหนดด้วยตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่าที่ใช้อธิบายระบบได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาใดๆ ซึ่งตัวแปรนี้ถูกเรียกว่า ตัวแปรสถานะ โดยในที่นี้ระบบจะอ้างถึงกลุ่มของวัตถุทั้งหมดพร้อมทั้งความสัมพันธ์กับสิ่งอื่นที่อยู่ในกระบวนการจำลองสถานการณ์ [6]

2.4 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ

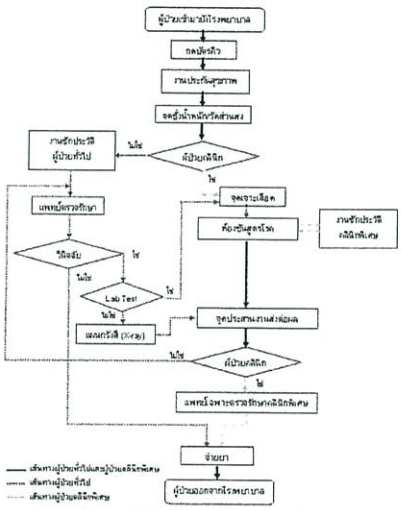
การใช้งานการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation: ABS) หรือบางครั้งเรียกว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการรายบุคคล (Individual-Based Simulation) ถูกนำมาใช้สำหรับงานวิจัยและการบริหารจัดการซึ่งมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในหลายสาขาที่นำไปประยุกต์ใช้ [7] ตัวอย่างเช่น ความเพิ่มขึ้นอย่างมากของสิ่งตีพิมพ์ด้านระบบนิเวศวิทยา โดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการรายบุคคล ที่เริ่มขึ้นในปี 1990 ความเติบโตที่เกิดขึ้นมีแรงผลักดันหลักมาจากความสามารถในการแก้ปัญหาของแบบจำลองโดยที่รูปแบบของระบบธรรมดาไม่สามารถทำได้ [8]

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นซอฟต์แวร์ตัวกระทำ ที่เป็นตัวแทนของประชาชน วัตถุทางกายภาพ กระบวนการ หรือแนวคิดที่นำไปสู่พฤติกรรมของระบบ โดยใช้วิธีการจากล่างขึ้นบน (Bottom-up approach) ในการนำเสนอระบบ โดยที่พิจารณาถึงรายละเอียดของตัวแทนในแต่ละส่วนที่เป็นอิสระของระบบ ตัวกระทำ (Agents) มีการกำหนดคำนิยามที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง ภายในแบบจำลองสถานการณ์ ตัวกระทำถูกกำหนดให้เป็นซอฟต์แวร์เอนทิตีที่มีความเป็นอิสระที่มีความรู้สึกต่อสภาพแวดล้อมและมีการกระทำเพื่อดำเนินการงานที่เฉพาะเจาะจง หรือเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจง แนวคิดของความเป็นอิสระมีความสำคัญในจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ โดยมั่นใจว่าทุกตัวกระทำประพฤติตนบนพื้นฐานของความเชื่อหรือจุดมุ่งหมายของตนเอง ตัวกระทำอื่นหรือสภาพแวดล้อมสามารถมีผลกระทบต่อการกระทำเหล่านี้แต่ไม่ใช่ผลโดยตรง เมื่อสองตัวกระทำหรือมากกว่ามารวมตัวกันในแบบจำลองสถานการณ์ การมีอยู่อย่างอิสระจะนำไปสู่การปรับพฤติกรรมของระบบที่ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าโดยผู้สร้างแบบจำลองในขั้นตอนของการออกแบบระบบ [9]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน

งานวิจัยฉบับนี้ได้จำลองระบบการให้บริการผู้ป่วยนอกของคลินิกสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานแห่งหนึ่ง ภายในระบบประกอบด้วยผู้ป่วยนอกทั่วไป ซึ่งจะให้บริการในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. และผู้ป่วยคลินิกพิเศษ ซึ่งจะให้บริการในช่วงเวลา 8.00 – 12.00 น. โดยมีขั้นตอนการให้บริการแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการให้บริการผู้ป่วยนอก

คณะวิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เวลา 6.00-16.00 น. โดยข้อมูลส่วนใหญ่จะได้มาจากระบบบันทึกของทางโรงพยาบาลและข้อมูลบางส่วนจากการจับเวลาจริง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมประกอบด้วยอัตราการเข้ามาของผู้ป่วยนอกทั่วไป อัตราการเข้ามาของผู้ป่วยคลินิกพิเศษ และระยะเวลาการให้บริการของหน่วยบริการแต่ละจุด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1 - 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 รูปแบบการแจกแจงการมาถึงของผู้ป่วยนอกทั่วไป

ช่วงเวลา	รูปแบบของการแจกแจง (วินาที)
6.00 – 7.00 น.	2780 + EXPO(590)
7.00 – 8.00 น.	42 + EXPO(171)
8.00 – 9.00 น.	-0.001 + EXPO(203)
9.00 – 10.00 น.	55 + EXPO(371)
10.00 – 11.00 น.	-0.001 + EXPO(418)
11.00 – 12.00 น.	72 + EXPO(501)
12.00 – 13.00 น.	102 + EXPO(2070)
13.00 – 14.00 น.	-0.001 + EXPO(249)
14.00 – 15.00 น.	0.999 + EXPO(568)
15.00 – 16.00 น.	0.999 + EXPO(443)

ตารางที่ 2 รูปแบบการแจกแจงการมาถึงของผู้ป่วยคลินิกพิเศษ

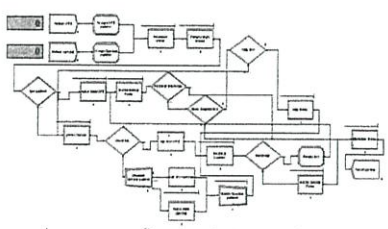
ช่วงเวลา	รูปแบบของการแจกแจง (วินาที)
6.00 – 7.00 น.	2.68e+003 + EXPO(585)
7.00 – 8.00 น.	1+Expo(326)
8.00 – 9.00 น.	30+ Expo(562)
9.00 – 10.00 น.	UNIF(97,319e+003)
10.00 – 11.00 น.	100 + Expo(1.61e+003)
11.00 – 12.00 น.	126 + Expo(1.16e+003)

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปและเวลาการให้บริการ

จุดบริการ	เวลาทำการ (น.)	รูปแบบการแจกแจงการให้บริการ (วินาที)
งานประกันสุขภาพ	7.30–16.00	TRIA(21,48.6, 208)
ชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน	7.30–16.00	TRIA(61.5,87.9, 127)
ซักประวัติผู้ป่วยนอก	8.00–16.00	TRIA(69,147, 287)
ซักประวัติคลินิกพิเศษ	8.00–12.00	TRIA(62,203, 326)
ห้องตรวจทั่วไป	9.00–17.00	170+ EXPO(180)
ห้องตรวจคลินิกพิเศษ	9.00–12.00	105+ EXPO(61.5)
จุดเจาะเลือด	7.30–16.30	TRIA(58,78.5,128)
ห้องฉีดสูตรโรค	7.30–16.30	300 + EXPO(1900)
งานรังสี	8.30–16.00	TRIA(205.290. 601)
จุดประสานงาน Lab	8.15–16.00	TRIA(23,27.6, 36)
จ่ายยา	9.00–18.00	63 + EXPO(320)

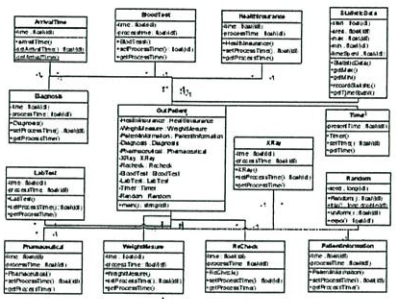
3.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการออกแบบการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องของระบบบริการในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโปรแกรม Arena ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองขั้นตอนการให้บริการของโรงพยาบาล

ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำโดยใช้การเขียนโปรแกรมภาษา Java เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำจะมีรูปแบบของ UML (Unified Modeling Language) Diagram ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 UML Diagram

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำจะพิจารณาถึงคุณลักษณะอาการของผู้ป่วย พฤติกรรมและการตัดสินใจของพยาบาลรวมถึงแพทย์ที่ทำการรักษา ซึ่งแตกต่างจากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องที่ไม่ได้พิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้ โดยรูปแบบการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำที่แตกต่างจากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง คือ

1) พฤติกรรมและการตัดสินใจของพยาบาล ในขั้นตอนการซักประวัติเพื่อคัดกรองผู้ป่วยของพยาบาล จะประเมินอาการของผู้ป่วยและมีการปฏิบัติต่อผู้ป่วยที่แตกต่างกันออกไปตามแต่อาการของผู้ป่วย คือ

- ผู้ป่วยฉุกเฉิน พยาบาลจะนำส่งที่แผนกฉุกเฉิน
- ผู้ป่วยเร่งด่วน พยาบาลจะนำเข้าพบแพทย์ทันที (ซึ่งจะมีการแทรกคิวให้กับผู้ป่วยเร่งด่วน)
- ผู้ป่วยไม่เร่งด่วน จะเข้ารับการรักษาตามกระบวนการและตามคิวการรักษา

2) พฤติกรรมและการตัดสินใจของแพทย์รักษา ในขั้นตอนการตรวจรักษา แพทย์จะพิจารณาถึงความจำเป็นในการตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมโดยดูจากอาการของผู้ป่วย และเมื่อผู้ป่วยทำการวินิจฉัยเพิ่มเติมเสร็จแล้ว จะสามารถกลับมาพบแพทย์อีกครั้งโดยจะมีการแทรกคิวให้

3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการด้วยวิธีการทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากระบบจริงและผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ด้วยวิธีการ Welch Confidence Interval โดยมีสมการทดสอบ คือ

$$CI = \bar{x} \pm t_{\alpha/2,n-1}\left(\frac{S}{\sqrt{n}}\right) \qquad (1)$$

กำหนดช่วงระดับความเชื่อมั่นของผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ที่ 95% โดยผลลัพธ์ที่ได้พิจารณาจากจำนวนผู้ป่วยรวมเฉลี่ยและเวลารวมเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบดังแสดงในตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยรวมเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยต่อวัน (คน)	ค่าเฉลี่ยจากระบบจริง	ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95 %	
		DES	ABS
ผู้ป่วยรวมในระบบ	126.81	(118.38,130.26)	(123.67,127.53)
ผู้ป่วยนอก (ทั่วไป)	90.43	(89.50,94.02)	(88.00, 92.79)
ผู้ป่วยคลินิกพิเศษ	36.38	(35.18,44.06)	(33.49, 36.90)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เวลารวมที่ผู้ป่วยใช้ในระบบ (นาที)	ค่าเฉลี่ยจากระบบจริง	ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95 %	
		DES	ABS
ผู้ป่วยนอก (ทั่วไป)	136.6	(132.30,144.61)	(128.33,144.15)
ผู้ป่วยคลินิกพิเศษ	202.2	(200.72,213.92)	(197.64,226.36)

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ และ การจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง ในระบบการให้บริการผู้ป่วยในแผนกผู้ป่วยนอก ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธี โดยทำการเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยรวมเฉลี่ยและ

เวลารวมเฉลี่ยที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ ทั้งในส่วนของผู้ป่วยรวม ผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยคลินิกพิเศษ พบว่าค่าที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ มีช่วงของความเชื่อมั่นที่ 95% ครอบคลุมค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลค่าเฉลี่ยของระบบจริง ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5 และเมื่อพิจารณาจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยต่อวัน พบว่าการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำมีช่วงความกว้างของข้อมูลค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าวิธีการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความใกล้เคียงกับระบบจริงมากกว่า รวมถึงด้านพฤติกรรมของตัวกระทำที่ทำให้ระบบมีความสมจริงใกล้เคียงกับระบบจริงมากยิ่งขึ้น

5. สรุป

จากการทดลองสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องและวิธีการตัวกระทำของระบบผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล ทำการเปรียบผลลัพธ์จากวิธีการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการกับข้อมูลจากระบบจริง โดยพิจารณาจำนวนผู้ป่วยรวมเฉลี่ยและระยะเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ พบว่าที่ภายใต้ระดับความเชื่อมั่น 95% วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) ที่นำเสนอมีความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เช่นเดียวกับวิธีการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) โดยพิจารณาจากช่วงความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 2 วิธีการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากระบบจริง โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำจะมีความสมจริงมากกว่าเนื่องจากมีการพิจารณาถึงพฤติกรรมและการตัดสินใจของบุคคลากร รวมถึงคุณลักษณะอาการของโรคของผู้ป่วย ซึ่งถูกละเลยในวิธีจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์แบบตัวกระทำในระบบที่มีความซับซ้อน และมีพฤติกรรม การตัดสินใจ และคุณลักษณะของตัวกระทำมาเกี่ยวข้อง ซึ่งในระบบจริงจะต้องมีการพิจารณาถึงสิ่งนี้เพื่อให้ได้การจำลองสถานการณ์ที่มีความถูกต้อง สมจริงและเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นพ. นราพงศ์ ชีรอัครวิภาส ผู้อำนวยการโรงพยาบาลลำลูกกาที่ให้ความร่วมมือและความอนุเคราะห์ในการดำเนินการงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] David Isern, David Sánchez, Antonio Moreno, Agents applied in health care: A review, international journal of medical informatics 79, 2010: 145–166.

[2] Shanon, R.E. System Simulation: The Art and Science. Prentice-hall Inc., Englewood Cliff.1975.

[3] D.J. van der zee, Modeling decision making and control in manufacturing simulation, Int. J. Production Economics 100, 2006: 155-167

[4] สุทธิมา ชำนาญเวช. การวิจัยดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์. 2552.

[5] มงคล วณิชภักดีเดชา. การสร้างแบบจำลองระบบแถวคอยในแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลศรีวิชัย3. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2545.

[6] Sokoloski JA. Simulation: models that vary overtime. In Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach, Sokolowski JA Banks CM, Eds. Hoboken, NJ: Wiley, 2009, pp.47-69.

[7] Steven F. Railsback, Steven L. Lytinen and Stephen K. Jackson, Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations, Simulation, Volume 82 Issue 9, September 2006, P. 609-620.

[8] DeAngelis, D. L., and W. M. Mooij. Individual-based modeling of ecological and evolutionary processes. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2005: 147–168.

[9] John A. Sokolowski. The Practice of Modeling and Simulation: Tools of the Trade. In Modeling and Simulation in the medical and Health Sciences, John A. Sokolowski and Catherine M. Banks, P.31-32.

Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2014

Application of Agent-Based Modeling and Simulation for an Outpatient Department in a Hospital

Udom Janjarassuk
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok, Thailand
Email: kjudom@kmitl.ac.th

Chonnupong Siritan
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok, Thailand
Email: chonnupong.s@gmail.com

Kanokporn Rienkhemaniyom
Graduate School of Management and Innovation
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Email: kanokporn.rie@kmutt.ac.th

Chumpol Yuangyai†
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok, Thailand
Email: chumpol.yuangyai@gmail.com

Abstract. Currently, people pay much attention to their health as it is one of the most valuable assets for humans. The demand for healthcare services has increased, especially an outpatient department, which facilitates patients with different types of trauma. Therefore, there is a need for a better system to serve all patients. Simulation has been used as a tool to evaluate and improve performance in a healthcare system. One shortcoming of a traditional simulation, such as Discrete Event Simulation (DES), is the lack of consideration in human behavior and system attributes. This study proposes an Agent-Based Simulation (ABS) approach for evaluating an outpatient department. In this study, agents include physicians, nurses, and patients. The proposed model allows modelers to handle agents' attributes, such as behaviors and decision-makings. The result shows that the system performances (e.g., waiting time in the system and total time in the system) obtained from the ABS model are comparable to the one obtained from the DES model, however, the ABS model characteristics are closed to the real outpatient department system.

Keywords: Agent-Based Simulation; Discrete Event Simulation; Health Care; Outpatient Department

1. INTRODUCTION

Healthcare is one of the concerns for people as it directly relates to quality of life (David et al., 2010). Outpatient department is a facility in a hospital that provides diagnosis or treatment for various types of patients who are hospitalized less than 24 hours. Outpatient department consists of several activities (e.g., registration, blood and pressure examination, lab test, etc.) that involve different type of people (e.g., nurse, doctor, and patient). Understanding the behavior of a healthcare system becomes more complex, especially when human behavior is involved.

Simulation is a very powerful technique for studying the behavior of a real system under the determined conditions prior to use in a real situation (Shanon, 1975). Traditional simulation, such as Discrete Event Simulation, does not consider the control structures of a modeling, such as human behavior, which is important for a complex system (D.J. van der zee, 2006).

Activities in an outpatient department are non-linear as they associate with human behavior and attributes of the

system. It is difficult to establish an accurate simulation model from a traditional simulation approach.

Agent-Based Simulation is another approach that has been considered for modeling a complex system that involves behavior, attribute, and decision-making of human. This paper applies an Agent-Based Simulation approach for an outpatient department of a healthcare system. We also compare the results obtained from the ABS model with ones from the DES model to a real system.

Section 2 provides a brief review of discrete event simulation, agent-based simulation, and the previous work related to simulation models in a healthcare system. Section 3 contains ABS model and DES model for an outpatient department. The performance measures of both simulation models are compared to a real system in Section 4. Finally, conclusions and suggestions for future work are presented in Section 5.

2. LITERATURE REVIEW

Simulation modeling is a way to mimic the real system using mathematical formulas, computer programming languages, and software design. The results from simulation models may not guarantee the optimal solution to the problem, however simulation offers several advantages. For example, it allows modelers to analyze a sophisticate and complex system, which is often found in real-life situations, such as queuing system and healthcare system.

Simulation model is appropriate when the experiment of a real system is expensive or impossible. Modeling includes the processes that link problems in the real world to the world of simulations (Borshchev and Filippov, 2004), as shown in Figure 1.

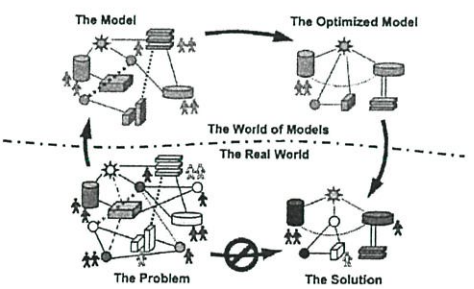


Figure 1: Simulation modeling.

2.1. Discrete Event Simulation

Discrete Event Simulation (DES) is a simulation of a system that relies on specific events that changes from one state to another state over time. A system consists of a group of entities, resources, and activities (processes). The system works by the sequence of events that occur, namely process flowchart. State of the system is determined by one or more variables, called state variables, which describe the system at any period (Sokoloski and Banks, 2009).

Saunders et al. (1989) developed Discrete Event Simulation for emergency department operations in hospital. They considered in terms of personnel or resources that changed in one unit of time. Each patient will be assigned to the doctors and nurses that required. Amount of beds, physicians, nurses and turnaround time of diagnosis are considered for impact on the system. It demonstrated the ability of the model to estimate the result such as time in queue size and utilization of resources.

2.2. Agent-Based Simulation

Agent-Based Simulation (ABS) is another simulation technique that has been used to model a variety of situations in the past few years (Bonabeau, 2001). ABS is known in various names, such as Agent-Based System, Agent-Based Modeling and Simulation, or Individual-Based simulation Modeling. ABS is designed based on Artificial Intelligence by using the concept of Robotics and Multi-Agent Systems (Macal and North, 2005).

Agent-Based Simulation considers properties of individuals, reactive behavior, proactive behavior, and social behavior, including decision-making (Jennings et al., 1998). ABS consists of agent that interacts with each other under the same environment. In ABS, agent is autonomous. Each agent has its strategy to achieve the desired objectives. It can create an independent event that is not controlled by a process-centric (Bakken, 2006). This autonomous property allows agent to have a proactive behavior. Therefore, modelers do not define behavior of the system. Instead, the model behavior depends on the interaction among agents. This is called bottom-up approach.

ABS also supports communication between agents, called message-passing (Scerri et al., 2010). Agents exchange information between each other through a message-passing, which allows the modeling of human behavior more realistic. Figure 2 illustrates an agent in a computer system that acts autonomously (Wooldridge, 2002).

† :Corresponding Author

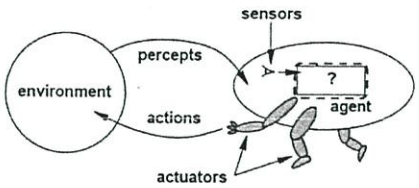


Figure 2: Agent in a computer system environment (Wooldridge, 2002).

Behaviors of an agent can be represented using a diagram called State Chart, as shown in Figure 3. A state chart contains a Simple State, which is a normal state that has entry and exit actions. The control is also in this state. Transition, which can be triggered by an external or internal event, including condition or timeout. Composite State is a group of states with common behavior. History Pseudo State denotes the last visited state in the composite state. Branch Pseudo State is a specified condition branching of a transition.

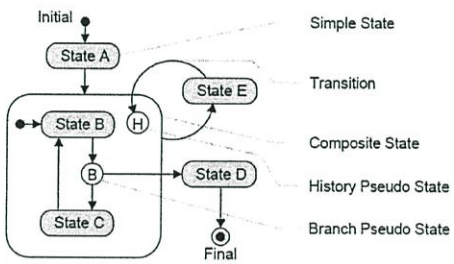


Figure 3: An example of state chart diagram of an agent (Borshchev and Filippov, 2004).

Godin and Wang (2010) used the agent-based simulation to improve patients' scheduling appointments. The authors considered the patients who cancelled their appointments, which increases the diagnosis capacity for a system. The authors also considered the priority of patients. The objectives of this study were to minimize the patients waiting time and to maximize the resource utilization in the system.

Heine et al. (2004) built an agent-based simulation model for a Germany hospital to optimize the appointment scheduling system, resource allocation, and cost/benefit of the hospital.

This paper presents an agent-based approach to simulation a complex system that involves behavior, attribute, and decision-making of human.

3. EXPERIMENTATION

This section presents an agent-based simulation model (ABS) and a discrete event simulation model (DES) for an outpatient department in a hospital. The system consists of two outpatient services: a general outpatient service, which operates during 8.00 a.m. – 4.00 p.m., and a special outpatient service, which operates during 8.00 a.m. – 12.00 a.m.

3.1 Data Collection

We have collected data from an outpatient department; operating from 6.00 a.m. to 6.00 p.m. for 3 month. The data sources include hospital records and interview. An activity flow of patients in an outpatient department is illustrated in Figure 4. The patient arrival and service times are shown in Tables 1 and 2.

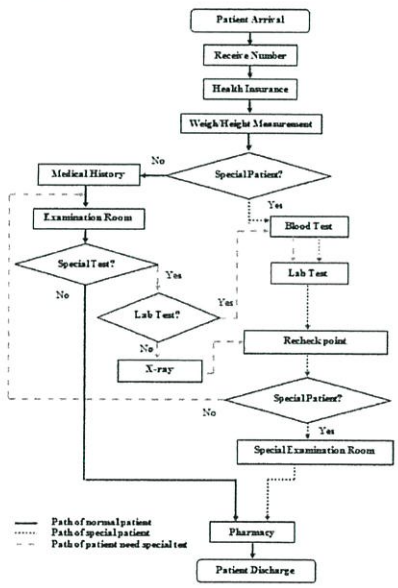


Figure 4: Flow of a patient at an outpatient department.

† :Corresponding Author

Table 1: Time between the arrivals of patients.

Period Time	Distribution (Second)
6.00-7.00	1 + EXPO(190)
7.00-8.00	2 + EXPO(109)
8.00-9.00	2 + EXPO(135)
9.00-10.00	3 + EXPO(219)
10.00-11.00	13 + EXPO(342)
11.00-12.00	8 + EXPO(422)
12.00-13.00	12 + EXPO(842)
13.00-14.00	2 + EXPO(284)
14.00-15.00	12 + EXPO(295)

Table 2: Service times.

Service	Distribution (Second)
Health insurance	TRIA(21,48.6, 208)
Weigh/height measurement	TRIA(61.5,87.9, 127)
Medical history	TRIA(69,147, 287)
Examination room	TRIA(129, 148, 282)
Special examination room	TRIA(107, 161, 259)
Blood test	TRIA(65, 85.1, 125)
Lab test	TRIA(134, 186, 280)
X-ray	TRIA(205,290, 601)
Recheck point	TRIA(24, 27.9, 35)
Pharmacy	TRIA(92, 110, 177)

3.2 Simulation Models

3.2.1 Agent-Based Simulation Model (ABS)

In this paper, the ABS model for an outpatient department is constructed using ABS simulation software. An outpatient department system consists of agents: doctors, nurses, and patients, who have their own specific attributes and decision-making, as shown in Table 3. For example, a doctor has an attribute called "experience" that makes each doctor to spend different time for diagnosing a patient's symptom. Similarly, a nurse has an attribute called "experience", which also makes each nurse to take different times for a service. A nurse determines a patient based on its attributes, which are the trauma type and the occurrence of relapse. Then, a nurse will send a patient to receive a diagnosis from a doctor based on the number in queue and the urgency rate of patient.

Table 3: Agent types and their attributes.

Agent type	Attribute
Doctor	- Experience
Nurse	- Experience
Patient	- Type of trauma (urgency rate) - Relapses rate

Figure 5 presents the message passing and the diagram of the proposed ABS model. A rectangle refers to the boundary of a patient's state chart. A rounded rectangle presents the boundary of nurse and doctor's state charts. An oval represents an agent's states. An agent in the system can interact with other agents through a message, which is represented by an arrow. An agent can change its state when receives a message of other agent or when a condition status, such as a process time out, is true.

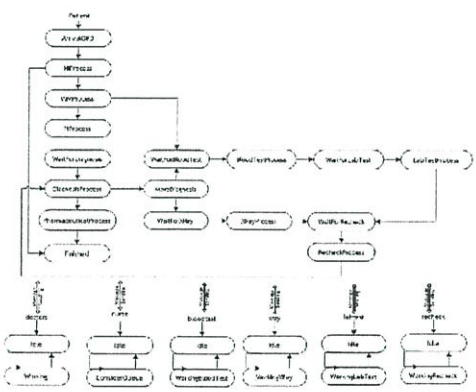


Figure 5: Message sending of agents.

3.2.2 Discrete Event Simulation Model (DES)

We build a DES model for an outpatient department using Arena simulation software in order to compare the results between two simulation models. The DES model is shown in Figure 6.

† :Corresponding Author

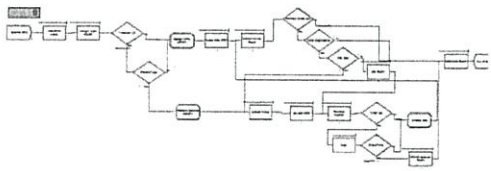


Figure 6: Discrete Event Simulation for an outpatient department using ARENA software.

4. RESULTS AND DISCUSSSION

This section contains a comparison between the results from the ABS model and the DES model, using the following hypotheses:

$H0: \mu 1 = \mu 2 = \mu 3$

$H1: \mu i \neq \mu j$ for at least one pair (i, j)

where $\mu 1$ is the result from a real system, $\mu 2$ is the result from a DES model, and $\mu 3$ is the result from the ABS model. We consider the patient's time in the system and the patient's waiting time in the system under the 95% confidence intervals. We verify the models by observing an animation output for tracing the event, state of the simulation, and agent movement that occurred in the system.

One-way ANOVA is used in this paper to compare the patient's time in the system and the patient's waiting time that is obtained from the ABS and DES models to the ones of the real system. The results are shown in Figures 7 and 8.

One-way ANOVA: Waiting Time versus Type

```
Source  DF      SS     MS     F      P
Type     2   10668   5334  1.70  0.189
Error   87  272869   3136
Total   89  283537

S = 56.00   R-Sq = 3.76%   R-Sq(adj) = 1.55%

                           Individual 95% CIs For Mean Based on
                           Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev   +---------+---------+---------+---------
ABS    30  222.35  49.35             (---------*---------)
DES    30  199.71  64.95    (---------*---------)
Real   30  223.23  52.50             (---------*---------)
                           +---------+---------+---------+---------
                           180       200       220       240

Pooled StDev = 56.00
```

Figure 7: One-way ANOVA result of the waiting time for the real system, DES model, and ABS model.

From Figure 7, the p-value is 0.189, which is greater than α (0.05); hence we cannot reject the null hypothesis (H_0). In other words, there is no evidence to indicate that the mean of the time in the system for real system, DES model, and ABS model are different.

One-way ANOVA: Time in System versus Type

```
Source  DF      SS     MS     F      P
Type     2   32353  16176  2.53  0.085
Error   87  555259   6382
Total   89  587612

S = 79.89   R-Sq = 5.51%   R-Sq(adj) = 3.33%

                           Individual 95% CIs For Mean Based on
                           Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev   +---------+---------+---------+---------
ABS    30  308.95  71.91   (---------*---------)
DES    30  346.96  80.04             (---------*---------)
Real   30  304.84  87.00   (---------*---------)
                           +---------+---------+---------+---------
                                 300       330       360       390

Pooled StDev = 79.89
```

Figure 8: One-way ANOVA result of the total time in the system for the real system, DES model, and ABS model.

From Figure 8, the p-value is 0.085, which is greater than α (0.05); hence we cannot reject the null hypothesis (H_0). In other words, there is no evidence to indicate that the mean of total time in the system for the real system, DES model, and ABS model are different.

Table 4 presents the 95% confident interval of the patient's time in the system and the patient's waiting time obtained from the DES model and the ABS model and those of a real system. It shows that the mean of time in system and the waiting time from the DES and ABS models are acceptable and consistent with the results shown in Figures 7 and 8.

Table 4: Patient's time in the system and patient's waiting time of the real system, DES model, and ABS model.

System Performance	Real System	95% Confidence Interval	
		DES Model	ABS Model
Time in System (minute)	304.84	(317.1, 376.8)	(282.1, 335.8)
Waiting Time (minute)	223.23	(175.5, 224.0)	(203.9, 240.8)

In addition, we compare the distribution of the time in system and the waiting time of the real system, the ABS model, and the DES model, as shown in Figures 9 and 10.

† :Corresponding Author

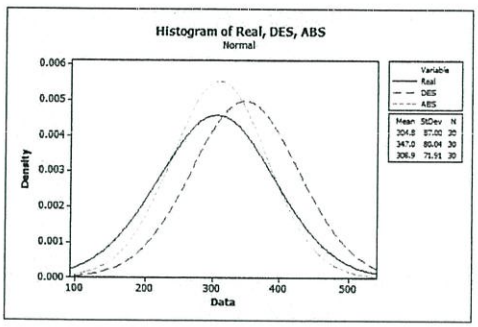


Figure 9: Comparison of the distribution data of time in system

Figure 9 presents the comparison of the distributions of time in the system among the real system, the ABS model, and the DES model. The result shows that the distribution of the time in system obtained from the ABS model is closer to the real system than the one from the DES model.

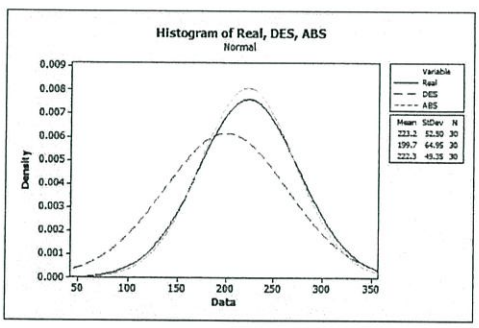


Figure 10: Comparison of the distribution data of the waiting time in system

Figure 10 presents the comparison of the distributions of waiting time in the system among the real system, the ABS model, and the DES model. The result shows that the distribution of waiting time in the system obtained from the ABS model is closer to the real system than the one from the DES model.

5. CONCLUSIONS

Based on the results discussed in Section 4, we conclude that both ABS and DES simulation models are comparable to represent the real system at the 95% confidence interval. Therefore, an Agent-Based Simulation (ABS) model can be used to represent a complex and dynamic system as it incorporates human-like behaviors, such as attributes and decision-making.

6. FUTURE WORK

Future works may improve the ABS simulation model by adding an interface so that agent's parameters can be adjusted. Such adjustment would be beneficial to monitor the effects of any changes occur in the system.

REFERENCES

Bakken, D. G. (2006) Agent-based simulation for improved decision-making. Proceedings of the Sawtooth Software Conference Florida.

Bonabeau, E. (2001). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. Proceeding of National Academy of Sciences 99(3), 7280-7287.

Borshchev A. and Filippov A. (2004) From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools, The 22nd International Conference of the System Dynamics Society, Oxford, England.

David Isern, David Sánchez, Antonio Moreno. (2010) Agents applied in health care: A review. International journal of medical informatics, 79, 145–166.

D.J. van der zee. (2006) Modeling decision making and control in manufacturing simulation, Int. J. Production Economics, 100, 155-167.

Godin, P., and Wang, C. (2010) Agent-based outpatient scheduling for diagnostic services, Systems Man and Cybernetics (SMC), 2010 IEEE International Conference, 1851-1856.

Heine, C., Herrler, R., and Stefan, K. (2004) Agent-based Optimisation and Management of Clinical Processes. Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'04)-The 2nd Workshop on Agents Applied in Health Care.

Jennings, N. R., et al. (1998) A Roadmap of Agent Research and Development. International Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 1(1), 7-38.

† :Corresponding Author

Macal, M.C. and North, M. J. (2005) Tutorial on Agent-Based Modeling and Simulation, Proceeding of the Winter Simulation Conference, 895-903.

Saunders C., Makens P., and Leblance L. (1989) Modeling Emergency Department Operations Using Advanced Computer Simulation Systems, Annals of Medicine, Vol18, No.2, 134-140.

Scerri, D., et al. (2010) An Architecture for Modular Distributed Simulation with Agent-Based Models, The 9th International Conference on Autonomous Agents and Multi agents systems. Toronto, Canada.

Shanon, R.E. (1975) System Simulation: The Art and Science. Prentice-hall Inc., Englewood Cliff.

Sokolowski JA and Banks CM. (2009) Simulation: models that vary overtime, In Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach, Eds. Hoboken, NJ: Wiley, 47-69.

Wooldridge, M. (2002) An Introduction to multi-agent systems, John Wiley and Sons, Ltd., London.

† :Corresponding Author

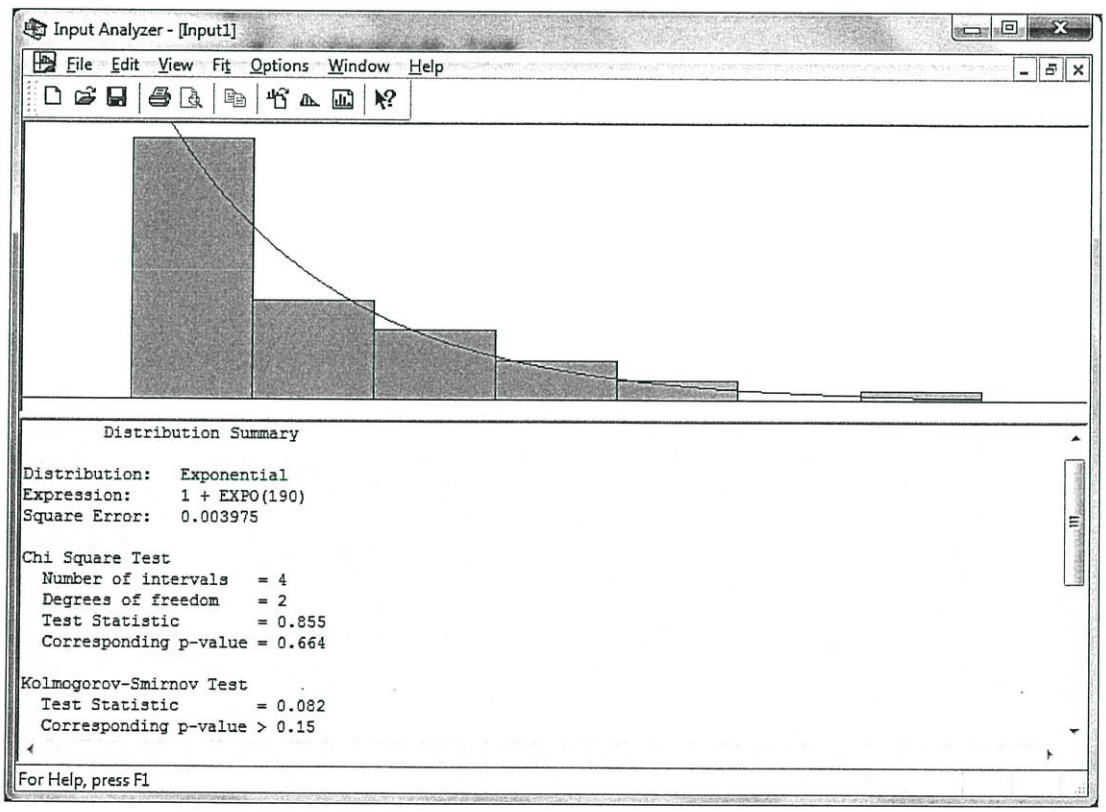
ภาคผนวก ค.
การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

การทดสอบสมมติฐานการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) เป็นไปภายใต้สมมติฐานที่ว่า

1. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาระหว่างการมาถึงของผู้ป่วย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น ได้มาจากการระบบบันทึกข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วยในแผนกผู้ป่วยนอก ในช่วงเวลา 6.00 – 16.00 น. วันจันทร์ถึงศุกร์ ระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งในการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เป็นรายชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

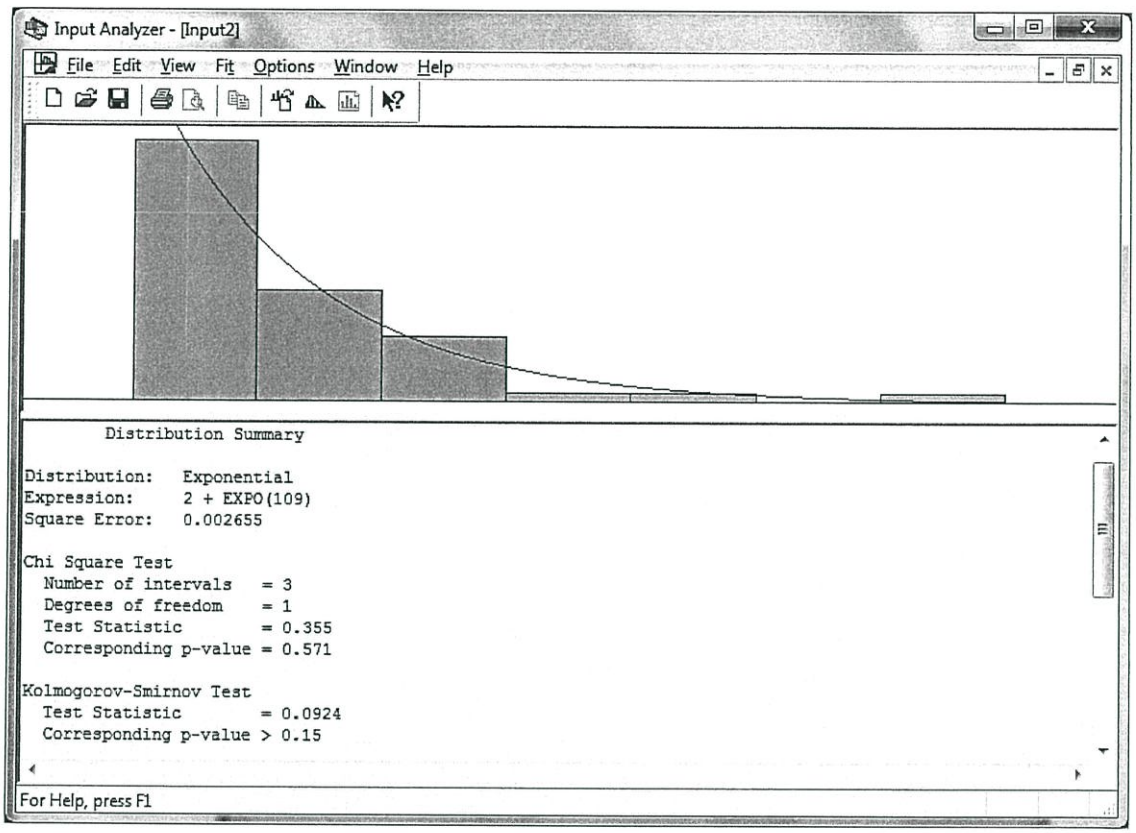
1.1 ช่วงเวลา 6.00 – 7.00 น.



รูปที่ ค.1 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 6.00 – 7.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 1 + EXPO (190)

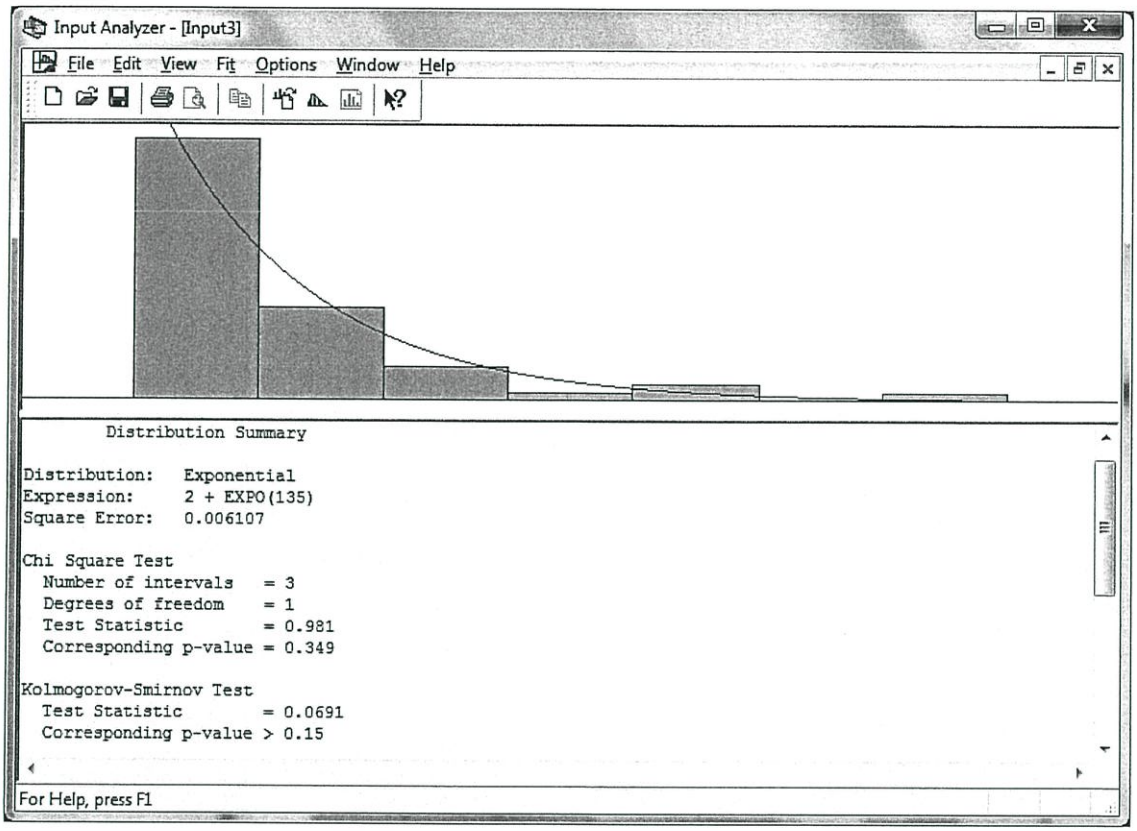
1.2 ช่วงเวลา 7.00 – 8.00 น.



รูปที่ ค.2 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 7.00 – 8.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 2 + EXPO (109)

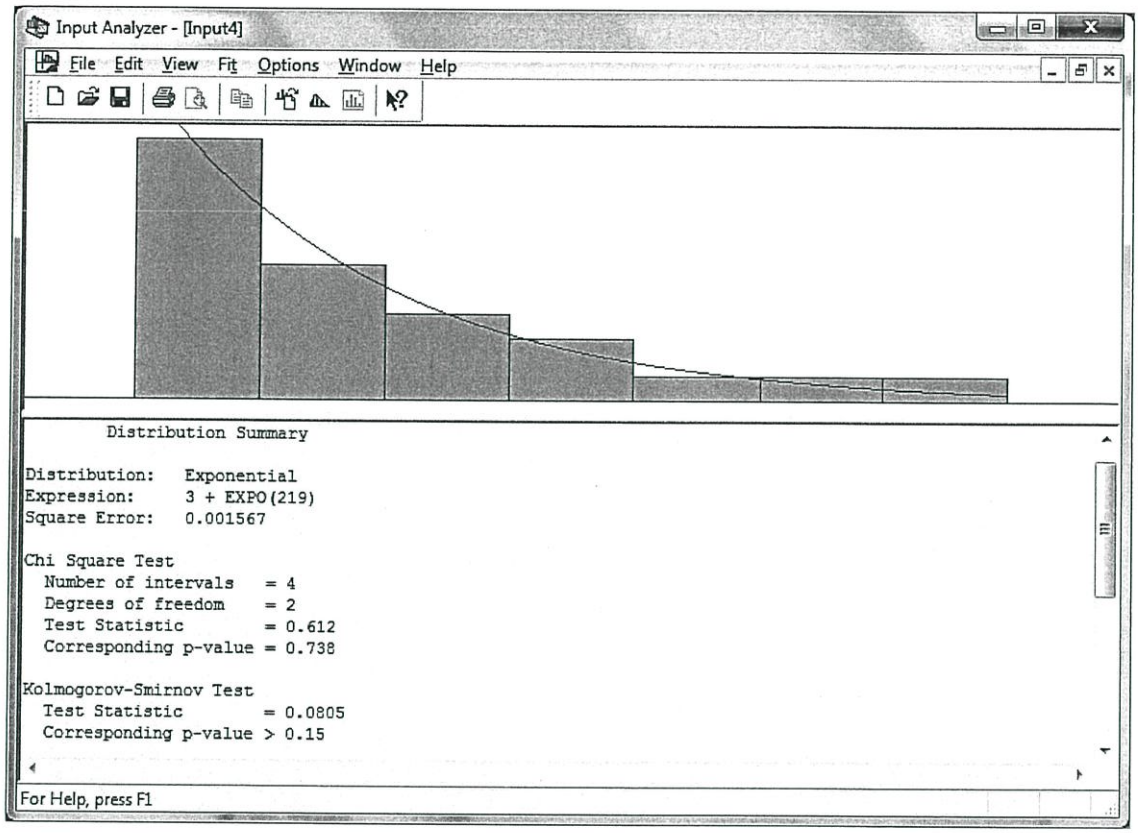
1.3 ช่วงเวลา 8.00 – 9.00 น.



รูปที่ ค.3 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 8.00 – 9.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 2 + EXPO (135)

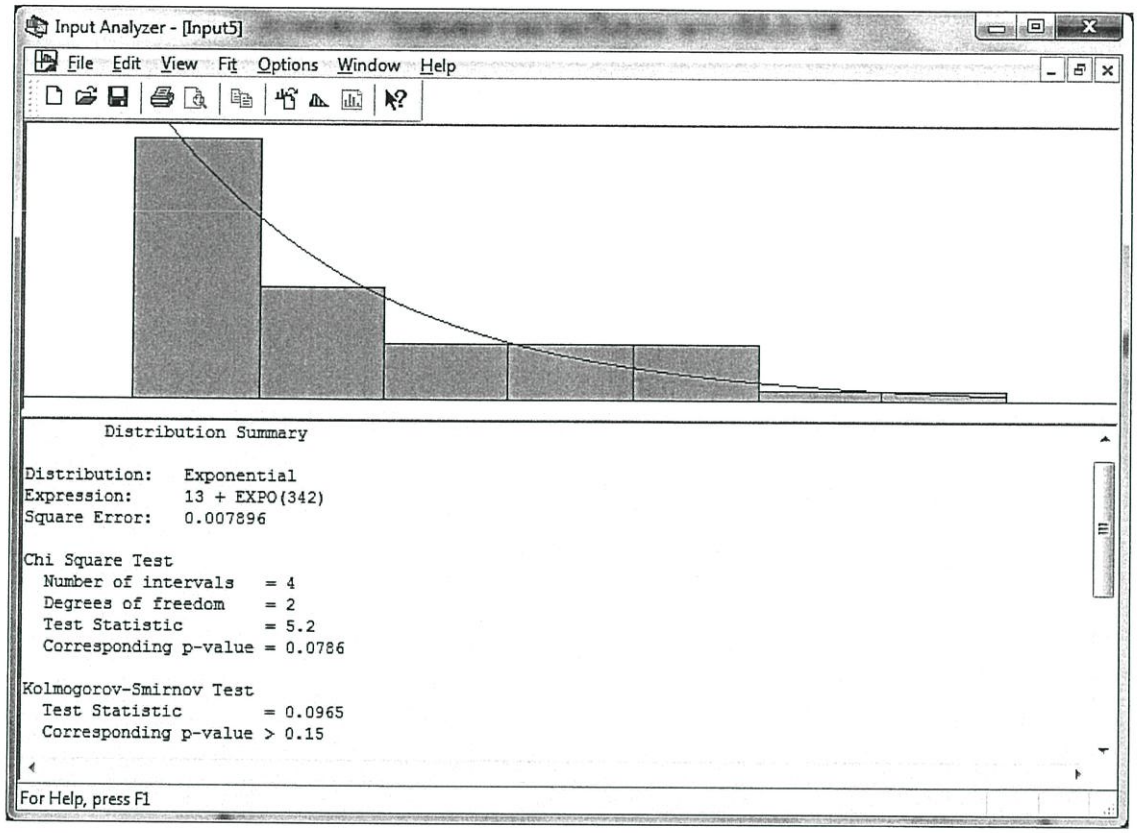
1.4 ช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น.



รูปที่ ค.4 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 3 + EXPO (219)

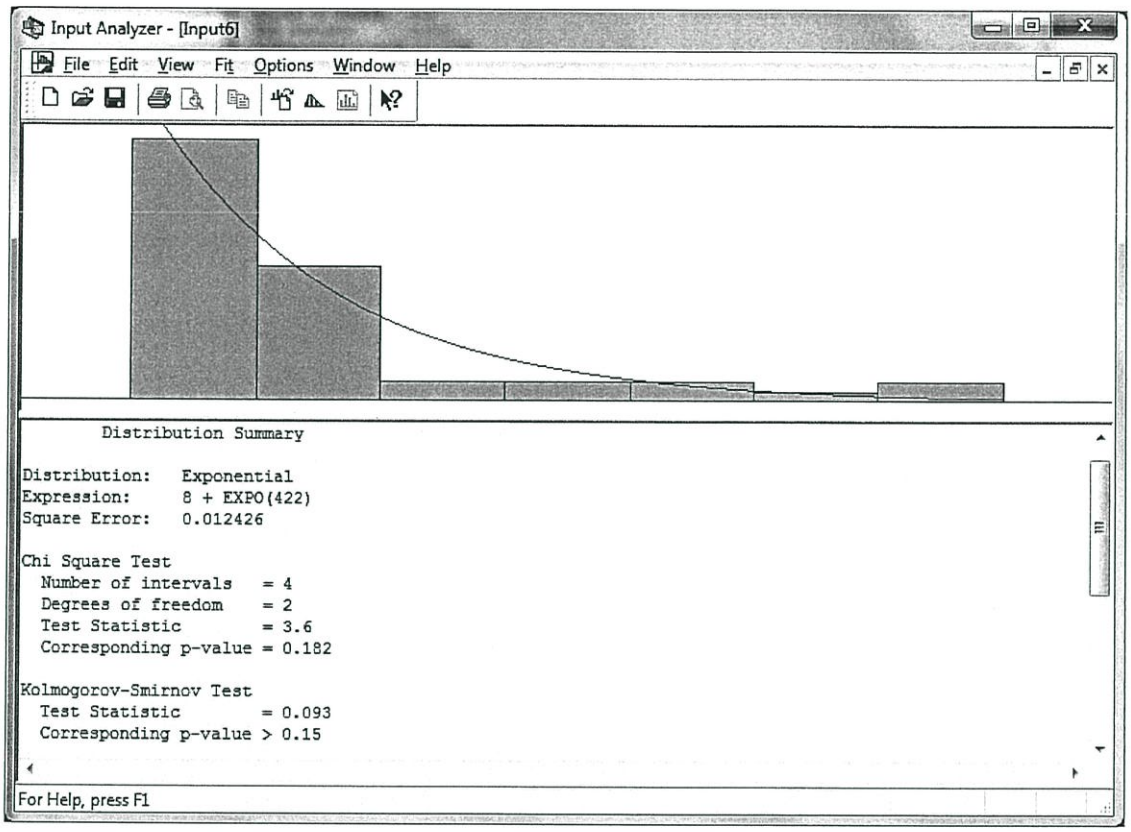
1.5 ช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น.



รูปที่ ค.5 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 13 + EXPO (342)

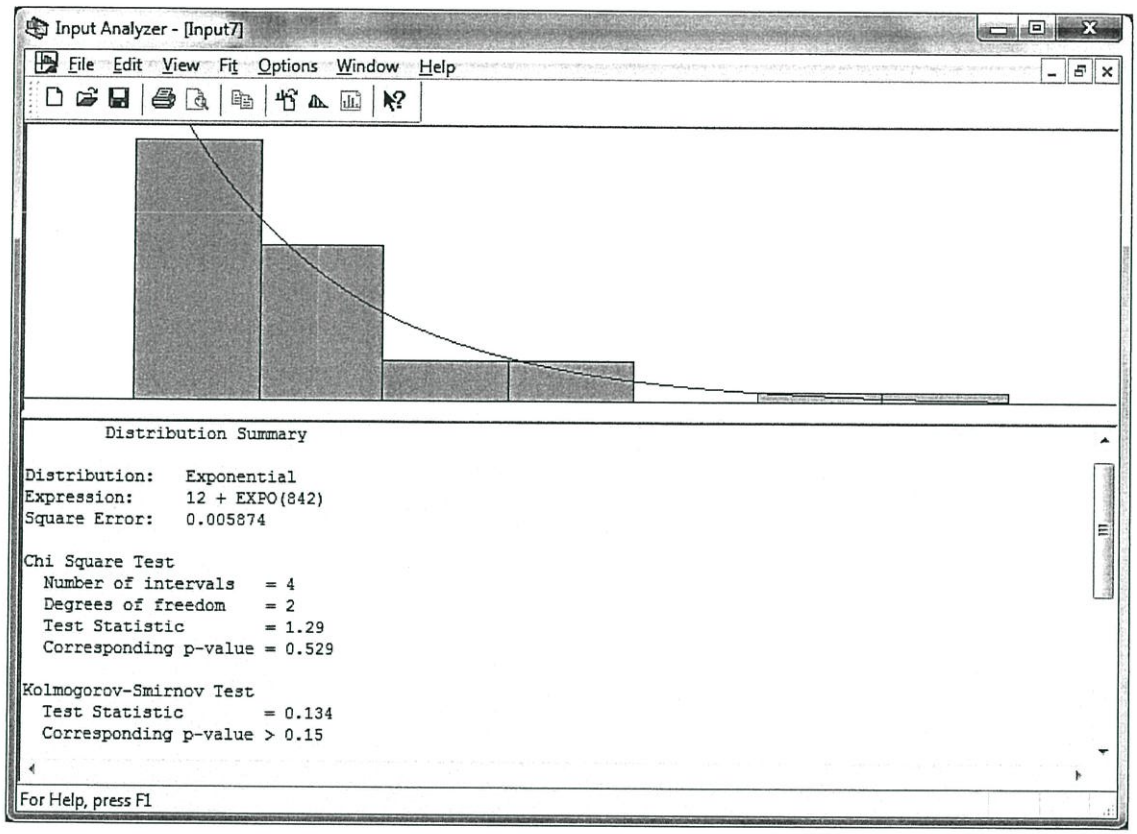
1.6 ช่วงเวลา 11.00 – 12.00 น.



รูปที่ ค.6 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 11.00 – 12.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 8 + EXPO (422)

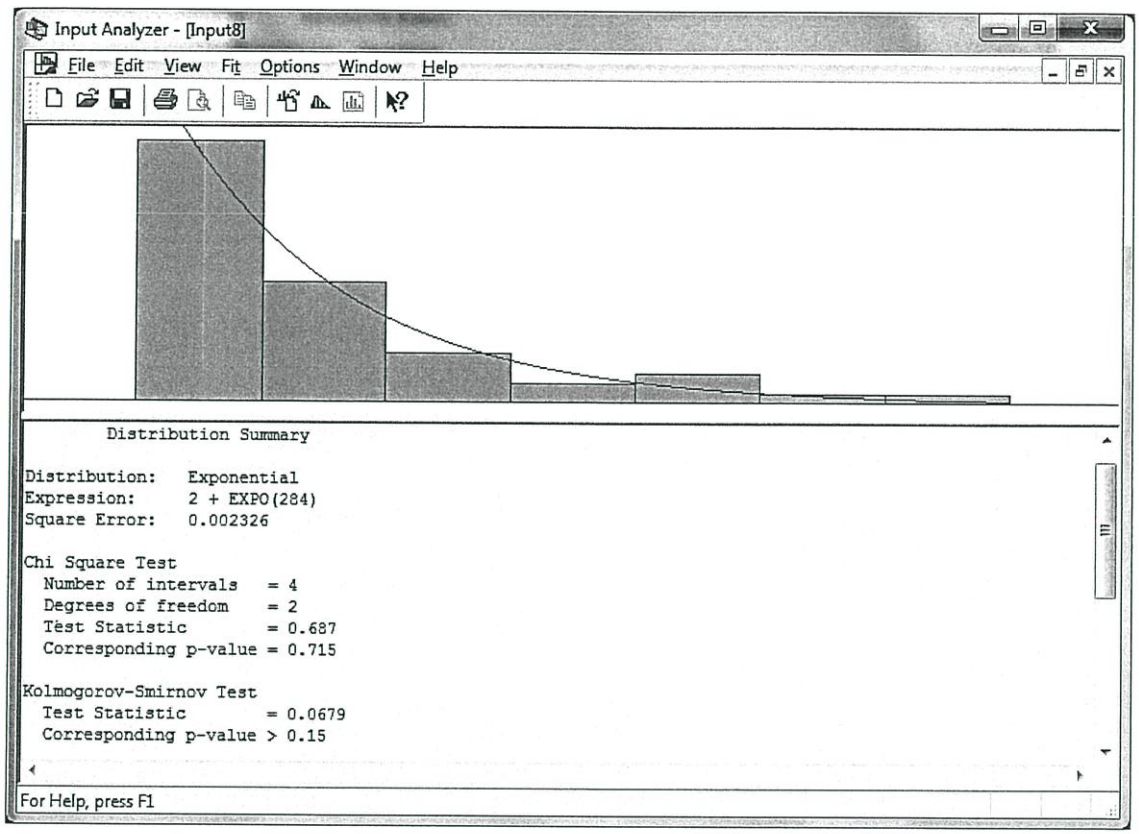
1.7 ช่วงเวลา 12.00 – 13.00 น.



รูปที่ ค.7 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 12.00 – 13.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 12 + EXPO (842)

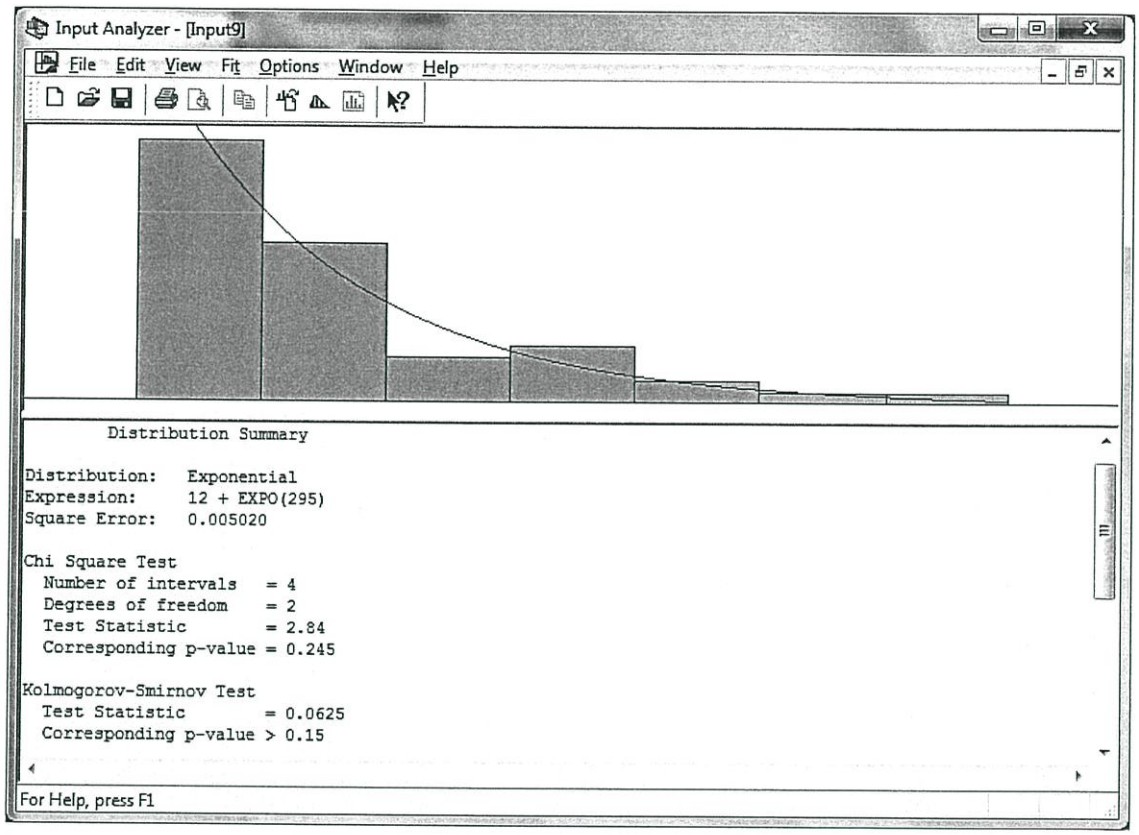
1.8 ช่วงเวลา 13.00 – 14.00 น.



รูปที่ ค.8 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 13.00 – 14.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 2 + EXPO (284)

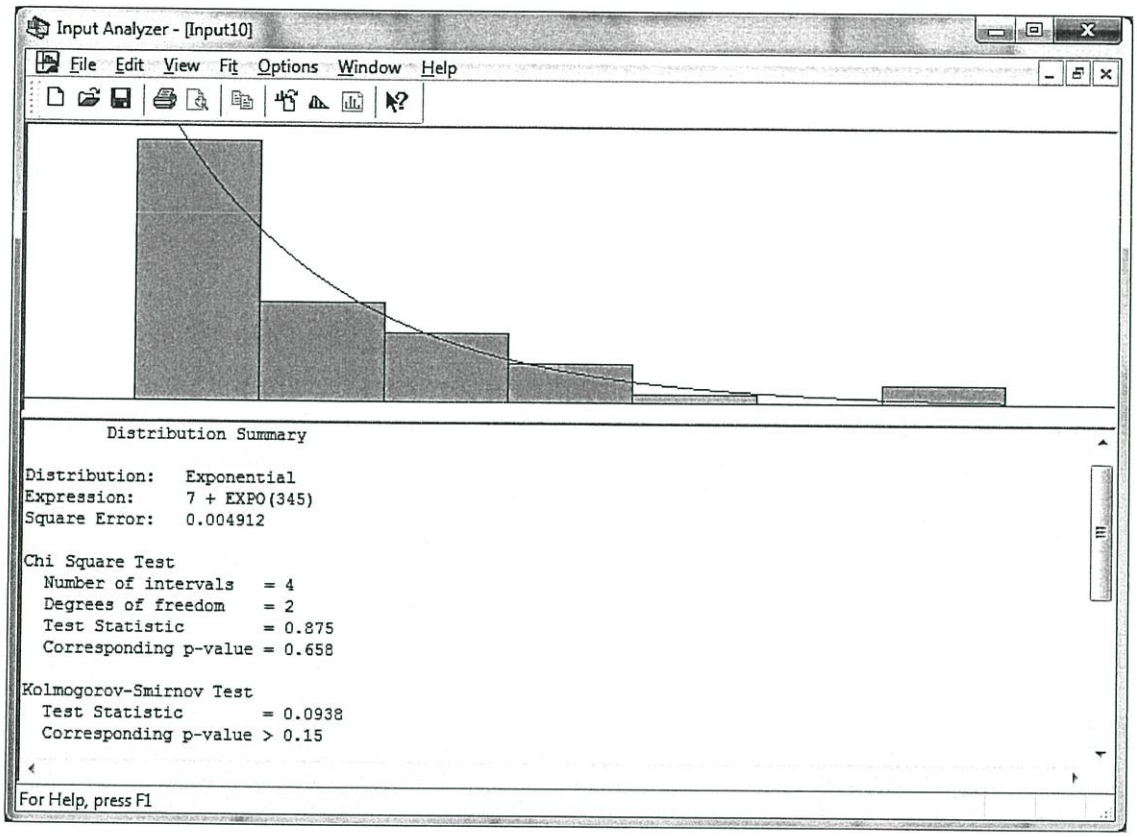
1.9 ช่วงเวลา 14.00 – 15.00 น.



รูปที่ ค.9 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 14.00 – 15.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 12 + EXPO (295)

1.10 ช่วงเวลา 15.00 – 16.00 น.



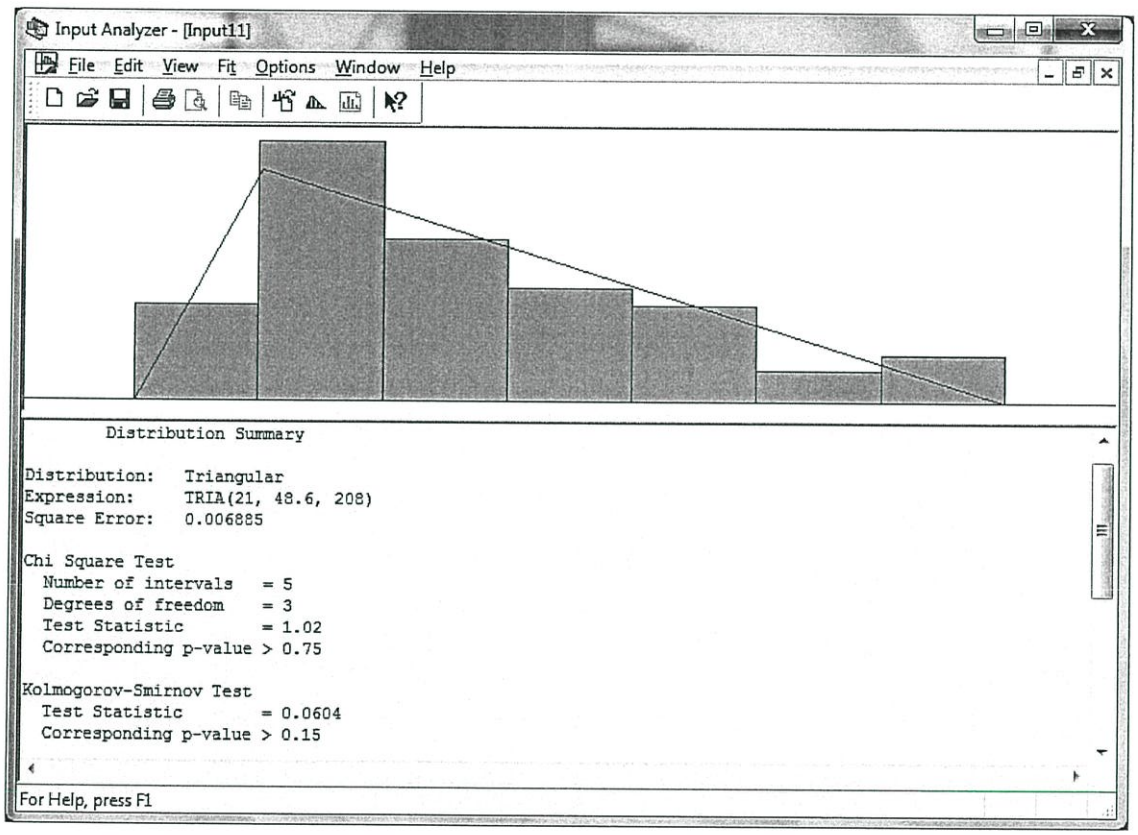
รูปที่ ค.10 การแจกแจงข้อมูลการเข้ามาของผู้ป่วย ช่วงเวลา 15.00 – 16.00 น.

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาข้อมูลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ 7 + EXPO (345)

2. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการให้บริการ

ในการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาการให้บริการในแต่ละสถานีงาน ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นรายชั่วโมง ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากการเก็บข้อมูลและระบบบันทึกข้อมูลภายในแผนกผู้ป่วยนอก ในวันจันทร์ถึงศุกร์ ระยะเวลา 3 เดือน ผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

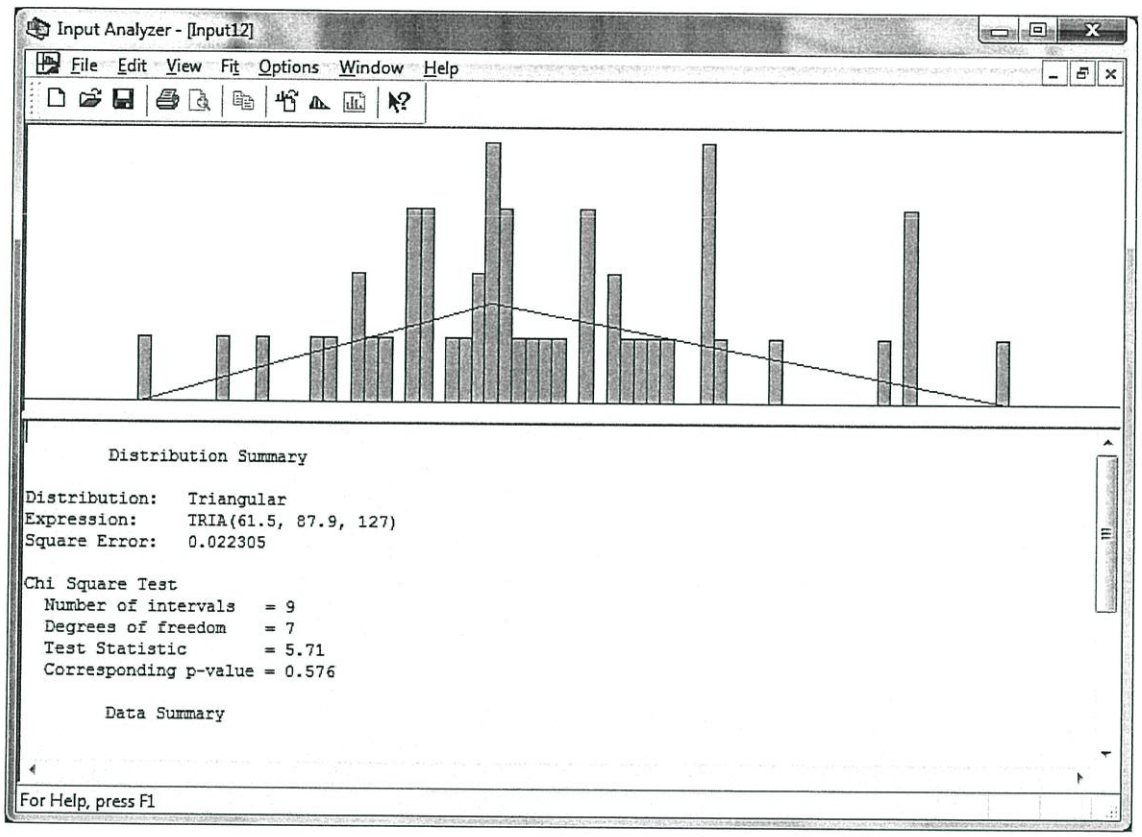
2.1 งานประกันสุขภาพ



รูปที่ ค.11 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการงานประกันสุขภาพ

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการในงานประกันสุขภาพมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (21, 48.6, 208)

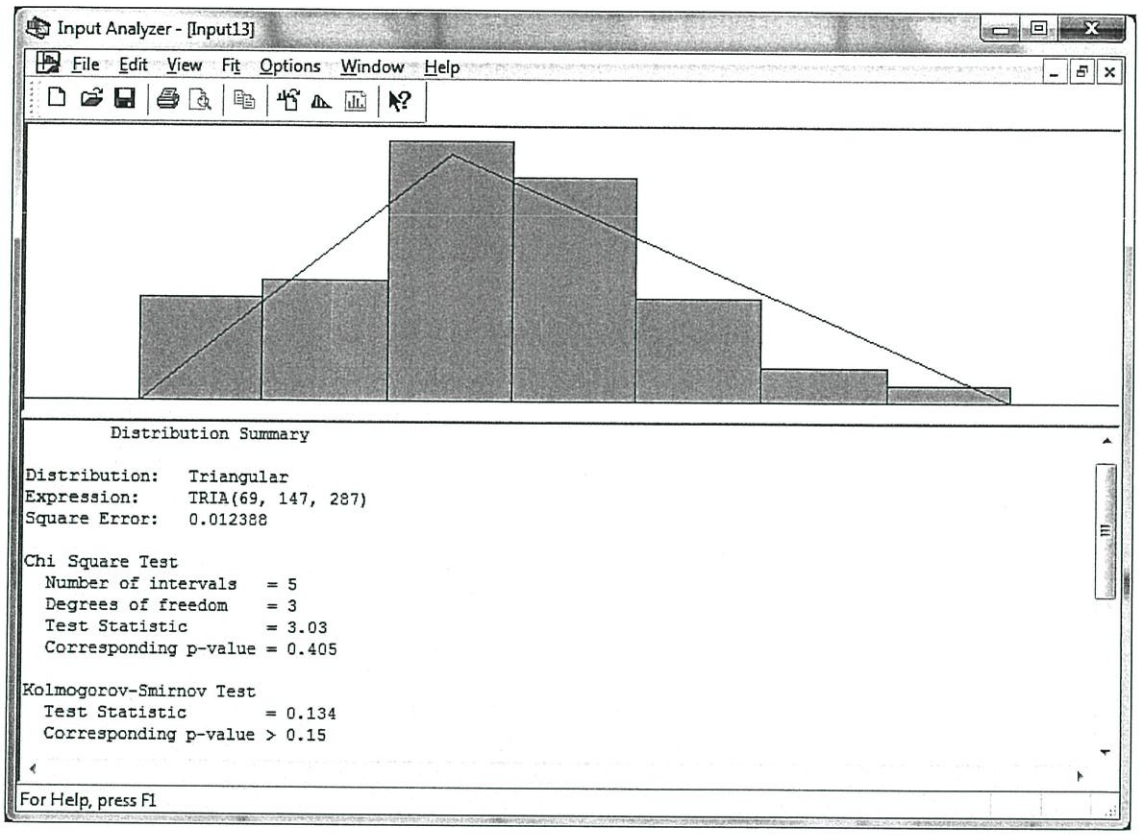
2.2 จุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน



รูปที่ ค.12 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการจุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดัน

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการในจุดชั่งน้ำหนัก/วัดความดันมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (61.5,87.9, 127)

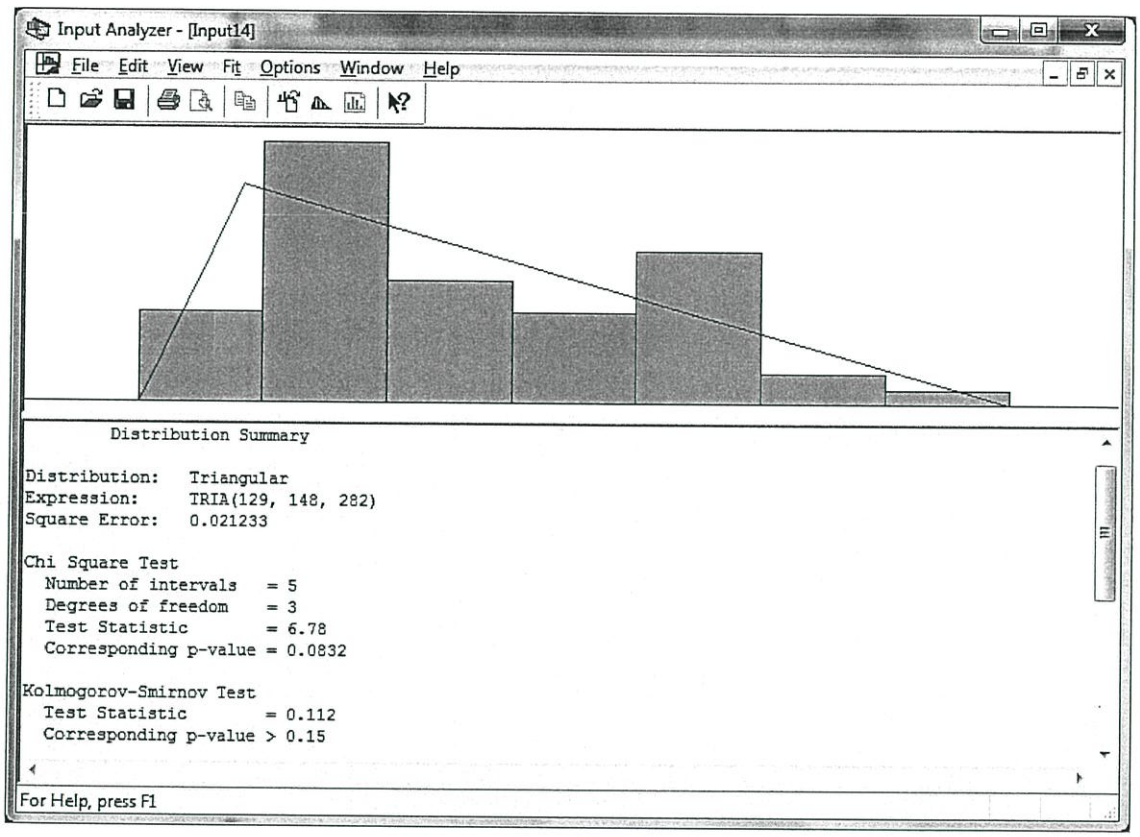
2.3 งานซักประวัติผู้ป่วย



รูปที่ ค.13 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการงานซักประวัติผู้ป่วย

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการในงานซักประวัติผู้ป่วยมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (69,147, 287)

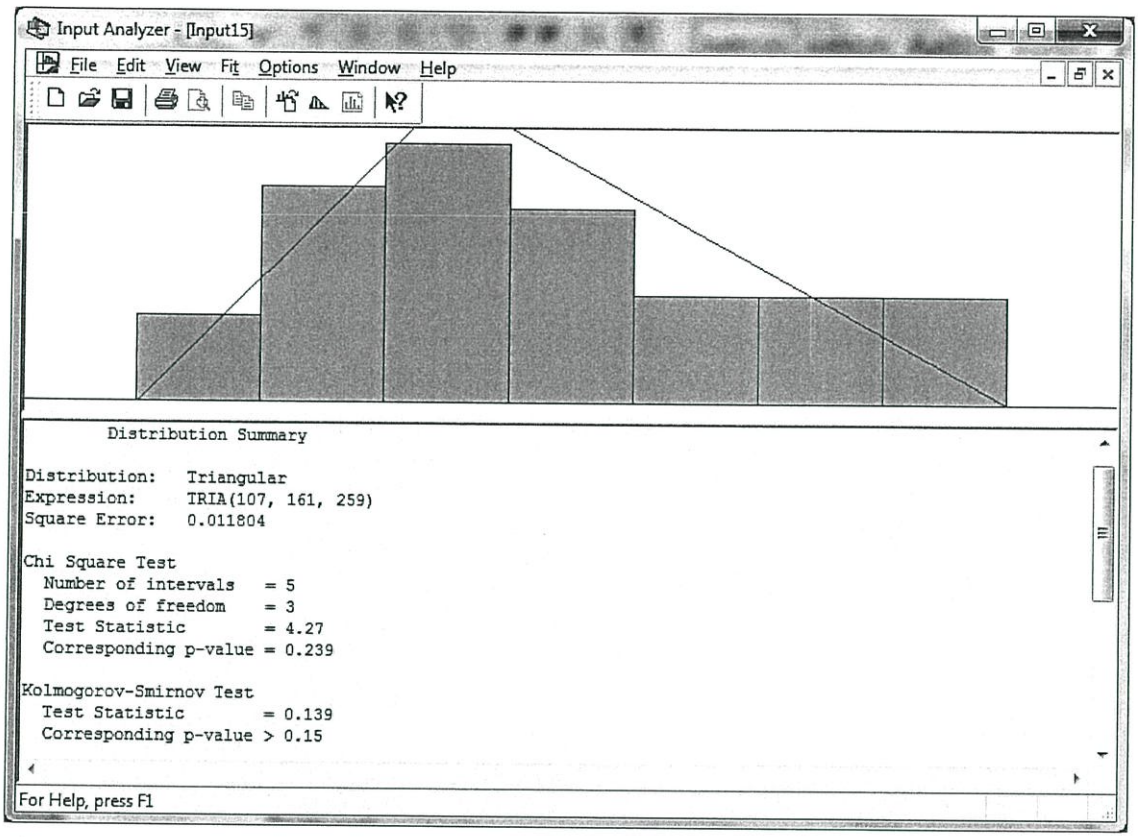
2.4 การตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไป



รูปที่ ค.14 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไป

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการตรวจรักษาผู้ป่วยทั่วไปมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (129, 148, 282)

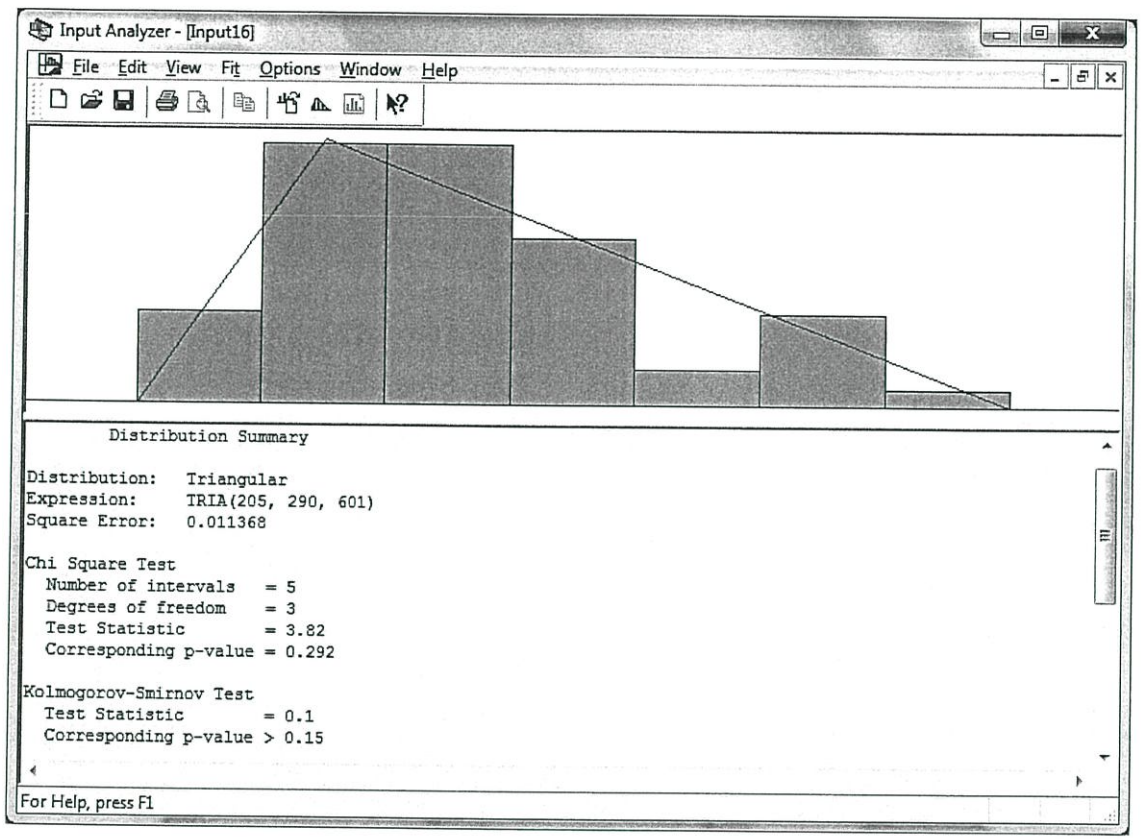
2.5 การตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ



รูปที่ ค.15 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษ

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการตรวจรักษาผู้ป่วยคลินิกพิเศษมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (107, 161, 259)

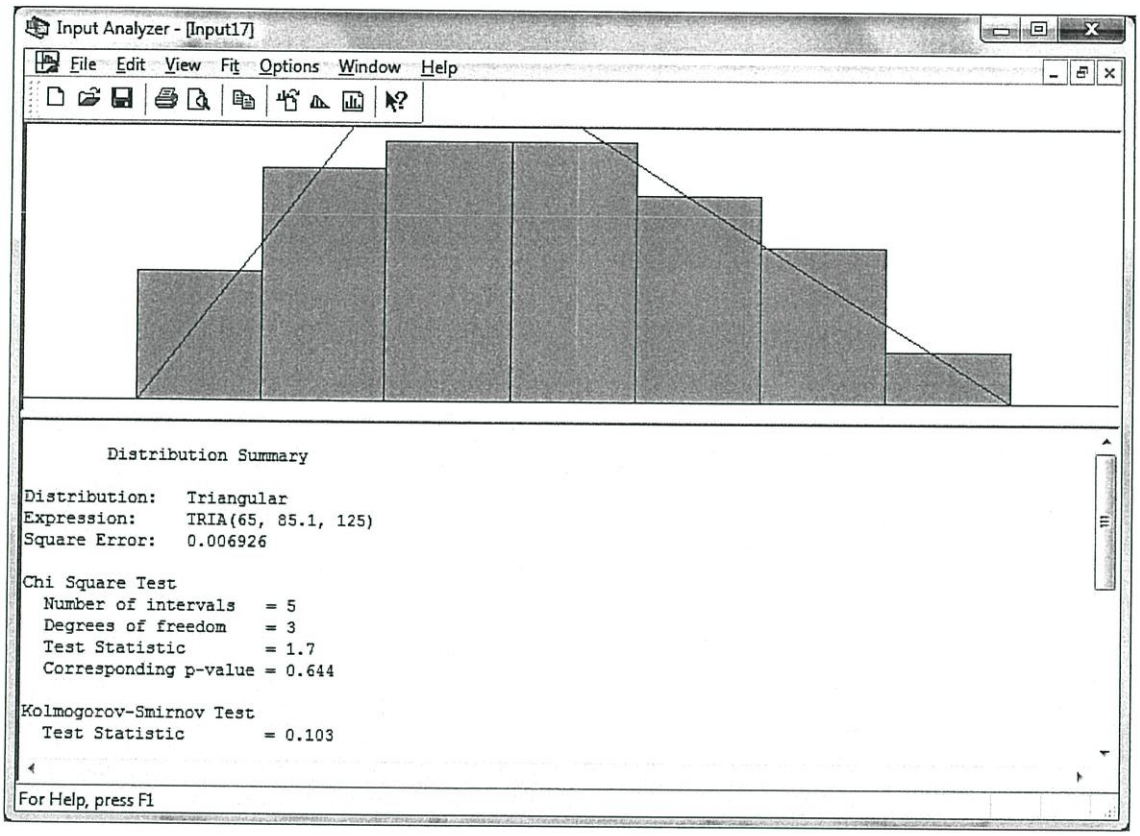
2.6 หน่วยงานรังสี



รูปที่ ค.16 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการหน่วยงานรังสี

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการของหน่วยงานรังสี มีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (205, 290, 601)

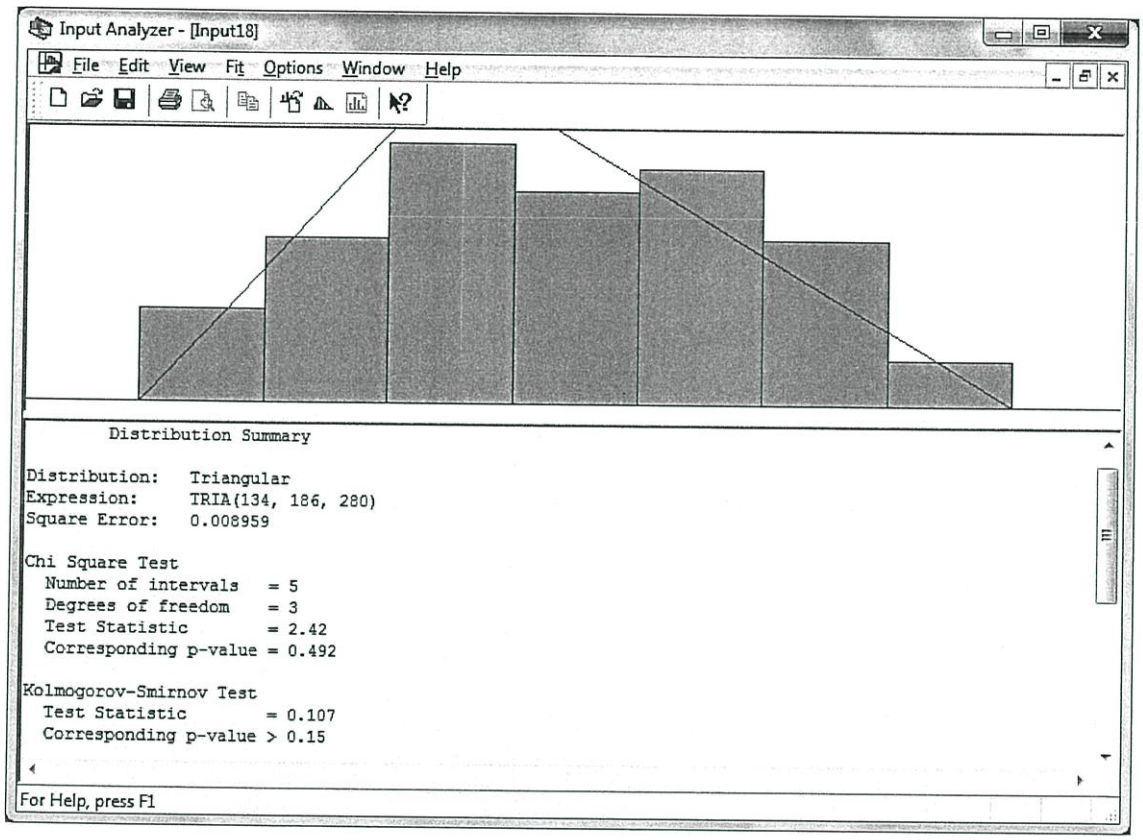
2.7 จุดเจาะเลือด



รูปที่ ค.17 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการจุดเจาะเลือด

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการของจุดเจาะเลือด มีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (65, 85.1, 125)

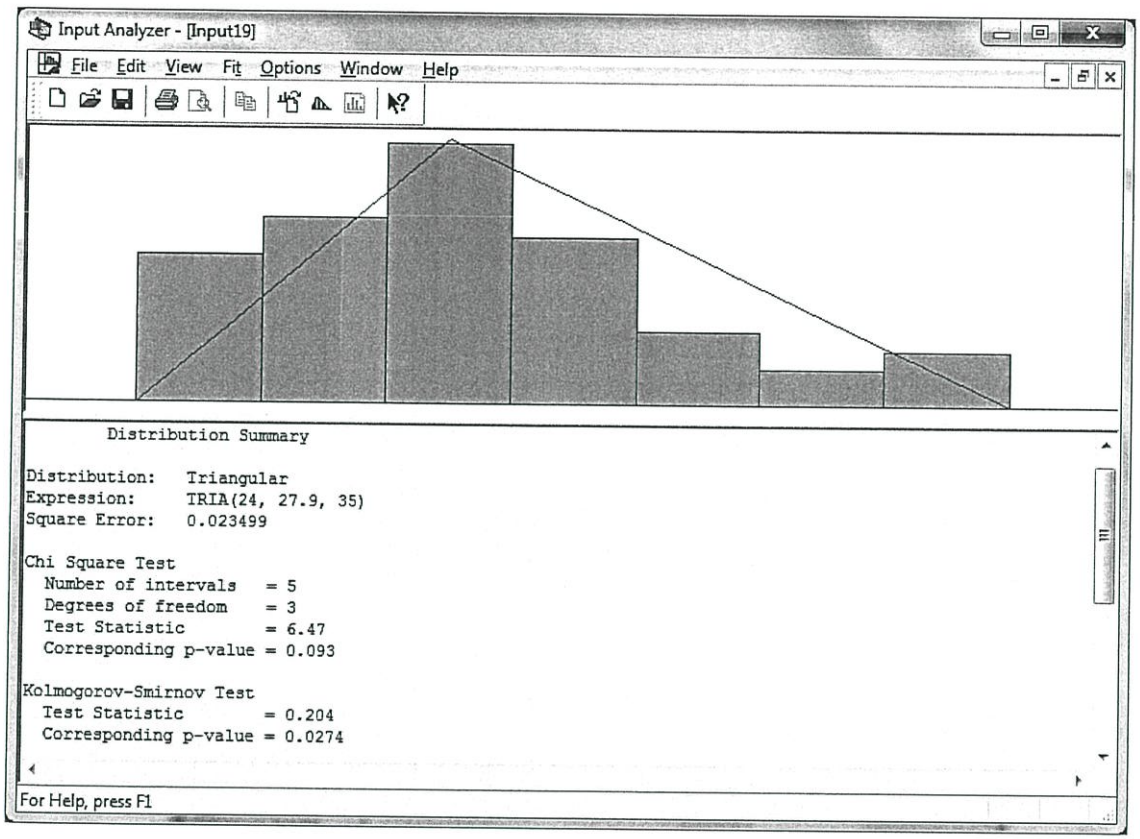
2.8 ห้องชันสูตรโรค



รูปที่ ค.18 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการหน่วยชันสูตรโรค

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการของหน่วยชันสูตรโรค มีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (134, 186, 280)

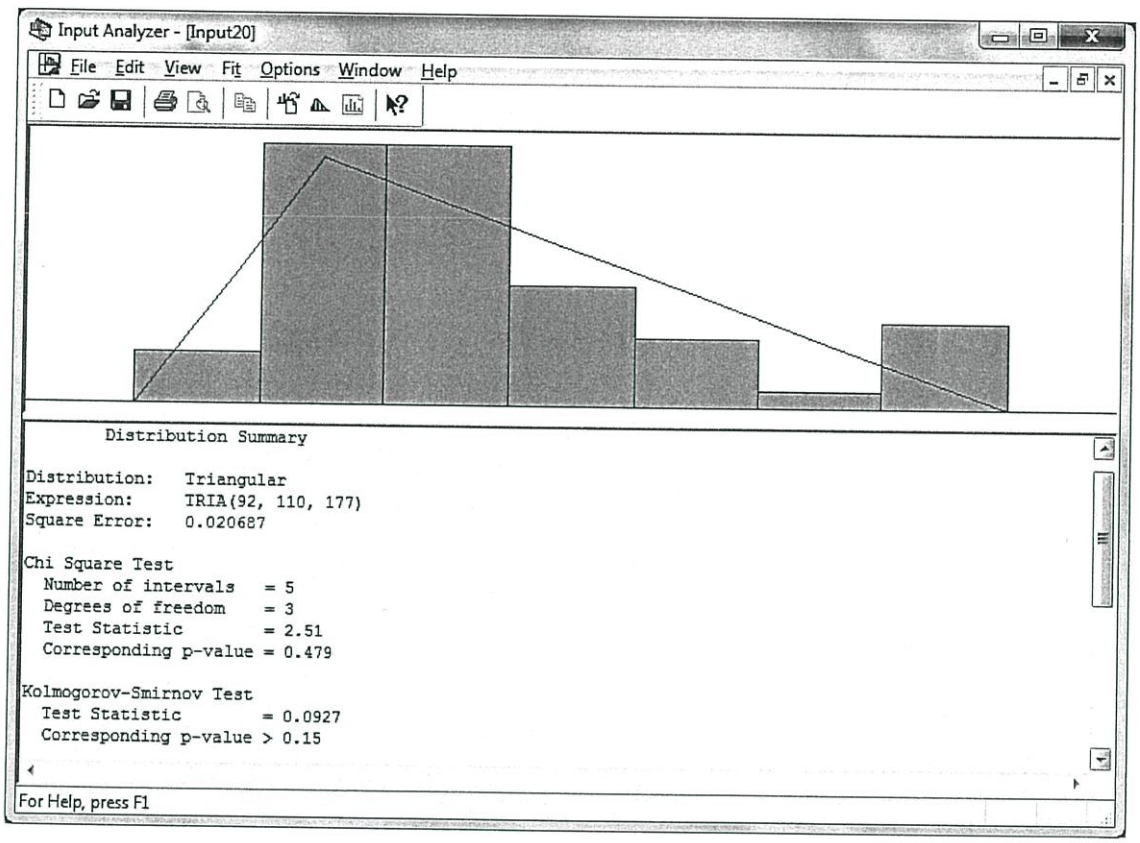
2.9 จุดประสานงานส่งต่อผลlab



รูปที่ ค.19 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการจุดประสานงานส่งต่อผล Lab

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการให้บริการของหน่วยจุดประสานงานส่งต่อผล Lab มีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (24, 27.9, 35)

2.10 การจ่ายยา



รูปที่ ค.20 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการการจ่ายยา

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการจ่ายยา มีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA (92, 110, 177)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายชลณุพงษ์ ศิริตัน
วัน เดือน ปีเกิด	14 พฤษภาคม 2530 ที่จังหวัดสระบุรี
ที่อยู่	14/3 ม. 3 ต.ห้วยทราย อ.หนองแค จ.สระบุรี 18230 โทร. 085-910-8044
ประวัติการศึกษา	2552 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผลงานทางวิชาการ	1. "Application of Agent-Based Modeling and Simulation for an Outpatient Department in a Hospital", The 15th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference. 2014. 2. "การประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำสำหรับแผนกผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาล". การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2556