การออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

นายประชาสันต์ แว่นไธสง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาการสารสนเทศดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2559

THE DESIGN OF AN ADAPTIVE QUEUING MODULE FOR PSYCHIATRIC HOSPITALS

Prachasan Vaenthaisong

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctoral of Information Science in Information Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2016

การออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิติมนต์ อั่งสกุล)
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)
กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์)
กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกฤษฎิ์ นิวัฒนากูล)
กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ พลนิกรกิจ)
(คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประชาสันต์ แว่นไธสง : การออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช (THE DESIGN OF AN ADAPTIVE QUEUING MODULE FOR PSYCHIATRIC HOSPITALS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล, 177 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยเรื่อง การลดระยะเวลารอคอยการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง ที่มุ่งเน้นการพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับจำลองสถานการณ์การให้บริการของโรงพยาบาลทางจิตเวช ตามแนวคิดทฤษฎีแถวคอย ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาความล่าช้าในการให้บริการและหาแนวทางในการปรับปรุงการให้บริการให้มีความเหมาะสม แต่การศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ อีกทั้งระบบแถวคอยที่ให้บริการโดยมนุษย์นั้นเป็นสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ซึ่งมุ่งเน้นศึกษาออกแบบขั้นตอนวิธีของตัวแบบแถวคอยที่ให้บริการโดยมนุษย์ ให้สามารถจำลองสถานการณ์การให้บริการให้มีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ซึ่งความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์ คืออัตราการให้บริการของแพทย์แต่ละท่านที่ให้บริการกับผู้รับบริการ 3 ประเภท ได้แก่ ผู้รับบริการแบบทั่วไป แบบเร่งด่วน และแบบฉุกเฉิน ด้วยวิธีการประมาณค่าอัตราการให้บริการที่เหมาะสมระหว่างแพทย์กับผู้รับบริการด้วยฟังก์ชันระบบกฎฟัซซีแบบ ทีเอสเค (ทาคากิ-ซูจิโน-คัง)

ผลการศึกษาพบว่าผลการจำลองสถานการณ์อัตราการให้บริการของแพทย์มีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 โดยผู้รับบริการแบบทั่วไป มีความถูกต้องร้อยละ 80.63 ผู้รับบริการแบบเร่งด่วน มีความถูกต้องร้อยละ 80.45 และผู้รับบริการแบบฉุกเฉิน มีความถูกต้องร้อยละ 80.42 และผลการประเมินความสามารถในการใช้งานมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชอยู่ในระดับดี ($\overline{x} = 4.13,\ S.D. = 0.54$)

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ ลายมือชื่อนักศึกษา ประชาสันต์ แว่นไธสง

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

PRACHASAN VAENTHAISONG : THE DESIGN OF AN ADAPTIVE QUEUING MODULE FOR PSYCHIATRIC HOSPITALS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THARA ANGSKUN, PH.D., 177 PP.

ADAPTIVE QUEUING MODULE/PSYCHIATRIC HOSPITAL/FUZZY SYSTEM /QUEUING THEORY

This research is based on our previous research called, "Reducing the Time of Service for Psychiatric Hospitals using Simulation Technique", which aims to develop a software for simulating the service time for psychiatric hospitals using queuing theory and computer simulation for analyzing the service delay and find out approaches for improving the service time. Unfortunately, the previous research has many restrictions and the human-served queuing system is complicated.

This research aims to design an adaptive queuing module for psychiatric hospital. It focuses on the design of algorithm for the human-served queuing model. The expected simulation accuracy is not less than 80 per cent which is measured by service rate of doctors. The patients in this research are divided into three cases called general cases, urgent cases, and emergency cases. The fuzzy inference system using Takagi-Sugeno-Kang (TSK) model is employed as a service rate approximation method in this research.

The simulation results indicated that the service rate of doctors is achieved in more than 80% in every patient cases. There are 80.63%, 80.45% and 80.42% of accuracy for the general cases, urgent cases, and emergency cases respectively.

The usability evaluation of an adaptive queuing module for psychiatric hospital revealed that the overall evaluation is in the good level ($\overline{x} = 4.13,\ S.D. = 0.54$).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Information Technology Student's signature ปภาวินท์ แว่นโธรา

Academic Year 2016 Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยได้ความกรุณาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากผู้เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิติมนต์ อั่งสกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกฤษฎิ์ นิวัฒนากูล ที่ช่วยผลักดันให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะ และตรวจทานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ที่อนุญาตและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภายในโรงพยาบาลเพื่อการวิจัย และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูล

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ บัณฑิตศึกษาทุกคน ที่ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ทุกคนในครอบครัว ที่คอยดูแลให้กำลังใจและความช่วยเหลือต่าง ๆ เป็นแรงผลักดันให้อดทน และมุ่งมั่นจนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ คุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา และครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

ประชาสันต์ แว่นไธสง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ง

สารบัญ.....จ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....6

1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....6

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....7

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....7

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7

1.7 คำอธิบายศัพท์.....8

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....9

2.1 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory).....9

2.1.1 ลักษณะของระบบแถวคอย.....9

2.1.2 การกำหนดสัญลักษณ์และนิยาม.....15

2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง L, W, L_q และ W_q.....18

2.1.4 ข้อมูลการเข้ามารับบริการและการให้บริการ.....19

2.1.5 กระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการ……..…….21

2.1.6 การวิเคราะห์กระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้น
และการจากไปของผู้รับบริการ.....22

2.1.7 ตัวแบบแถวคอยสำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไป.....25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)....37
2.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับระบบฟัซซี (Fuzzy Logic)....40
2.2.2 พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี....42
2.2.3 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)....43
2.2.4 การดำเนินการทางฟัซซีเซต....45
2.2.5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก....47
2.2.6 ตัวแปรเชิงภาษา....51
2.2.7 กฎฟัซซี....52
2.2.8 กระบวนการหาเหตุผลในระบบกฎฟัซซี....53
2.3 แนวคิดการจำลองปัญหา (Simulation Techniques)....60
2.3.1 ระบบและตัวแบบจำลอง....60
2.3.2 วิธีการเคลื่อนเวลาของการจำลองระบบแบบไม่ต่อเนื่อง....63
2.3.3 การตรวจสอบแบบจำลอง....64
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....66
3 วิธีดำเนินการวิจัย....74
3.1 วิธีวิจัย....74
3.1.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหาและศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ (Systems Investigation)....74
3.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ (Systems Analysis)....78
3.1.3 ขั้นตอนการออกแบบระบบ (Systems Design)....92
3.1.4 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ (Systems Implementation)....95
3.1.5 ขั้นตอนการประเมินผลและติดตามผล (Systems Maintenance and Review)....96
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....96
3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนามอดูล....96
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ....97

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ....98
3.4 การเก็บรวมรวมข้อมูล....98
3.4.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data)....98
3.4.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data)....98
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล....99
3.5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE)....99
3.5.2 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAE)....100
3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ....101
4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล....102
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนามอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช....102
4.1.1 ส่วนเมนูบาร์ (Menu bar)....103
4.1.2 ส่วนการสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base)....104
4.1.3 ส่วนแสดงผลการจำลองสถานการณ์....107
4.1.4 ส่วนแสดงสถานะคืบหน้าการจำลองสถานการณ์....107
4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง....107
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้....108
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์การเข้ามาของผู้รับบริการ....130
4.2.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้....139
4.2.4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้....142

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.5 อภิปรายผล.....147

5 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....157

5.1 สรุปผลการวิจัย.....157

5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย.....158

5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย.....158

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....158

รายการอ้างอิง.....160

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบสำรวจระยะเวลาให้บริการตรวจรักษาทางจิตเวชแบบผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์.....167

ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อการวิจัย ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลา การให้บริการตรวจรักษาสุขภาพจิตแบบผู้ป่วยนอกผู้ใหญ่ สำหรับแพทย์โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์.....169

ภาคผนวก ค ประเมินความพึงพอใจการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช.....173

ประวัติผู้เขียน.....177

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 จำนวนอุบัติการณ์ที่เกิดจากอาการฉุกเฉินทางจิตเวช แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์....2

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....71

3.1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจ....97

4.1 รายละเอียดเมนูบาร์ (Menu bar)....103

4.2 สรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาให้บริการของแพทย์....107

4.3 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์....109

4.4 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร....109

4.5 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ....110

4.6 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี....110

4.7 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์....110

4.8 จำนวนผู้มารับบริการ โดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา....111

4.9 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์....112

4.10 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร....112

4.11 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ....113

4.12 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี....113

4.13 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์....114

4.14 จำนวนผู้มารับบริการเฉลี่ยโดยรวมจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา....114

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์....115
4.16 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร....116
4.17 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ....116
4.18 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี....117
4.19 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์....117
4.20 จำนวนผู้มารับบริการ โดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา....118
4.21 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์....119
4.22 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร....119
4.23 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ....120
4.24 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี....120
4.25 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์....121
4.26 จำนวนผู้มารับบริการ โดยเฉลี่ยจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา....121
4.27 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์....122
4.28 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร....123
4.29 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ....123
4.30 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี....124
4.31 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์....124
4.32 จำนวนผู้มารับบริการ โดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา....125
4.33 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์....126
4.34 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร....126

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.35 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ.....127
4.36 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา
สำหรับวันพฤหัสบดี.....127
4.37 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์.....128
4.38 จำนวนผู้มารับบริการ โดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา.....129
4.39 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการ สำหรับวันจันทร์.....130
4.40 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการ สำหรับวันอังคาร.....131
4.41 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการ สำหรับวันพุธ.....132
4.42 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการ สำหรับวันพฤหัสบดี.....133
4.43 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการ สำหรับวันศุกร์.....134
4.44 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยจำนวนโรคที่ป่วย.....135
4.45 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยจำนวนครั้งที่มา.....135
4.46 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยช่วงอายุ.....136
4.47 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยภูมิลำเนา.....136
4.48 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยลักษณะอาชีพ.....137
4.49 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยระดับการศึกษา.....137
4.50 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองเวลาให้บริการ
สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 9 เดือน.....138
4.51 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองเวลาให้บริการ
สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 3 ปี.....139
4.52 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองเวลาให้บริการ
สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 25 ปี.....140
4.53 ประเด็นคำถามและผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวม.....141
4.54 การประเมินด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability).....142
4.55 การประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency).....143
4.56 การประเมินด้านความสามารถในการจดจำได้ (Memorability).....143

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.57 การประเมินด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors).....144
4.58 การประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction).....144
4.59 เปรียบเทียบประสิทธิภาพรูปแบบกฎแบบ TSK และ Mamdani.....146
4.60 เปรียบเทียบประสิทธิภาพรูปแบบกฎแบบ TSK และ MATLAB.....147
4.61 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของผลการจำลองสถานการณ์.....148
4.62 จำนวนผู้มารับบริการโดยเฉลี่ยจำแนกตามวันและช่วงเวลาที่มารับบริการ.....151
4.63 ผลการจำลองสถานการณ์เวลารอคอยและจำนวนผู้รอคอยรับบริการ จำแนกแพทย์.....153
4.64 เวลาออกตรวจของแพทย์ที่ใช้ในปัจจุบัน.....154
4.65 การปรับเวลาออกตรวจของแพทย์.....155
4.66 การลดระยะเวลารอคอยโดยรวม.....156

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ระบบแถวคอยหลายขั้นตอนแบบอนุกรม (Single Queue, Multiple Servers in Series).....3

1.2 การแสดงผลการจำลองระบบผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น.....3

2.1 ลักษณะพื้นฐานระบบแถวคอย.....9

2.2 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-ขั้นตอนเดียว
(Single – Channel – Single - Phase System).....12

2.3 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-หลายขั้นตอน
(Single-Channel-Multiple-Phase System).....12

2.4 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง-ขั้นตอนเดียว
(Multiple-Channel-Single-Phase System).....12

2.5 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง-หลายขั้นตอน
(Multiple-Channel-Multiple-Phase System).....13

2.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซง(Poisson Distribution).....20

2.7 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution).....20

2.8 อัตราการเข้ามาและอัตราการให้บริการจนสำเร็จเฉลี่ย.....22

2.9 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution).....25

2.10 ความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบชนิด M/M/s.....27

2.11 ความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบ
สำหรับตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s/K กรณีมีพื้นที่แถวคอยจำกัด.....31

2.12 ความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบ
สำหรับตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s กรณีที่แหล่งที่มาจำกัด.....34

2.13 ระบบการอนุมานผลแบบฟัซซี.....41

2.14 ตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) และตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy Logic).....42

2.15 ความไม่แน่นอน.....42

2.16 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิก เซตทวินัย (Crisp Set) และเซตแบบฟัซซี (Fuzzy Set).....43

2.17 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซีแบบแบบดิสครีต (Discrete) ของเซต A.....44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.18 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซีแบบแบบต่อเนื่อง (Continuous) ของเซต A 45
2.19 ยูเนียน (Union) ของฟัซซีเซต A และ B 46
2.20 อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซต A และ B.....46
2.21 คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต A 46
2.22 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ a=0, b=5 และ c=10.....48
2.23 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ a=0, b=2, c=8 และ d=10.....48
2.24 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ m=5 และ σ=1.....49
2.25 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-Shaped Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ a=2, b=4 และ c=5.....49
2.26 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Smooth Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ a=2 และ b=8.....50
2.27 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Z-Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ a=2 และ b=8.....51
2.28 ตัวอย่างตัวแปรเชิงภาษา.....52
2.29 ตัวอย่างปริภูมิรูปแบบการจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี.....52
2.30 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี.....54
2.31 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าทั่วไปด้วยวิธีถ่วงน้ำหนัก.....58
2.32 กลุ่มของระบบกฎฟัซซี.....59
2.33 การทดลองด้วยการจำลอง.....60
3.1 ข้อจำกัดของงานวิจัยเดิม.....75
3.2 การออกแบบตัวแบบแถวคอยสำหรับการให้บริการของแพทย์.....76
3.3 การออกแบบระเบียบแถวคอยแบบตารางการทำงานลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้
(Multilevel Feedback Queue Scheduling).....76

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.4 การออกแบบอัตราการให้บริการแบบฟัซซี....77
3.5 การออกแบบการนำเสนอตัวแบบแถวคอยที่เป็นได้....77
3.6 การมารับบริการของผู้รับบริการทางจิตเวชที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลา....78
3.7 ขั้นตอนการให้บริการตรวจรักษาแบบผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์....79
3.8 การให้บริการผู้รับบริการทั่วไป (อายุไม่เกิน 60 ปี) 82
3.9 การให้บริการผู้รับบริการทั่วไป ช่วงอายุ 60-70 ปี....83
3.10 การให้บริการผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน....83
3.11 การให้บริการผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน....84
3.12 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ของตัวแบบแถวคอย สำหรับโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์....85
3.13 การออกแบบแถวคอยแบบจัดลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue Scheduling) 87
3.14 ตัวอย่างชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Data) และชุดข้อมูลทดสอบ (Operation Data)....88
3.15 การอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี....90
3.16 ตัวแบบแถวคอยกับการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี....91
3.17 การค้นหาคำตอบตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้....91
3.18 กรอบแนวคิดการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช...92
3.19 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนำเข้า....93
3.20 ส่วนออกแบบและสร้างฟัซซีเซตของแถวคอยอัตโนมัติ....94
3.21 การลดความคลาดเคลื่อนของกฎฐานฟัซซีด้วย ANFIS....94
3.22 ส่วนการค้นหาตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้....95
4.1 หน้าต่างการแสดงผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้....102
4.2 เมนูบาร์ (Menu bar) 102
4.3 หน้าต่างสำหรับสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) สำหรับตัวแบบแถวคอย....104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.4 การเลือกไฟล์ข้อมูลปัจจัยนำเข้า.....105
4.5 การสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) 105
4.6 การประยุกต์ใช้ (Apply) กฎฐานฟัซซีให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูล
เอ็กเอ็มแอลไฟล์ (XML File).....105
4.7 ส่วนแสดงผลการจำลองสถานการณ์.....106
4.8 ส่วนแสดงสถานะความคืบหน้าของการจำลองสถานการณ์.....106
4.9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ประสบการณ์ให้บริการของแพทย์…108

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ สังกัดกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข เป็นโรงพยาบาลที่ให้บริการประชาชนด้านสุขภาพจิตและจิตเวช โดยมีพื้นที่เขตรับผิดชอบ 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้มารับการตรวจรักษากับทางโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์เป็นจำนวนมาก ในปีงบประมาณ 2556-2558 มีผู้มารับบริการแบบผู้ป่วยนอกจำนวน 119,832 ราย 112,955 ราย และ 100,704 ราย ตามลำดับ และให้บริการผู้ป่วยจิตเวชฉุกเฉิน จำนวน 19 ราย 555 ราย และ 2,667 ราย ตามลำดับ (รายงานประจำปี กรมสุขภาพจิต, 2558) จะเห็นว่ามีการให้บริการผู้ป่วยฉุกเฉินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาก แต่เนื่องจากโรงพยาบาลมีจำนวนทรัพยากรอยู่อย่างจำกัด อาทิ แพทย์ เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการด้านสุขภาพจิต จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการให้บริการ ลดโอกาสในการเข้าถึงบริการของผู้ป่วย ส่งผลต่อชีวิตและความปลอดภัยในระบบบริการ เมื่อผู้ป่วยต้องรอรับบริการที่นานขึ้น หรืออาจเกิดอาการฉุกเฉินทางจิตเวชขณะรอรับบริการ ซึ่งจำนวนอุบัติการณ์ทางคลินิกที่เกิดจากอาการฉุกเฉินทางจิตเวชที่เกิดขึ้นในปีงบประมาณ 2556-2558 แสดงดังตารางที่ 1.1 ความเสี่ยงเหล่านี้อาจนำไปสู่การเสียชีวิตหรือพิการอย่างถาวรของผู้ป่วยได้เพียงในเวลาไม่กี่นาที ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ระบบบริการดังกล่าวเพื่อหาแนวทางปรับปรุงให้เกิดความรวดเร็วและลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น

จากงานวิจัยเรื่อง การลดระยะเวลารอคอยการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง (Reducing the Time of Service for Psychiatric Hospitals using Simulation Technique) (ประชาสันต์ แว่นไธสง และ ธรา อั่งสกุล, 2555) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับจำลองการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ตามแนวคิดของทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) ร่วมกับการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Simulation Techniques) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาความล่าช้าในการให้บริการ และเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการให้บริการให้มีความเหมาะสม โดยศึกษาจากผู้มารับบริการ 3 ประเภท ตามลักษณะของผู้มารับบริการที่ทางโรงพยาบาลจำแนกไว้แล้ว ได้แก่ ผู้รับบริการรายใหม่ ผู้รับบริการรายเก่า และผู้รับบริการรับยาเดิม ซึ่งมารับบริการตั้งแต่เวลา 08.00 – 16.00 น. โดยแยกศึกษาเป็นรายชั่วโมง ในแต่ละวัน ระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ และศึกษาภายใต้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ตารางที่ 1.1 จำนวนอุบัติการณ์จากอาการฉุกเฉินทางจิตเวช แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

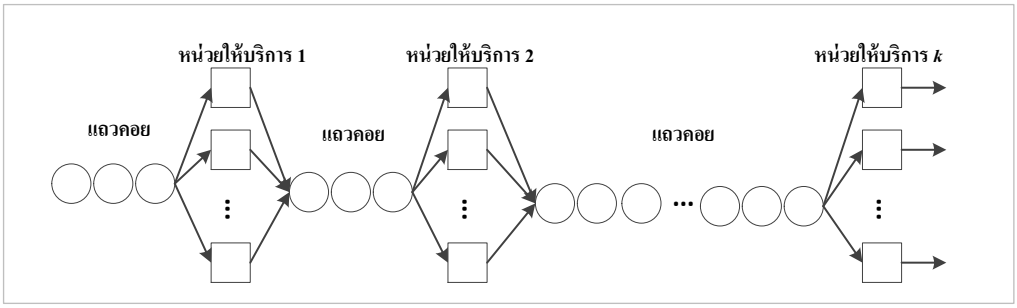
(หน่วยนับ: ครั้ง)

ประเด็นอุบัติการณ์ที่เกิดจากอาการฉุกเฉินทางจิตเวช	ปีงบประมาณ		
	2556	2557	2558
ผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ	3	9	16
ผู้ป่วยพฤติกรรมรุนแรง	13	18	20
ผู้ป่วยพยายามฆ่าตัวตายและทำร้ายตนเอง	3	13	13
ผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บจากพฤติกรรมรุนแรง	-	4	9
ผู้ป่วยหลบหนี	2	3	5
เจ้าหน้าที่ได้รับบาดเจ็บจากการปฏิบัติงาน/ผู้ป่วยทำร้าย	-	10	-

ที่มา: ฐานข้อมูลอุบัติการณ์ (e-Occurrence Report) โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ปีงบประมาณ 2558

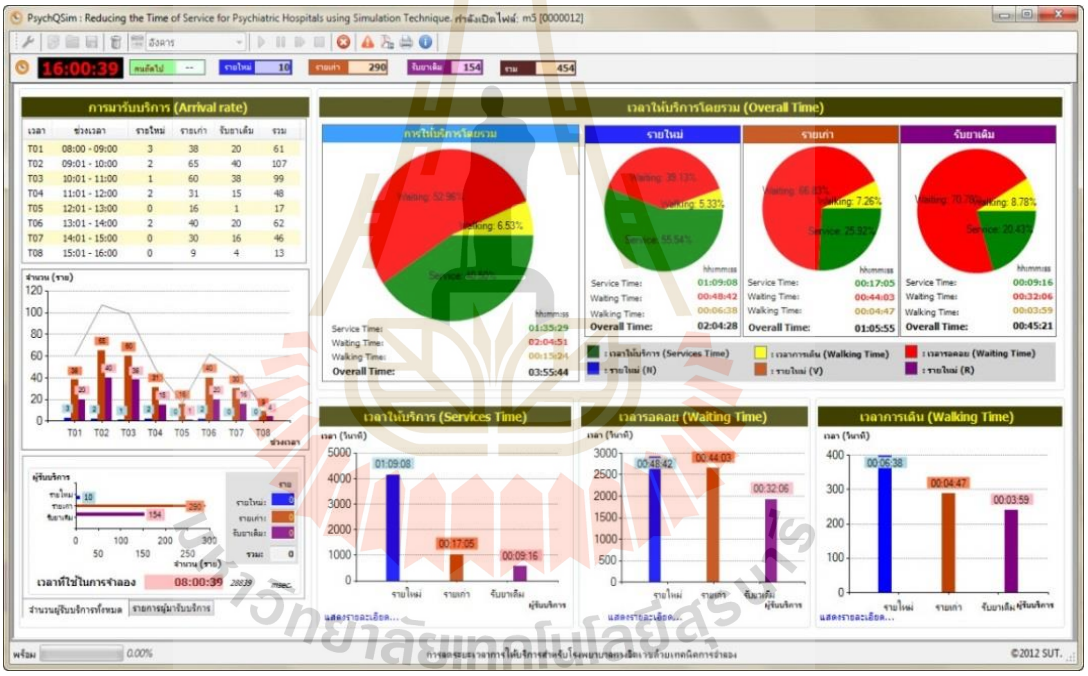
งานวิจัยดังกล่าวข้างต้น เป็นการศึกษาเวลาที่ใช้ในการบริการในแต่ละขั้นตอน ได้แก่ เวลาให้บริการ (Service Time) เวลารอคอยรับบริการ (Waiting Time) และเวลาการเดินระหว่างหน่วยให้บริการ (Walking Time) ของผู้รับบริการแต่ละประเภท ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าในการให้บริการ โดยศึกษาผ่านตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s ใช้การจัดรูปแบบแถวคอยหลายขั้นตอนแบบอนุกรม (Single Queue, Multiple Servers in Series) โดยปรับให้เหมาะสมกับขั้นตอนการรับบริการของผู้รับบริการทั้ง 3 ประเภท ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ดังรูปที่ 1.1 ใช้ระเบียบแถวคอย (Queues Discipline) แบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (First Come First Serve: FCFS) และใช้ค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ในการศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยอัตราการเข้ามารับบริการ (Arrival Rate) ค่าเฉลี่ยอัตราการให้บริการ (Service Rate) และค่าเฉลี่ยอัตราการเดิน (Walking Rate) ในแต่ละขั้นตอน จากนั้นจึงพัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเวลาการให้บริการต่าง ๆ

ผลการศึกษาของงานวิจัยดังกล่าว สามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ให้บริการหรืออัตราการให้บริการในขั้นตอนใด ขั้นตอนหนึ่ง จะส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้บริการในขั้นตอนอื่น ๆ และส่งผลไปยังผู้รับบริการประเภทอื่น เมื่อมีการใช้จุดบริการร่วมกัน หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยอื่น เช่น อัตราการเข้ามารับบริการ การเปลี่ยนแปลงเวลาการทำงานของหน่วยให้บริการ การเปลี่ยนแปลงอัตราการเดินระหว่างขั้นตอนบริการในบางขั้นตอน ก็จะส่งผลกระทบในทำนองเดียวกัน ซึ่งสามารถนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อให้ได้ตัวแบบแถวคอยที่มีความเหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการให้บริการในการลดระยะเวลาการให้บริการต่อไปได้



รูปที่ 1.1 ระบบแถวคอยหลายขั้นตอนแบบอนุกรม (Single Queue, Multiple Servers in Series)

สำหรับการแสดงผลการจำลองระบบผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนั้น แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การแสดงผลการจำลองระบบผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น

ทั้งนี้ แม้ว่าการศึกษาต่าง ๆ ของงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ แต่การศึกษาดังกล่าวยังเป็นการศึกษาภายใต้เงื่อนไขและมีข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้

1.1.1 คุณลักษณะของตัวแบบแถวคอยที่ใช้ในการศึกษา (Queuing Model)

1.1.1.1 รูปแบบระบบแถวคอย (Queuing System) ใช้รูปแบบแถวคอยหลายขั้นตอนแบบอนุกรม (Single Queue, Multiple Servers in Series) โดยใช้ตัวแบบ M/M/s เป็นรูปแบบการให้บริการในแต่ละหน่วยให้บริการ ที่ผู้รับบริการแต่ละประเภทต้องได้รับบริการ มาเชื่อมต่อกัน เช่น ตัวแบบ M/M/1 เชื่อมต่อกับตัวแบบ M/M/3 และเชื่อมต่อกับตัวแบบ M/M/2 ไปจนจบกระบวนการในการให้บริการของผู้รับบริการแต่ละประเภท โดยเป็นไปตามขั้นตอนในการให้บริการตามระบบงานจริง ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการศึกษาตัวแบบน้อย อีกทั้งคุณลักษณะหรือความสามารถทั้งผู้ให้บริการและผู้รับบริการของแต่ละตัวแบบแถวคอยที่เลือกใช้ก็มีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการเลือกใช้ตัวแบบแถวคอยจึงจำเป็นต้องพิจารณาคุณลักษณะหรือความสามารถของผู้ให้บริการให้มีความเหมาะสมกับผู้รับบริการ เพื่อให้ได้ระบบแถวคอยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทั้งในด้านการให้บริการและด้านการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่

1.1.1.2 ระเบียบแถวคอย (Queues Discipline) ในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้การศึกษาระเบียบแถวคอยแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) ในทุกขั้นตอนให้บริการ ซึ่งในระบบงานจริงนั้นในหลาย ๆ ขั้นตอนการให้บริการจำเป็นต้องพิจารณาตามลำดับความเร่งด่วนในการรักษา (Priority: PRI) โดยพิจารณาจากอาการทางป่วยทางจิตเวช โดยเฉพาะขั้นตอนในการตรวจรักษาโดยจิตแพทย์ ซึ่งผู้รับบริการในกรณีเหล่านี้ล้วนใช้เวลามากในการให้บริการ และจะต้องได้รับการดูแลเป็นพิเศษจากเจ้าหน้าที่ที่ให้บริการ เพื่อป้องกันอาการฉุกเฉินทางจิตเวชที่อาจจะเกิดขึ้น

1.1.1.3 ความยาวแถวคอย (Queue Length) แม้ว่าการให้บริการของโรงพยาบาลทางจิตเวช จะให้บริการแก่ผู้มารับบริการทุกคนที่ต้องการเข้ารับบริการก็ตาม โดยการศึกษาตามตัวแบบแถวคอยเรียกว่าการมีความยาวแถวหรือความจุของระบบ (System Capacity) ไม่จำกัด ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวก็ใช้การศึกษาแบบความยาวแถวไม่จำกัดเช่นกัน (Infinite Queue Length) แต่ในระบบงานจริงนั้น มีข้อจำกัดเรื่องความปลอดภัยของผู้ป่วยทางจิตเวช เมื่อต้องอยู่ร่วมกันในจำนวนมาก และในหลาย ๆ ขั้นตอนการให้บริการ จะจำกัดจำนวนการให้บริการต่อช่วงเวลา เช่น การตรวจรักษาของนักจิตวิทยา จะให้บริการเพียงประมาณ 4 – 6 คนต่อวันเท่านั้น แพทย์จะให้การตรวจรักษาเพียงประมาณ 40-60 คนต่อวัน ทั้งนี้การให้บริการนั้นจะพิจารณาจากลักษณะของผู้ป่วยที่เข้ามารับบริการเป็นสำคัญ เพื่อให้การรักษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานการรักษา

1.1.1.4 จำนวนผู้ให้บริการ (Number of Servers) การเพิ่มหรือลดจำนวนผู้ให้บริการ (Server) ในแต่ละหน่วยให้บริการ (Server Unit) ในงานวิจัยดังกล่าว แม้จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของเวลาที่ใช้ในการบริการที่เปลี่ยนไป แต่ยังไม่สามารถระบุได้ถึงคุณสมบัติของผู้ให้บริการที่ต้องเพิ่มหรือลด เช่น หากการศึกษาพบว่า การเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการ 3 คน ที่จุดให้บริการเวชระเบียนในวันจันทร์ ช่วงเช้า (08.00 -12.00 น.) จะทำให้ผู้รับบริการไม่รอนานเกินไป แต่เมื่อนำไป

ประยุกต์ใช้ในระบบจริง ผู้ให้บริการที่เพิ่มไปนั้นเป็นเจ้าหน้าที่ใหม่หรือยังไม่มีประสบการณ์ในงานที่ทำ จะทำให้บริการในจุดบริการดังกล่าวล่าช้า และเกิดคอขวดขึ้น (Bottlenneck process) ซึ่งผลจากการเกิดคอขวดจะส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้รอรับบริการขึ้นทันที หากมีผู้รับบริการเกิดอาการฉุกเฉินทางจิตเวชขึ้น หรือการลดจำนวนผู้ให้บริการที่เป็นเจ้าหน้าที่ใหม่ 2 คน อาจจะส่งผลกระทบเท่ากับการลดเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญ 1 หนึ่งคน ดังนั้นการเพิ่มหรือลดจำนวนผู้ให้บริการ อาจไม่ได้ส่งผลต่อความเร็วในการให้บริการโดยตรงยังมีปัจจัยอื่นร่วมอีก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่

1.1.2 การศึกษาตัวแบบแถวคอยต้องกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยผู้ใช้เอง ในงานวิจัยดังกล่าว ใช้การทดลองปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการโดยผู้ใช้เอง เช่น การปรับเปลี่ยนจำนวนผู้ให้บริการในแต่ช่วงเวลา อัตราการให้บริการสำหรับผู้รับบริการแต่ละประเภท อัตราการเดินของผู้รับบริการแต่ละประเภท ซึ่งใช้เวลานานกว่าจะได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ อีกทั้งยังอาจมีผลลัพธ์ที่เป็นไปได้และมีความเหมาะสมมากกว่าที่ยังไม่ถูกเลือก

1.1.3 ผู้ช่วยควบคุมแถวคอย ระบบแถวคอยของโรงพยาบาลทางจิตเวชนั้น เป็นระบบแถวคอยที่มีลักษณะพิเศษในหลาย ๆ ขั้นตอน กล่าวคือ จำเป็นจะต้องมีผู้ช่วยควบคุมแถวคอย หรือเรียกว่า ผู้ช่วยเหลือคนไข้ เพื่อคอยอำนวยความสะดวกให้กับทั้งผู้ให้บริการและผู้รับบริการ ช่วยให้ระบบดำเนินไปได้อย่างราบรื่น และป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการให้บริการ ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินทางจิตเวชขึ้น ซึ่งหากไม่มีผู้ช่วยเหลือคนไข้แล้ว ก็จะส่งผลโดยตรงต่อการให้บริการทำให้ไม่สามารถให้บริการได้ และส่งผลต่อความปลอดภัยของระบบแถวคอยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

1.1.4 การมารับบริการของผู้รับบริการทางจิตเวช ผู้ที่มีปัญหาด้านสุขภาพจิตนั้น จะต้องมารับการรักษาและติดตามอาการป่วยอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจใช้เวลาหลายปี เพื่อติดตามอาการป่วย เช่น ผู้ป่วยโรคจิตเภทร้อยละ 60 จะมีอาการกำเริบของโรคได้อีก หลังจากการรักษาภายใน 1 ปี และมีโอกาสกลับมาเป็นซ้ำ ร้อยละ 25 ไม่ตอบสนองต่อการรักษา ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 5 อาการป่วยจะเป็น ๆ หาย ๆ (Kalayanee Latti et al., 2009) ซึ่งการมารับบริการในแต่ละครั้งผู้รับบริการก็จะมีอาการแตกต่างกันไป อาการดีบ้าง มีอาการกำเริบบ้าง ทำให้ใช้เวลาในการให้บริการตรวจรักษาในแต่ละครั้งแตกต่างกันไปด้วย แม้ว่าจะได้รับบริการจากเจ้าหน้าที่คนเดิมก็ตาม

จากข้อจำกัดต่าง ๆ ของงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าระบบแถวคอยที่ให้บริการโดยมนุษย์นั้น เป็นสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งการศึกษาผ่านตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ตามแนวคิดของทฤษฎีแถวคอยที่มีอยู่นั้นทำได้ยาก (Runtong Zhang, 2005) อีกทั้งจะเห็นว่าตัวแบบแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชนั้น มีความแตกต่างจากตัวแบบแถวคอยอื่น ๆ ทั่วไป ซึ่งนอกจากจะเน้นศึกษาเวลาที่ใช้ในการให้บริการต่าง ๆ แล้ว ยังให้ความสำคัญกับหน่วยรับบริการที่เข้ามาซึ่งมีความแตกต่างจากระบบแถวคอยทั่ว ๆ ไป ดังที่กล่าวไว้

ข้างต้น อีกทั้งยังให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยด้วย ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงนำเสนอแนวคิดใหม่ในการการปรับปรุงกลไกการทำงานตัวแบบแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ให้สามารถลดข้อจำกัดต่าง ๆ เพิ่มความยืดหยุ่นของตัวแบบแถวคอย สามารถเรียนรู้และใช้เหตุผลในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน รวมถึงสามารถปรับเปลี่ยนกลไกการทำงานไปตามบริบทของสถานการณ์ที่กำลังศึกษาได้เองโดยอัตโนมัติเพื่อให้ได้ตัวแบบแถวคอยที่สามารถจำลองได้ใกล้เคียงระบบงานจริงมากที่สุด จากนั้นใช้การวิเคราะห์และประเมินผลการออกแบบตัวแบบแถวคอยด้วยระบบเสมือน (Virtual System) โดยผ่านการจำลองตัวแบบแถวคอยด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ที่พัฒนาขึ้น อีกทั้งมอดูลที่ได้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในงานจำลองแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทั่วไป และงานจำลองแถวคอยในระบบอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบมอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 มอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช มีความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์แถวคอย ร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.3.2 มอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช มีความสามารถในการใช้งานได้อยู่ในระดับดีขึ้นไป

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 งานวิจัยนี้ศึกษาระบบแถวคอยภายใต้อัตราการเข้ามา (Arrival Rate) ที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซง (Poisson Distribution) และอัตราการให้บริการ (Service Rate) ที่มีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential Distribution)

1.4.2 ศึกษาจากข้อมูลการให้บริการแบบผู้ป่วยนอก ของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เฉพาะวันเปิดให้บริการปกติ ช่วงเวลา 08:00 น. – 16:00 น.

1.4.3 ศึกษาและออกแบบเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์แบบผู้ป่วยนอกแบบผู้ใหญ่ ทั้งบริการในผู้ป่วยธรรมดา และผู้ป่วยฉุกเฉินทางจิตเวช ไม่ศึกษาการให้บริการกิจกรรมบำบัดอื่น ๆ เนื่องจากเป็นการให้บริการแบบกลุ่มและใช้เวลานานในการทำกิจกรรม และมีเพียงผู้รับบริการบางรายเท่านั้นที่ได้รับกิจกรรมบำบัด

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาออกแบบเพื่อสร้างขั้นตอนวิธี (Algorithm) มอดูลแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ตามแนวคิดของทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) ร่วมกับแนวคิดเรื่องปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในสาขาการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อให้ได้มอดูลตัวแบบแถวคอยที่สามารถเรียนรู้พฤติกรรมและทำนายค่าตัวแปรต่าง ๆ ของตัวแบบแถวคอยตามบริบทที่กำลังศึกษาในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ได้ รวมถึงความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และคุณลักษณะของตัวแปรภายในตัวแบบแถวคอยที่กำลังศึกษาอยู่ ระหว่างผู้รับบริการ ผู้ให้บริการ และลำดับหรือรูปแบบการเข้ารับบริการ เพื่อให้ได้ตัวแบบแถวคอยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด จากนั้นจึงทดสอบและประเมินความถูกต้องของมอดูลที่ออกแบบไว้ด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ผ่านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์พัฒนาขึ้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ประโยชน์ทางตรง

ได้มอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ที่มีความถูกต้องในการจำลองระบบแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

1.6.2 ประโยชน์ทางอ้อม

1.6.2.1 ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุด

1.6.2.2 มอดูลที่ได้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในงานจำลองแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทั่วไป และงานจำลองแถวคอยในระบบอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.7 คำอธิบายศัพท์

1.7.1 มอดูตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ (Adaptive Queuing Module) หมายถึง ส่วนขั้นตอนวิธี (Algorithm) ซึ่งสามารถพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในตัวแบบแถวคอยที่กำลังศึกษาอยู่ ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ให้มีความเหมาะสมได้อัตโนมัติ

1.7.2 หน่วยให้บริการ (Server Unit) หมายถึง หน่วยให้บริการหรือจุดให้บริการ ที่ให้บริการด้านสุขภาพจิตในโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

1.7.3 ผู้ให้บริการ (Server) หมายถึง แพทย์หรือเจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่ให้บริการที่ประจำอยู่ในแต่ละหน่วยให้บริการ (Server Unit)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.7.4 ผู้รับบริการ (Patient) หมายถึง ผู้ป่วยหรือผู้ที่มารับบริการแบบผู้ป่วยนอก ของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

1.7.5 ตัวแบบแถวคอย (Queuing Model) หมายถึง รูปแบบการให้บริการของหน่วยให้บริการ (Server Unit) หนึ่ง ๆ ที่ประกอบด้วย ผู้รับบริการ (Patient) รูปแบบการให้บริการ (Discipline) และ ผู้ให้บริการ (Server)

1.7.6 ผู้ป่วยนอก (Out Patient) หมายถึง ผู้ป่วยที่รับการตรวจรักษาที่แผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ แต่ไม่ได้นอนพักรักษาตัวที่โรงพยาบาล

1.7.7 อาการฉุกเฉินทางจิตเวช (Psychiatric Emergency) หมายถึง ผู้รับบริการที่มีความผิดปกติทางความคิด อารมณ์หรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นโดยเฉียบพลัน หรือรุนแรง หรือมีภาวะแทรกซ้อนทางกายเฉียบพลันที่ต้องช่วยเหลือหรือรับการรักษาทันที มิฉะนั้นแล้วอาจจะเป็นอันตรายต่อตัวเองหรือผู้อื่นได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

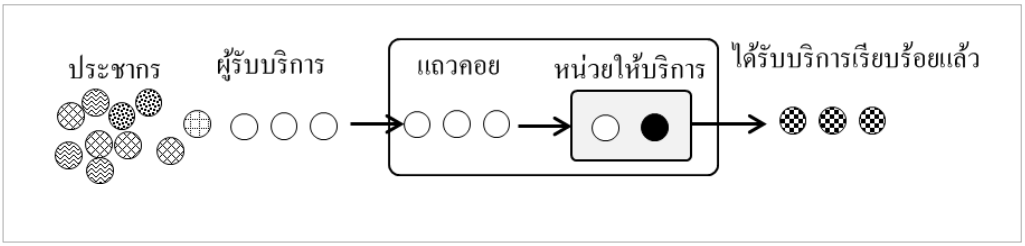
ในการศึกษาการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ผู้วิจัยได้ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory)

ทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) เป็นการศึกษาการรอคอยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่สนใจโดยดำเนินการสร้างตัวแบบที่แถวคอยที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของระบบแถวคอยต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ สูตรที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในแต่ละตัวแบบจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของระบบแถวคอยที่เหมาะสมที่สุดภายใต้สภาวการณ์ต่าง ๆ ซึ่งผู้คิดค้นทฤษฎีแถวคอย คือ นักคณิตศาสตร์ชื่อ เอ.เค. เออร์แลง (A.K. Erlang) (Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman, 2553:332) ซึ่งตัวแบบแถวคอยทุกตัวแบบมุ่งเน้นที่จะอธิบายการดำเนินงานของระบบแถวคอย โดยแสดงเป็นข้อมูลตัวเลขต่าง ๆ อย่างชัดเจน จึงมีการนำตัวแบบแถวคอยไปใช้วิเคราะห์ระบบแถวคอยหรือช่วยตัดสินใจในการบริหารจัดการระบบแถวคอยเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.1.1 ลักษณะของระบบแถวคอย

การพิจารณาลักษณะพื้นฐานของระบบแถวคอยจะเป็นจุดเริ่มต้นในการนำตัวแบบแถวคอยมาใช้ในการวิเคราะห์การดำเนินงานของระบบ ซึ่งการพิจารณาในเบื้องต้นนี้จะทำได้โดยง่ายและใช้เวลาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากมีกรอบในการกำหนดลักษณะพื้นฐานค่อนข้างแน่นอนอยู่แล้ว ปัจจัยที่กำหนดลักษณะพื้นฐานของระบบแถวคอย ได้แก่ ส่วนประกอบที่สำคัญสามส่วน คือ ผู้รับบริการ แถวคอย และหน่วยให้บริการ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะพื้นฐานระบบแถวคอย

2.1.1.1 ผู้รับบริการ ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับผู้รับบริการ คือ จำนวนประชากร และลักษณะการเข้ามารับบริการ

1) จำนวนประชากร

ประชากร (Population) คือ ผู้ที่มีโอกาสเข้ามาใช้บริการ ซึ่งระบบแถวคอย บางระบบจะมีผู้ที่สามารถเข้ามาในระบบได้มาก กรณีนี้เรียกว่า จำนวนประชากรมากรายหรือประชากรไม่จำกัด (Infinite Population) แต่ระบบแถวคอยบางระบบมีการกำหนดขอบเขตหรือคุณสมบัติของผู้ที่จะเข้ามาในระบบอย่างเข้มงวดหรือแคบ ทำให้มีผู้ที่มาเข้าใช้บริการได้น้อยเพียง 20-30 ราย เท่านั้น เรียกว่ามีจำนวนประชากรน้อยรายหรือประชากรจำกัด (Finite Population) เช่น การให้บริการตรวจรักษาทางจิตวิทยาสามารถให้บริการได้เพียงวันละ 4 คน ซึ่งในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยต่าง ๆ นั้น ต้องสามารถระบุได้ว่าประชากรของระบบนั้นมีจำนวนมากรายหรือน้อยราย

ในงานวิจัยนี้ศึกษาจำนวนประชากรแบบจำกัดจำนวนประชากร (Finite Population) เนื่องจากเป็นการศึกษาระยะเวลาการให้บริการตรวจรักษาของผู้มารับบริการผู้ป่วยนอกกับแพทย์โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ซึ่งแพทย์แต่ละท่านสามารถให้บริการได้เพียงวันละประมาณ 40-60 รายต่อวัน

2) ลักษณะการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการ

เมื่อผู้รับบริการจากกลุ่มประชากรมีความต้องการใช้บริการก็จะเข้ามาสู่ระบบบริการนั้น ๆ ซึ่งลักษณะการเข้ามารับบริการ (Arrival Characteristic) อาจจะเป็นแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

(1) แบบคงที่ (Constant) คือ ผู้รับบริการเข้ามารับบริการเป็นจำนวนเท่า ๆ กันในแต่ละช่วงเวลา เช่น วันละ 30 คน ชั่วโมงละ 5 เครื่อง หรือผู้รับบริการแต่ละรายมาห่างกัน 10 นาที ลักษณะเช่นนี้พบได้ในสายการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบอัตโนมัติ เช่น โรงงานผลิตเครื่องดื่ม โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง ภาชนะที่บรรจุสินค้าเต็มแล้วเคลื่อนเข้ามาในอัตราคงที่เพื่อทำการปิดฝาขวดหรือกระป๋อง เนื่องจากควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ

(2) แบบสุ่ม (Random) คือ ผู้รับบริการเข้ามาในลักษณะที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถทราบล่วงหน้า และการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละรายเป็นอิสระต่อกัน เช่น ประชาชนที่เข้ามารับบริการตรวจหามะเร็งเต้านมที่โรงพยาบาล ผู้รับบริการที่มาฝากเงินที่เครื่องฝากเงินอัตโนมัติ ในบางช่วงเวลาอาจมีผู้รับบริการเข้ามามากราย บางช่วงเวลาอาจมีผู้รับบริการเข้ามาน้อยรายหรือไม่มีเลย

ในงานวิจัยนี้ลักษณะการเข้ามารับบริการจะเป็นแบบสุ่ม (Random) เนื่องจากการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการมีลักษณะไม่แน่นอน มีทั้งการมาด้วยอาการฉุกเฉินทางจิตเวช มารักษาตามที่นัดไว้ หรือมารักษาแบบไม่ตรงนัด

2.1.1.2 แถวคอย ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแถวคอย คือ ความยาวของแถวคอย และรูปแบบการจัดระบบแถวคอย

1) ความยาวของแถวคอย

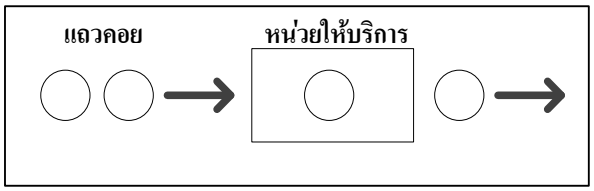
แถวคอยเกิดขึ้นเมื่อผู้รับบริการที่เข้ามารับบริการมีมากกว่าความสามารถในการให้บริการจึงต้องรอ ซึ่งถ้าพื้นที่ในระบบแถวคอยมีจำกัดก็จะทำให้ผู้รับบริการที่รออยู่ในแถวคอยมีจำนวนน้อยรายหรือจำกัด (Finite Queue Length) ไปด้วย ดังนั้นผู้รับบริการบางรายที่ต้องการรับบริการอาจจะไม่สามารถเข้ามาในระบบได้ เช่น ปั๊มน้ำมัน ร้านกาแฟ ฯลฯ ถ้าแถวคอยเพื่อรับบริการมีผู้รับบริการรอเต็มแล้ว ผู้รับบริการจะเข้ามาในระบบอีกไม่ได้ ต้องไปใช้บริการที่อื่น หรือไม่ก็กลับมาใหม่ภายหลัง ในขณะที่บางระบบผู้รับบริการสามารถอยู่ในแถวคอยได้มากรายหรือไม่จำกัด (Infinite Queue Length) เช่น เอกสารที่รอการพิมพ์ รถที่รอจ่ายเงินค่าผ่านทาง อย่างไรก็ตามการบริหารจัดการแถวคอยที่เหมาะสมจะทำให้ระบบที่มีพื้นที่จำกัดสามารถรับผู้รับบริการในแถวคอยได้มากราย เช่น การใช้บัตรคิวหรือการลงรายชื่อเข้าคิวของร้านอาหารโดยผู้รับบริการไม่ต้องใช้พื้นที่ในการคอย การพิจารณาลักษณะของแถวคอย คือ การระบุว่าระบบบริการที่กำลังศึกษานั้นมีจำนวนผู้รับบริการในแถวคอยได้มากรายหรือน้อยราย

ในงานวิจัยนี้ความยาวแถวคอยจะมีลักษณะแบบจำกัดความยาวแถว (Finite Queue Length) เนื่องจากแพทย์แต่ละท่านให้บริการตรวจรักษาได้เพียงประมาณวันละ 40 – 60 รายต่อวัน

2) รูปแบบการจัดระบบแถวคอย

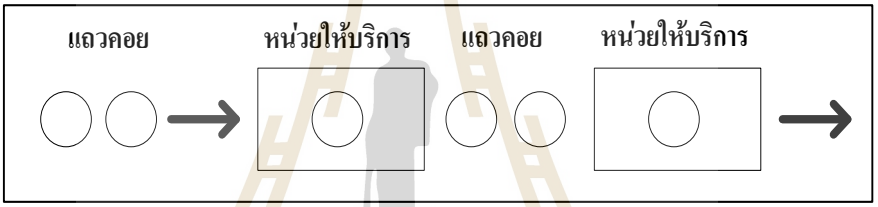
รูปแบบการจัดระบบแถวคอยมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบตามลักษณะขั้นตอนการให้บริการและจำนวนหน่วยให้บริการ ระบบแถวคอยใด ๆ จะอยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งใน 4 รูปแบบต่อไปนี้

(1) ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-ขั้นตอนเดียว (Single – Channel – Single - Phase System) คือ ระบบแถวคอยที่มีหน่วยให้บริการหน่วยเดียวและมีขั้นตอนการบริการขั้นตอนเดียว เมื่อผู้รับบริการรับบริการเสร็จแล้วก็จะออกจากระบบ เช่น ผู้ป่วย เข้ารับการตรวจรักษากับแพทย์ 1 คน เมื่อตรวจรักษาแล้วเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะออกจากระบบไป หรือพนักงานเก็บเงินในโรงพยาบาลมี 1 คน เมื่อผู้ป่วยชำระเงินค่ายาแล้วผู้ป่วยก็จะออกจากระบบไป ดังรูปที่ 2.2



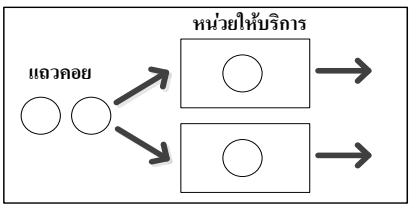
รูปที่ 2.2 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-ขั้นตอนเดียว (Single – Channel – Single - Phase System)

(2) ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-หลายขั้นตอน (Single-Channel-Multiple-Phase System) คือ ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนการบริการหลายขั้นตอน เช่น แผนกจ่ายยาของโรงพยาบาลมีพนักงานรับเงิน 1 คน เมื่อผู้ป่วยชำระเงินแล้วจะต้องรอรับยาซึ่งมีพนักงานจ่ายยา 1 คน ถ้าพนักงานจ่ายยายังไม่ว่างผู้ป่วยก็ต้องรออยู่ในแถวคอย ดังรูปที่ 2.3



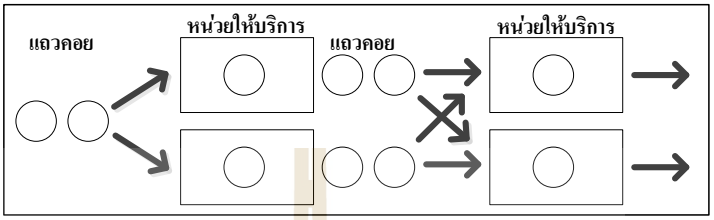
รูปที่ 2.3 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-หลายขั้นตอน (Single-Channel-Multiple-Phase System)

(3) ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง-ขั้นตอนเดียว (Multiple-Channel-Single-Phase System) คือ ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนการบริการขั้นตอนเดียว แต่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (มากกว่า 1 หน่วย) เช่น จุดบริการออกใบนัดรักษาต่อเนื่องในโรงพยาบาลจะมีเจ้าหน้าที่หลายคนและจัดให้มีแถวคอยหรือมีบัตรคิว เพื่อรับบริการนัดรักษาครั้งถัดไป เมื่อได้รับใบนัดแล้วก็จะออกจากระบบไป ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง-ขั้นตอนเดียว (Multiple-Channel-Single-Phase System)

(4) ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง-หลายขั้นตอน (Multiple-Channel-Multiple-Phase System) คือ ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนการบริการหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย เช่น แผนกจ่ายยาของโรงพยาบาลมีพนักงานรับเงินและพนักงานจ่ายยาให้ผู้ป่วย แต่ละจุดมีพนักงานหลายคนทำหน้าที่เหมือนกัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง-หลายขั้นตอน (Multiple-Channel-Multiple-Phase System)

ในงานวิจัยนี้ศึกษาตัวแบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-ขั้นตอนเดียว (Single – Channel – Single - Phase System) เนื่องจากเป็นการศึกษาการให้บริการของแพทย์ ซึ่งผู้รับบริการแต่ละรายจะได้รับบริการจากแพทย์ 1 ท่าน เมื่อรับบริการแล้วเสร็จก็จะออกจากระบบไป

2.1.1.3 หน่วยให้บริการ ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับหน่วยให้บริการ ได้แก่ ระเบียบการให้บริการ (Service Discipline) และลักษณะการให้บริการ (Service Characteristic)

1) ระเบียบการให้บริการ (Service Discipline)

ระเบียบการให้บริการ (Service discipline) หมายถึง กฎเกณฑ์ที่ระบบนั้นใช้ในการกำหนดว่าจะให้บริการแก่ใครก่อน ได้แก่

(1) การมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS: First Come First Served หรือ FIFO: First In First Out) คือ ลักษณะของพฤติกรรมการให้บริการ ซึ่งพบว่าผู้รับบริการที่เข้าสู่ระบบแถวคอยก่อนจะได้รับบริการก่อนซึ่งเป็นลักษณะของพฤติกรรมการให้บริการโดยทั่วไป เช่น การเข้าแถวคอยเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความดันในโรงพยาบาล การเข้าแถวคอยเพื่อชำระเงินค่าบริการตรวจรักษาที่แผนกรับชำระเงินของโรงพยาบาล

(2) การมาหลังได้รับบริการก่อน (LCFS: Last Come First Served หรือ LIFO: Last In First Out) ใช้ลักษณะของพฤติกรรมการให้บริการ ซึ่งพบว่าผู้รับบริการที่เข้าสู่ระบบแถวคอยหลังสุดจะได้รับบริการก่อน เช่น เวชภัณฑ์ที่ลำเลียงเข้ารถบรรทุกเพื่อส่งไปยังสถานพยาบาลต่าง ๆ เวชภัณฑ์ที่ถูกนำขึ้นไปหลังสุดจะถูกขนลงมาก่อน เนื่องจากความสะดวกในด้านตำแหน่งของเวชภัณฑ์

(3) การให้บริการอย่างสุ่ม (SIRO: Service In Random Order) ใช้ลักษณะของพฤติกรรมการให้บริการ ซึ่งพบว่าผู้รับบริการจะได้รับบริการอย่างสุ่ม เช่น การแจกตัวอย่างสินค้า การขึ้นรถเมล์โดยสารของบางประเทศ ซึ่งผู้มาทีหลังอาจจะได้ขึ้นรถก่อนก็ได้ เนื่องจากไม่มีการต่อแถวคอย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการหยุดรถโดยสารซึ่งไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่ารถเมล์แต่ละคันจะจอดตำแหน่งใด เป็นไปโดยสุ่ม

(4) การให้บริการแบบอภิสิทธิ์ (PRI: Priority) ใช้ลักษณะของพฤติกรรมการให้บริการบริการ ซึ่งพบว่าการให้บริการโดยให้ความสำคัญไม่เท่ากัน เช่น การให้บริการที่ห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาล ก็จะขึ้นอยู่กับอาการของผู้ป่วยว่ามากน้อยอย่างไร รวมทั้งงานในหน่วยงาน ซึ่งพบว่ามีงานเร่งด่วน จึงจำเป็นต้องเร่งทำก่อนแม้ว่างานดังกล่าวจะเข้ามาทีหลังก็ตาม

งานวิจัยนี้มีลักษณะระเบียบการให้บริการ (Service Discipline) ร่วมกัน 2 แบบ คือการให้บริการแบบอภิสิทธิ์ (PRI: Priority) และแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS: First Come First Served) กล่าวคือ ผู้รับบริการจะต้องได้รับบริการตามลำดับความสำคัญที่ได้รับการประเมินอาการจากเจ้าหน้าที่ตามความเหมาะสม โดยให้ถือลำดับอาการของผู้รับบริการเป็นสำคัญ และหากอาการปกติทั่วไปก็จะให้บริการแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน

2) ลักษณะการให้บริการ

ลักษณะการให้บริการ หน่วยให้บริการในระบบอาจมีลักษณะการให้บริการ (Service Characteristic) เป็นแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

(1) แบบคงที่ คือ ในการให้บริการผู้รับบริการแต่ละรายใช้เวลาเท่า ๆ กัน เช่น เครื่องบรรจุยาอัตโนมัติใช้เวลาบรรจุยา 1 ซอง 1 นาที เท่า ๆ กัน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการบริการอัตโนมัติต่าง ๆ หรือลักษณะการให้บริการที่เหมือน ๆ กัน

(2) แบบสุ่ม คือ ผู้รับบริการแต่ละรายมีลักษณะไม่เหมือนกัน หรือบริการที่ให้แก่ผู้รับบริการแต่ละคนไม่เหมือนกัน จึงใช้เวลาในการให้บริการไม่เท่ากัน ซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต้องการหรือลักษณะของผู้รับบริการแต่ละราย เช่น ผู้รับบริการที่มารับบริการตรวจรักษาด้วยอาการป่วยที่แตกต่างกัน แพทย์แต่คนมีทักษะหรือความชำนาญในการรักษาที่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้ลักษณะการให้บริการที่โรงพยาบาลนั้นจะมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม เนื่องจากการให้บริการแต่ละรายจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับอาการของโรคผู้รับบริการเป็นสำคัญ รวมถึงทักษะและความสามารถทั้งผู้รับบริการและผู้ให้บริการ ประกอบด้วย

2.1.2 การกำหนดสัญลักษณ์และนิยาม

ในการกำหนดองค์ประกอบของระบบแถวคอย มีสัญลักษณ์ที่ใช้และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

A/B/C/K/N/D

โดยที่

A = การแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ารับบริการ

B = การแจกแจงความน่าจะเป็นของการให้บริการ

ทั้งนี้ จะใช้อักษรต่าง ๆ แสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลทั้งสองได้ดังนี้

M หมายถึง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซง (กรณีข้อมูลเป็นจำนวนผู้รับบริการต่อหน่วยเวลา) หรือหมายถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (กรณีข้อมูลเป็นเวลา)

D หมายถึง ข้อมูลมีลักษณะคงที่

G หมายถึง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทั่วไป (General distribution)

C = จำนวนช่องทางให้บริการ (Channel) หรือจำนวนหน่วยบริการ (Service Facility) โดยใช้ตัวเลขแสดงจำนวนช่องทางให้บริการ

K = ความยาวของแถวคอย

N = จำนวนประชากร

ซึ่งจะใช้เครื่องหมาย ∞ แทนที่ในตำแหน่ง K, N ในกรณีที่ไม่จำกัดความยาวของแถวคอยหรือจำนวนประชากรไม่จำกัด

D = ระเบียบการให้บริการ จะใช้ตัวอักษรแสดงระเบียบการให้บริการของแบบต่าง ๆ ดังนี้

FCFS หมายถึง มาก่อนให้บริการก่อน

LCFS หมายถึง มาหลังให้บริการก่อน

PRI หมายถึง การให้บริการตามความสำคัญไม่เท่ากัน

SIRO หมายถึง การให้บริการแบบสุ่ม

สัญลักษณ์และนิยามต่าง ๆ เพื่อใช้ในการพิจารณาแถวคอยสามารถสรุปได้ ดังนี้

สถานะของระบบ (State of System) = จำนวนของผู้รับบริการในระบบแถวคอย

ความยาวของแถวคอย = จำนวนของผู้รับรับบริการซึ่งกำลังรอคอยการให้บริการ หรือความ

(Queue Length) แตกต่างระหว่างสถานะของระบบและจำนวนของผู้รับบริการที่กำลังรับบริการอยู่

n = จำนวนผู้รับบริการในระบบแถวคอย

$N(t)$ = จำนวนของผู้รับบริการในระบบแถวคอย ณ เวลา t $(t \geq 0)$

$P_n(t)$ = ความน่าจะเป็นในสภาวะที่มีผู้รับบริการจำนวน n คนอยู่ในระบบแถวคอย ณ เวลา t โดยสมมติให้ระบบแถวคอยได้ดำเนินงานเริ่มต้นระบบมาแล้วตั้งแต่เวลาเท่ากับศูนย์

s = จำนวนผู้ให้บริการ หรือช่องที่ให้บริการ (ในแบบขนาน) สำหรับระบบแถวคอย

λ_n = อัตราการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยของผู้รับบริการ (Mean Arrival Rate) หรือจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่มาใช้บริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา ทั้งนี้ ณ เวลาที่ผู้รับบริการคนใหม่เข้ามานั้น ระบบแถวคอยมีผู้รับบริการอยู่ในระบบทั้งสิ้นจำนวน n คน

μ_n = อัตราการให้บริการเฉลี่ย (Mean Service Rate) สำหรับระบบแถวคอยเฉลี่ยโดยรวม หรือจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่เสร็จสิ้นการรับบริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา ทั้งนี้มีผู้รับบริการอยู่เป็นจำนวน n คน ในระบบ (μ_n เป็นอัตราการให้บริการเฉลี่ยจากทุก ๆ ผู้ให้บริการในระบบแถวคอยที่ให้บริการจนสำเร็จ (Busy Servers)

หากกำหนดให้อัตราการเข้ามารับบริการ (λ_n) มีค่าคงที่สำหรับทุก ๆ ค่าของ n หรือแทนด้วยสัญลักษณ์ λ และอัตราการให้บริการเฉลี่ยสำหรับแต่ละผู้ให้บริการจริงหรือให้บริการจนสำเร็จมีค่าคงที่ในทุก ๆ ค่าของ n $(n \geq 1)$ หรือแทนด้วยสัญลักษณ์ μ ดังนั้น $\mu_n = s\mu$ สำหรับ $n \geq s$ (ซึ่งหมายถึงทุก ๆ ผู้ให้บริการไม่ว่าง) พบว่า

$\frac{1}{\lambda}$ = ค่าคาดหวังของช่วงระยะเวลาห่างของการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละคนที่ต่อเนื่องกัน (Expected Interarrival Time)

$\frac{1}{\mu}$ = ค่าคาดหวังของเวลาในการให้บริการ (Expected Service Time)

$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$ = การใช้ประโยชน์ของหน่วยบริการหรือค่าคาดหวังของสัดส่วนเวลาที่ผู้ให้บริการแต่ละคนจะไม่ว่างงาน (เนื่องจาก $\frac{\lambda}{s\mu}$ แทนสัดส่วนของความสามารถของการให้บริการระบบ หรือ $s\mu$ ซึ่งถูกใช้โดยผู้รับบริการที่เข้ามาในระบบโดยเฉลี่ย หรือ λ)

สัญลักษณ์และนิยามต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบจำเป็นที่จะต้องถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายผลลัพธ์ ณ สภาวะคงตัว (Steady State Results) ทั้งนี้เมื่อมีการดำเนินการเกิดขึ้นในระบบแถวคอย สภาวการณ์ต่าง ๆ ณ จุดเริ่มต้นจะส่งผลต่อสถานะของระบบ (จำนวนผู้รับบริการในระบบ) หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง คือ ระบบอยู่ในสภาวะไม่คงตัว (Transient Condition) อย่างไรก็ตามเมื่อระบบดำเนินการต่อไปอีกช่วงระยะเวลาหนึ่งสภาวะของระบบจะเริ่มเป็นอิสระต่อสภาวะเริ่มต้น หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่ง คือ ระบบได้ปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State Condition) ณ สภาวะคงตัวนี้การแจกแจงความน่าจะเป็นต่าง ๆ ของกระบวนการต่าง ๆ ของระบบยังคงรูปแบบเช่นเดิม

ดังนั้นทฤษฎีแถวคอยจึงได้ให้ความสนใจในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวนี้ นอกจากนี้การศึกษาระบบซึ่งอยู่ในสภาวะไม่คงตัวค่อนข้างมีความซับซ้อนมากกว่า

การกำหนดสัญลักษณ์และนิยามต่าง ๆ เพื่อใช้ในการพิจารณาระบบแถวคอยในสภาวะคงตัว (Steady State Condition) สามารถสรุปได้ ดังนี้

P_n = ความน่าจะเป็น ณ สภาวะคงตัวที่มีผู้รับบริการเป็นจำนวน n คนในระบบแถวคอย

L = จำนวนผู้ใช้บริการในระบบโดยเฉลี่ย (Expected Number in The System) จำนวนรวมเฉลี่ยของผู้ที่กำลังใช้บริการและผู้ที่กำลังคอยรับบริการ

L_q = จำนวนผู้ใช้บริการคอยรับบริการโดยเฉลี่ยหรือความยาวแถวโดยเฉลี่ย (Average Queue Length)

W = ระยะเวลาของผู้ใช้บริการอยู่ในระบบโดยเฉลี่ย (Expected Time Spent in The System) เท่ากับเวลารวมโดยเฉลี่ยของเวลาคอยและเวลารับบริการ

W_q = ระยะเวลาคอยรับบริการโดยเฉลี่ย (Average Waiting Time)

2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง L, W, L_q และ W_q

ในการกำหนดอัตราการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยของผู้รับบริการ (Mean Arrival Rate) โดยกำหนดให้ผู้รับบริการคนใหม่ที่เข้ามานั้น ระบบแถวคอยมีผู้รับบริการอยู่ในระบบจำนวนทั้งสิ้น n คน (λ_n) มีค่าคงที่เท่ากับ λ ในทุก ๆ ค่าของ n พบว่าในสภาวะคงตัวของกระบวนการทางด้านแถวคอย ความสัมพันธ์ของจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในระบบแถวคอย (L) อัตราการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยของผู้รับบริการ (λ) และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในระบบแถวคอยสำหรับผู้รับบริการคนหนึ่ง (W) สามารถกำหนดได้ ดังนี้

$$L = \lambda W \tag{2-1}$$

โดยความสัมพันธ์ข้างต้นได้ถูกกำหนดและพิสูจน์ทราบเป็นบุคคลแรก คือ จอห์น ดี.ซี. ลิทเทิ้ล (John D.C. Little: 1961) ซึ่งสามารถเรียกสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า สมการสูตรลิทเทิ้ล (Little's Formula) ในทำนองเดียวกันยังสามารถสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะใกล้เคียงกัน โดยให้ความสำคัญของการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบเพียงเฉพาะแถวคอย (ไม่รวมผู้รับบริการที่กำลังรับบริการอยู่) ดังต่อไปนี้

$$L_q = \lambda W_q \tag{2-2}$$

อย่างไรก็ตาม หากอัตราการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยของผู้รับบริการ (λ_n) มีค่าไม่คงที่ ค่าของ λ สามารถแทนสมการทั้งสองข้างต้นได้ด้วยค่าเฉลี่ย $(\bar{\lambda})$ ของอัตราการเข้ามาใช้บริการ (Average Arrival Rate) ในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานพอ นอกจากนี้สมการความสัมพันธ์ทั้งสองสมการข้างต้นยังเป็นกุญแจสำคัญในการหาความสัมพันธ์อื่น ๆ ระหว่าง W, W_q, L และ L_q กล่าวคือ หากกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการให้บริการมีค่าคงที่เท่ากับ $\frac{1}{\mu}$ สำหรับทุก ๆ ค่าของ $n(n \geq 1)$ จะได้ว่า

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \tag{2-3}$$

นอกจากความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังสามารถศึกษาอนุพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อีกทางหนึ่งด้วย เช่น หากทำการคูณสมการทั้งสองข้างของสมการข้างต้นด้วย λ จะได้ความสัมพันธ์อื่น ๆ ดังต่อไปนี้

$$\lambda W = \lambda W_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2\text{-}4)$$

หรือ

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2\text{-}5)$$

2.1.4 ข้อมูลการเข้ามารับบริการและการให้บริการ

เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นฐานของระบบแถวคอยแล้ว จะต้องเก็บข้อมูลการเข้ามารับบริการและการให้บริการ ถ้าข้อมูลเป็นลักษณะสุ่ม (Random) ต้องศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability distribution) ของข้อมูลว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น แบบปกติ (Normal Distribution) แบบปัวส์ซง (Poisson Distribution) แบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

กรณีข้อมูลอยู่ในลักษณะจำนวนผู้รับบริการต่อหน่วยเวลา เช่น อัตราการเข้ารับบริการ (Arrival Rate) ซึ่งหมายถึงจำนวนผู้รับบริการที่เข้ามารับบริการต่อหน่วยเวลา 1 หน่วยเวลา หรืออัตราการให้บริการ (Service Rate) ซึ่งหมายถึงจำนวนผู้รับบริการที่ให้บริการได้ใน 1 หน่วยเวลา การแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลมักจะเป็นแบบปัวส์ซง (Poission Distribution) เช่น การแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราการเข้ามารับบริการสามารถคำนวณความน่าจะเป็นที่มีผู้รับบริการเข้ามา x ราย ได้ดังนี้

$$P(X) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad \text{โดยที่ } x = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2\text{-}6)$$

โดยที่

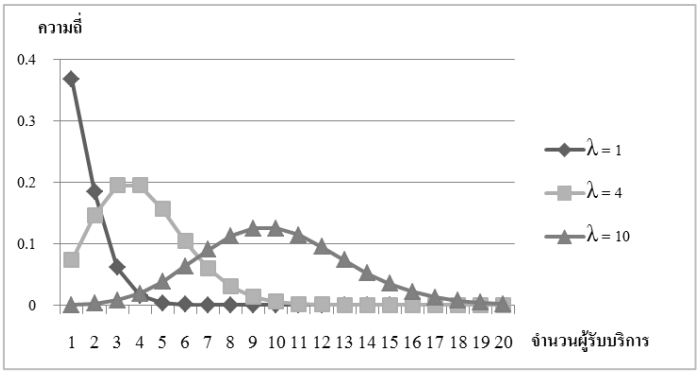
X = จำนวนผู้รับบริการต่อหน่วยเวลา

λ = อัตราการเข้ามารับบริการ

e = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithm) มีค่า 2.7183

ดังแสดงในรูปที่ 2.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซง (Poisson Distribution)

กรณีข้อมูลที่รวบรวมอยู่ในลักษณะของเวลา เช่น เวลาระหว่างการเข้ามารับบริการ (Interarrival Time) หรือเวลาในการให้บริการ (Service Time) ข้อมูลลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล เช่น การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการให้บริการสามารถคำนวณความน่าจะเป็นที่จะใช้เวลาในการให้บริการมากกว่า x นาที โดยใช้สูตร

$$P(service\ time\ > X) = e^{-\mu x} \quad \text{โดยที่ } x \geq 0 \qquad (2\text{-}7)$$

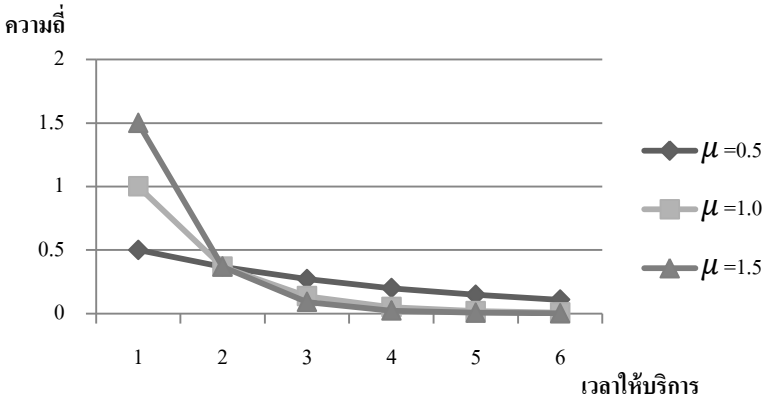
โดยที่

μ = อัตราการให้บริการ

X = เวลาที่ใช้ในการให้บริการ

e = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithm) มีค่า 2.7183

ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

2.1.5 กระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการ

ตัวแบบแถวคอยส่วนใหญ่ตั้งข้อสมมติว่า ข้อมูลนำเข้า (Inputs) หรือผู้รับบริการที่กำลังจะเข้าสู่ระบบ (Arriving Customers) และข้อมูลนำออก (Outputs) หรือผู้รับบริการที่กำลังจะออกจากระบบ (Leaving Customers) เป็นกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไป (Birth-and-Death Process) โดยกระบวนการดังกล่าวนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับทฤษฎีความน่าจะเป็นและสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายปัญหา อย่างไรก็ตาม หากทำการพิจารณากระบวนการสำหรับปัญหาแถวคอย คำว่า การเกิด (Birth) หมายถึง การเข้ามาของผู้รับบริการเข้าสู่ระบบแถวคอย (Arrival of a New Customer) ส่วนคำว่า การตาย (Death) หมายถึง การที่ผู้รับบริการออกจากระบบแถวคอย (Departure of a Served Customers) โดยสถานะของระบบ ณ เวลา $t(t \geq 0)$ สามารถเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $N(t)$ ซึ่งหมายถึงจำนวนของผู้รับบริการในระบบแถวคอย ณ เวลา t

กระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสามารถใช้ในการอธิบายความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ $N(t)$ ขณะที่เวลามีการเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าทั้งการเกิดและการตายมีการเกิดขึ้นอย่างสุ่มและอัตราการเกิดเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสถานะปัจจุบันของระบบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปข้อสมมติสำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการได้ดังต่อไปนี้

ข้อสมมติที่ 1 หากกำหนดให้ $N(t) = n$ จะได้ว่า การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่เหลืออยู่จนกระทั่งมีการเกิดเกิดขึ้น (หรือมีผู้รับบริการเข้าระบบ) เป็นการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยพารามิเตอร์ λ_n โดยที่ $n = 0,1,2, \ldots$

ข้อสมมติที่ 2 หากกำหนดให้ $N(t) = n$ จะได้ว่า การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่เหลืออยู่จนกระทั่งมีการตายเกิดขึ้น (หรือมีผู้รับบริการออกจากระบบ) เป็นการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยพารามิเตอร์ μ_n โดยที่ $n = 0,1,2, \ldots$

ข้อสมมติที่ 3 ตัวแปรสุ่มสำหรับข้อสมมติที่ 1 (เวลาที่เหลืออยู่จนกระทั่งมีการเกิดเกิดขึ้น) และตัวแปรสุ่มสำหรับข้อสมมติที่ 2 (เวลาที่เหลืออยู่จนกระทั่งมีการตายเกิดขึ้น) เป็นอิสระต่อกัน (Mutually Independent) โดยการเปลี่ยนแปลงสถานะของกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็น

การเกิดขึ้นหนึ่งคน (A Single Birth) : $n \rightarrow n + 1$

การตายหนึ่งคน (A Single Birth) : $n \rightarrow n - 1$

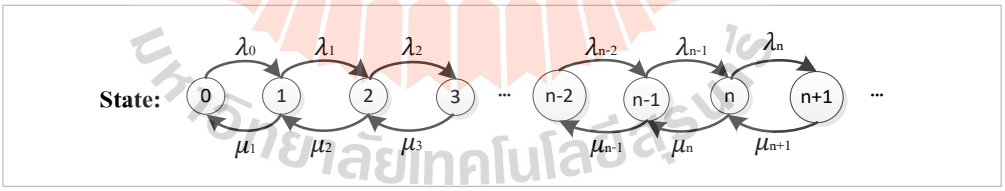
พบว่า ขึ้นอยู่กับตัวแปรสุ่มใดมีค่าน้อยกว่ากัน เช่น เวลาที่เหลืออยู่มีโอกาสในการเกิดขึ้นหนึ่งคนหรือมากกว่าการตายหนึ่งคน การเปลี่ยนแปลงสถานะของกระบวนการจะเป็นไปในทิศทางเพิ่มขึ้นของจำนวนคนในระบบ

ในระบบแถวคอย λ_n และ μ_nแทนอัตราการเข้ามาเฉลี่ยและอัตราการให้บริการจนสำเร็จเฉลี่ย โดยที่มีผู้รับบริการอยู่ในระบบเป็นจำนวน n คน และในระบบแถวคอยบางประเภท ค่าของ λ_n มีค่าคงที่สำหรับทุก ๆ ค่าของ n และค่าของ μ_n มีค่าคงที่สำหรับทุก ๆ ค่าของ n (ยกเว้น $n = 0$) หรือมีผู้ให้บริการว่างอยู่ อย่างไรก็ตาม ค่าของ λ_n และ μ_nสามารถมีค่าที่ไม่คงที่ได้ กล่าวคือ มีการแปรเปลี่ยนไปตามค่าของจำนวนผู้รับบริการที่มีอยู่ในระบบ (n)

โดยตัวอย่างสำหรับกรณีที่ λ_n มีค่าไม่คงที่ มักเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้รับบริการที่กำลังจะเข้าสู่ระบบแถวคอยแล้วพบว่ามีคนอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก จึงทำการยกเลิกการเข้าใช้บริการ (Balk: Refuse to Enter The System as n Increases) ในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างสำหรับกรณีที่ μ_n มีค่าไม่คงที่ มักเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้รับบริการอยู่ในระบบแถวคอยพบว่ามีการรอที่นาน จึงตัดสินใจที่จะออกจากระบบโดยไม่ทำการใช้บริการ (Renege: Leave Without Being Served as Queue Size Increases)

2.1.6 การวิเคราะห์กระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการ

จากการพิจารณาข้อสมมติทั้งสามสำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปข้างต้น มีลักษณะที่เป็นห่วงโซ่เวลาที่ต่อเนื่องของมาร์คอฟ (Continuous Time Markov Chain) นอกจากนี้หากทำการพิจารณาการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่า λ_n และ μ_n แทนอัตราการเข้ามาเฉลี่ยและอัตราการให้บริการจนสำเร็จเฉลี่ยตามลำดับ ดังนั้นจากเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาสามารถนำเสนอแผนรูปที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเข้ามาและอัตราการให้บริการจนสำเร็จเฉลี่ยในกระบวนการที่มีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไป ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 อัตราการเข้ามาและอัตราการให้บริการจนสำเร็จเฉลี่ย

จากแผนภาพพบว่าลูกศรในแผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะ (Transition) ที่เป็นไปได้ทั้งการเกิด (การเข้าระบบของผู้รับบริการ) และการตาย (การออกจากระบบของผู้รับบริการ) ตามที่ได้กล่าวมาในข้อสมมติที่ 3 ทั้งนี้การเข้าและการออกซึ่งถูกกำกับในแต่ละลูกศร จะแสดงอัตราเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสถานะเมื่อระบบอยู่ในสถานะของจุดตั้งต้นของลูกศร

ในการวิเคราะห์กระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการค่อนข้างจะมีความยุ่งยากซับซ้อนในการพิจารณาสถานะของระบบ ณ สภาวะไม่คงตัว

(Transient Condition) นอกจากนี้ผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแจกแจงความน่าจะเป็นของ $N(t)$ ถึงแม้ว่าจะสามารถทำการศึกษาได้ แต่ค่อนข้างมีความซับซ้อนมากในการประยุกต์ใช้เช่นเดียวกัน ในทางตรงกันข้าม หากการพิจารณาสถานะของระบบ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดำเนินไปสักช่วงระยะหนึ่ง จนกระทั่งพบว่าเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State Condition) ผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถทำการศึกษาและทำการประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี

หากพิจารณาสถานะของระบบ ณ จำนวนผู้รับบริการในระบบเท่ากับ n คน $(n = 0, 1, 2, \ldots)$ และกำหนดให้เวลาเริ่มต้น (t) เท่ากับ 0 โดยนับจำนวนของเวลา ซึ่งกระบวนการได้เข้าสู่สถานะใด ๆ และนับจำนวนของเวลาซึ่งกระบวนการได้ออกจากสถานะใด ๆ โดยมีสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

$En(t)$ = จำนวนของเวลาซึ่งกระบวนการเข้าสู่สถานะที่มีจำนวนผู้รับบริการในระบบเพิ่มเป็นจำนวน n คน ณ เวลา t

$Ln(t)$ = จำนวนของเวลาซึ่งกระบวนการออกสู่สถานะที่มีจำนวนผู้รับบริการในระบบลดลงเหลือจำนวน n คน ณ เวลา t

เนื่องจากเหตุการณ์ทั้งสองประเภท (กระบวนการเข้าและออก) มีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ ความแตกต่างของจำนวนของเหตุการณ์ทั้งสองประเภทมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 นั่นคือ

$$|E_n(t) - L_n(t)| \leq 1 \tag{2-8}$$

หากหารทั้งสองเทอมด้วยเวลา t และกำหนดให้ระยะเวลา (t) ยาวนานมากขึ้นหรือ $t \rightarrow \infty$ จะได้ว่า

$$\left|\frac{E_n(t)}{t} - \frac{L_n(t)}{t}\right| \leq \frac{1}{t}$$

ดังนั้น

$$\lim_{t\to\infty}\left|\frac{E_n(t)}{t} - \frac{L_n(t)}{t}\right| = 0 \tag{2-9}$$

จากความสัมพันธ์ข้างต้นของ $\frac{E_n(t)}{t}$ และ $\frac{L_n(t)}{t}$ จะได้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลา

หากพิจารณาให้เวลาในการนับมากขึ้น หรือ t→∞ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทำให้ได้รับค่าของอัตราเฉลี่ยหรือค่าคาดหวังของจำนวนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาดังต่อไปนี้

$$\lim_{t\to\infty} \frac{E_n(t)}{t} \quad = \quad \text{อัตราเฉลี่ยซึ่งกระบวนการเข้าสู่สถานะ } n$$

$$\lim_{t\to\infty} \frac{L_n(t)}{t} \quad = \quad \text{อัตราเฉลี่ยซึ่งกระบวนการออกจากสถานะ } n$$

จากผลลัพธ์ข้างต้น สามารถทำให้สรุปหลักการที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

อัตราการเข้า = อัตราการออก สำหรับทุก ๆ สถานะของระบบซึ่งมีผู้รับบริการเป็นจำนวน n คน โดยที่ $n = 0, 1, 2, \ldots$ หรืออาจกล่าวได้อีกแบบหนึ่งว่า **อัตราการเข้าระบบเฉลี่ย = อัตราการออกจากระบบโดยเฉลี่ย**

ความสัมพันธ์ซึ่งนำเสนอหลักการดังกล่าวนี้เรียกว่า ระบบสมการสมดุล (Balance Equations) (Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman., 2005) สำหรับสถานะ n ใด ๆ นอกจากนี้ ภายหลังจากการสร้างระบบสมการสมดุลสำหรับทุก ๆ สถานะด้วยความสัมพันธ์กับค่าของความน่าจะเป็นที่ไม่ทราบค่า (P_n) ซึ่งสามารถทำการแก้ไขระบบสมการดังกล่าวเพื่อหาค่าของความน่าจะเป็นของแต่ละสถานะ (P_n)

ในการอธิบายความหมายของระบบสมการสมดุล หากทำการพิจารณา ณ สถานะ $(n = 0)$ กระบวนการเข้าสู่สถานะนี้ได้เพียงกรณีเดียวคือสถานะ $n = 1$ ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นของสถานะ $(n = 1)$ ณ สภาวะคงตัว (P_n) คือ ค่าสัดส่วนของเวลาซึ่งมีความเป็นไปได้สำหรับกระบวนการในการเข้าสู่สถานะ 0

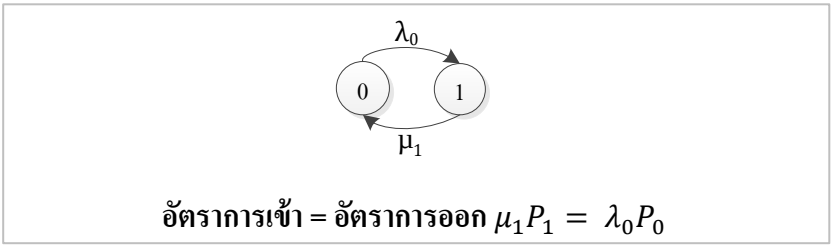
หากระบบอยู่ในสถานะ $(n = 1)$ อัตราเฉลี่ยของการเข้าสถานะ 0 คือ μ_1 (หรืออาจกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า ในเวลาสะสมซึ่งกระบวนการอยู่ในสถานะ $(n = 1)$ เป็นสถานะ $(n = 0)$ คือ μ_1) อย่างไรก็ตามในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสถานะอื่น ๆ เป็นสถานะ $(n = 0)$ อัตราเฉลี่ยนี้เท่ากับ 0 (หรือไม่มีทางเกิดขึ้นได้) ดังนั้นอัตราเฉลี่ยรวมของกระบวนการซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสถานะปัจจุบันเป็นสถานะ $(n = 0)$ คือ

อัตราการเข้า: $\mu_1 P_1 + 0(1 - P_1) = \mu_1 P_1$

ด้วยหลักการเช่นเดิม อัตราเฉลี่ยของการออกจากสถานะ $(n = 0)$ มีค่าเท่ากับ $\lambda_0 P_0$

อัตราการออก: $\lambda_0 P_0$

ดังนั้นระบบสมการสมดุลสำหรับสถานะ $(n = 0)$ สามารถนำเสนอด้วยแผนภาพและสมการความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ห่วงโซ่เวลาที่ต่อเนื่องของมาร์คอฟและสมการความสัมพันธ์สำหรับสถานะ $(n = 0)$

2.1.7 ตัวแบบแถวคอยสำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไป

ในกรณีที่สามารถระบุได้ทั้งค่าเฉลี่ยของอัตราการเข้าระบบสำหรับ $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ และค่าเฉลี่ยของอัตราการออกจากระบบสำหรับ $\mu_1, \mu_2, \ldots$ ของกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสำหรับปัญหาระบบแถวคอย พร้อมทั้งพิจารณาระยะห่างของเวลาในการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ของการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ตัวแบบปัญหาระบบแถวคอยส่วนใหญ่อาจกล่าวได้ว่ามีลักษณะของการเข้ามาด้วยการแจกแจงแบบปัวส์ซง (Poisson Input) และมีเวลาในการให้บริการด้วยการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Input) อย่างไรก็ตาม ตัวแบบแถวคอยดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันในบางส่วน กล่าวคือ เงื่อนไขของอัตราการเข้าระบบ (λ_n) และอัตราการออกจากระบบ (μ_n) เมื่อจำนวนผู้รับบริการ (n) ในระบบ ณ สภาวะการณ์ต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เช่น กรณีที่ผู้รับบริการคนใหม่พบว่าจำนวนของผู้รับบริการ (K) ในระบบมีอยู่เต็มจนเกินความสามารถที่ระบบจะยอมรับได้ จึงออกจากระบบไปในที่สุด $(\lambda_k = 0)$ โดยกรณีศึกษาของความแตกต่างกันของเงื่อนไขข้างต้นสามารถนำเสนอได้ด้วยตัวแบบต่าง ๆ จำนวน 3 ชนิด ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากสำหรับปัญหาระบบแถวคอย โดยมีรายละเอียดของแต่ละตัวแบบดังนี้

2.1.7.1 ตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s

ในการพิจารณาตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s มีข้อสมมติ คือ ช่วงเวลาห่างของการเข้ามา (Interarrival Time: IAT) ทุก ๆ ช่วงมีการแจกแจงซึ่งเป็นอิสระต่อกัน ด้วยความสัมพันธ์ในลักษณะการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (หรือกระบวนการเข้าระบบของผู้รับบริการเป็นการแจกแจงแบบปัวส์ซง) นอกจากนี้เวลาในการให้บริการ (Service Time) เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (ในอีกลักษณะหนึ่ง) นอกจากนี้จำนวนของผู้ให้บริการเท่ากับ s คน

ดังนั้นตัวแบบสำหรับปัญหาแถวคอยชนิดนี้ จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นกรณีพิเศษสำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดและการจากไปของผู้รับบริการ นอกจากนี้ค่าอัตราการเข้ามาเฉลี่ยในระบบของผู้รับบริการและค่าของอัตราการให้บริการเฉลี่ยสำหรับผู้ให้บริการจริง

(Busy Server) มีค่าคงที่เท่ากับ λ และ μ ตามลำดับ โดยไม่คำนึงถึงสถานะของระบบ หากพิจารณาระบบแถวคอยซึ่งประกอบด้วยผู้ให้บริการเพียง 1 คน $(s = 1)$ พารามิเตอร์ของกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$\lambda_n = \lambda \qquad \text{โดยที่ } n = 0, 1, 2, \ldots \qquad (2\text{-}10)$$

และ

$$\mu_n = \mu \qquad \text{โดยที่ } n = 1, 2, \ldots \qquad (2\text{-}11)$$

โดยแผนภาพซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเข้ามาและการออกไปจากระบบ (Rate Diagram) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 (ก)

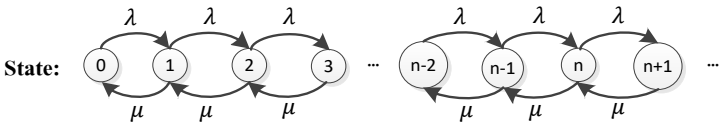
อย่างไรก็ตาม หากระบบปัญหาแถวคอยมีจำนวนของผู้ให้บริการมากกว่าหนึ่งคนขึ้นไป (Multiple Server With s $\geq$ 1) จะพบว่าการกำหนดค่าของอัตราการออกจากระบบของผู้รับบริการ (μ_n) ในสถานะซึ่งระบบมีจำนวนผู้รับบริการ (n) ที่ต่างกันไม่สามารถระบุได้อย่างคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ หากกำหนดให้นิยามของ μ_n คือ อัตราการให้บริการเฉลี่ยแก่ผู้รับบริการจนเสร็จสิ้นสำหรับระบบแถวคอยทั้งหมดในสถานะซึ่งระบบมีจำนวนผู้รับบริการอยู่เป็นจำนวนทั้งสิ้น n คน และอัตราการให้บริการเฉลี่ยสำหรับผู้ให้บริการจริง (Busy Server) มีค่าเท่ากับ μ ดังนั้น อัตราการให้บริการเฉลี่ยรวมสำหรับผู้รับบริการจนเสร็จสิ้นสำหรับผู้ให้บริการจริงจำนวน n คนเท่ากับ $n\mu$ หรือ $\mu_n = n\mu$ สำหรับ $n \leq s$ และ อัตราการให้บริการเฉลี่ยรวมสำหรับผู้รับบริการจนเสร็จสิ้นสำหรับผู้ให้บริการจริง จำนวน s คน เท่ากับ $s\mu$ หรือ $\mu_n = s\mu$ สำหรับ $n \geq s$

โดยแผนภาพซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเข้ามาและการออกไปจากระบบ (Rate Diagram) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 (ข)

ในการพิจารณาค่าของ $s\mu$ หากพบว่าค่าดังกล่าวมากกว่าอัตราการเข้ามาเฉลี่ย (λ) ระบบปัญหาแถวคอยจะสามารถเข้าสู่สถานะคงตัวได้หากกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม คือ $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$

(ก) Single-server case (s=1)

$$\lambda_n = \lambda \qquad n = 0, 1, 2, \ldots$$
$$\mu_n = \mu, \qquad n = 1, 2, \ldots$$



(ข) Multiple-server case (s>1)

$$\lambda_n = \lambda \qquad for\ n = 0, 1, 2, \ldots$$
$$\mu_n = \begin{cases} \mu n, & for\ n = 1, 2, \ldots, s \\ s\mu, & for\ s, s+1, \ldots \end{cases}$$

รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบชนิด M/M/s

การวิเคราะห์กรณีปัญหาที่มีผู้ให้บริการเพียงหนึ่งคน (M/M/1) สามารถคำนวณได้โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการ $s = 1$ ค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสามารถลดรูปความสัมพันธ์ซึ่งแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$C_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = \rho^n \qquad \text{โดยที่ } n = 1, 2, \ldots \qquad (2\text{-}12)$$

และ
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad (2\text{-}13)$$

ดังนั้น
$$P_n = \rho^n P_0 \qquad \text{โดยที่ } n = 0, 1, 2, \ldots \qquad (2\text{-}14)$$

และ
$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n\right)^{-1} \qquad (2\text{-}15)$$

$$= \left(\frac{1}{1-\rho}\right)^{-1} \qquad (2\text{-}16)$$

$$= 1 - \rho \qquad (2\text{-}17)$$

ดังนั้น
$$P_n = (1-\rho)\rho^n \qquad \text{โดยที่ } n = 0, 1, 2, \ldots \qquad (2\text{-}18)$$

ในการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ข้างต้นทั้งในส่วนของค่า P_0 และ P_n นี้ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่า L, W, L_q และ W_q โดยอาศัยความสัมพันธ์ของสมการสูตรลิทเทิ้ล (Little's Formula)(Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman, 2553:360) ได้ดังนี้

$L =$ จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในระบบแถวคอย

$$= \frac{(1-\rho)\rho}{(1-\rho)^2}$$

$$= \frac{\rho}{1-\rho} \quad (2\text{-}19)$$

หรือ $$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (2\text{-}20)$$

$L_q =$ ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวคอย

$$= L - 1(1 - P_0)$$

$$= L - \rho = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2\text{-}21)$$

หรือ $$L_q = L - \rho = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2\text{-}22)$$

$W =$ ค่าคาดหมายของเวลาในการรอคอยผู้รับบริการในระบบแถวคอย

$$= \frac{1}{\mu(1-\rho)} \quad (2\text{-}23)$$

$$= \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (2\text{-}24)$$

$W_q =$ ค่าคาดหมายของเวลาในการรอคอยในแถวคอย

$$= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2\text{-}25)$$

การวิเคราะห์กรณีปัญหาที่มีผู้ให้บริการ s คน (M/M/s) โดยที่ $s > 1$ หากผู้รับบริการในระบบมีจำนวน n คน (โดยที่ $n < s$) จะมีผู้ให้บริการจริง (Busy Servers) เพียง n คน แต่หากพบว่าผู้รับบริการในระบบมีจำนวนเท่ากับ n คน (โดยที่ $n > s$) จะมีผู้ให้บริการจริงเป็นจำนวนเท่ากับ s คน นอกจากนี้ยังกำหนดให้อัตราการเข้ามาของผู้รับบริการมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการที่มีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสามารถลดรูปความสัมพันธ์ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$C_n = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \qquad \text{โดยที่ } n = 0, 1, 2, \ldots, s \tag{2-26}$$

หรือ

$$C_n = \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!}\left[\frac{\lambda}{s\mu}\right]^{n-s}$$

$$= \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!\, s^{n-s}} \qquad \text{โดยที่ } n = s, s+1,\ s+2, \ldots \tag{2-27}$$

นอกจากนี้ หากกำหนดให้ $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$ ความน่าจะเป็นสำหรับสถานะซึ่งระบบแถวคอยไม่มีผู้รับบริการอยู่เลยหรือ P_0สามารถกำหนดสูตรที่ใช้คำนวณหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในระบบแถวคอยสำหรับตัวแบบนี้ได้ดังต่อไปนี้ (Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman. , 2005)

$$P_0 = 1 \Big/ \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!}\,\frac{1}{1-\lambda/(s\mu)}\right] \tag{2-28}$$

หรือ

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1}\left[\frac{1}{n!}\left(\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)\right)^n\right] + \left[\frac{1}{s!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s\left(\frac{s\mu}{s\mu-\lambda}\right)\right]} \tag{2-29}$$

หากกำหนดให้ $n = 0$ ในเทอมของสมการความสัมพันธ์ข้างต้น จะให้ค่าเท่ากับ 1 เช่นเดิม เนื่องจาก $n! = 1$ และจะได้ว่า

$$P_n = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0 \qquad \text{โดยที่ } 0 \le n \le s \tag{2-30}$$

$$= \frac{(\lambda/\mu)^n}{s!\, s^{n-s}} P_0 \qquad \text{โดยที่ } n > s \tag{2-31}$$

นอกจากนี้ยังสามารถเขียนความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์อื่น ๆ ของแถวคอยได้ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

L_q = ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวคอย

$$= \frac{P_0(\lambda/\mu)^s \rho}{s!\,(1-\rho)^2} \tag{2-32}$$

หรือ

$$= \frac{\lambda\mu\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s P_0}{(s-1)!\,(s\mu-\lambda)^2} \qquad \text{เมื่อ } \rho = \frac{\lambda}{s\mu} \tag{2-33}$$

ส่วนค่า L, W และ W_q สามารถหาได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังที่กล่าวมาแล้ว คือ

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \tag{2-34}$$

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \tag{2-35}$$

$$L = \lambda W$$

$$= \lambda\left(W_q + \frac{1}{\mu}\right) \tag{2-36}$$

$$= L_q + \frac{\lambda}{\mu} \tag{2-37}$$

2.1.7.2 ตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s/K กรณีมีพื้นที่แถวคอยจำกัด

ในการศึกษาระบบแถวคอยโดยทั่วไปในบางครั้งจะเกิดกรณีที่พบว่าพื้นที่ในการรอคอยของผู้รับบริการมีจำนวนจำกัด โดยที่จำนวนผู้รับบริการในระบบสามารถมีได้เพียง K คน ดังนั้นความสามารถของแถวคอย (Queue Capacity) เท่ากับ $K - s$ คน ผู้รับบริการคนใดก็ตามที่จะเข้าระบบแต่พบว่าแถวคอยเต็ม จะไม่สามารถเข้าไปในระบบได้ในที่สุด ดังนั้นในการศึกษาทั้งกระบวนการซึ่งมีทั้งการเข้าและการออกจากระบบ (Birth-and-Death Process) อัตราการเข้าระบบโดยเฉลี่ยสำหรับผู้รับบริการกรณีดังกล่าว (กรณีแถวคอยเต็ม) จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ สามารถพิจารณาได้โดยทำการปรับค่า λ

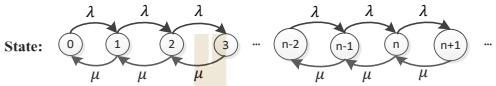
เนื่องจาก $\lambda_n = 0$ สำหรับกรณีที่ผู้รับบริการคนใดก็ตามที่จะเข้ามาในระบบแต่พบว่าแถวคอยเต็ม ดังนั้นระบบแถวคอยสำหรับกรณีนี้จึงสามารถเข้าสู่สภาวะคงตัว แม้จะพบว่า $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} \geq 1$

ตัวแบบแถวคอยซึ่งมีลักษณะทางกายภาพตามที่ได้กล่าวมาสามารถเขียนสัญลักษณ์ได้เป็น M/M/s/K โดยใช้เทอมที่ 4 ของสัญลักษณ์ดังกล่าวเป็นตัวแทนของจำนวนหรือความสามารถของระบบในการรองรับผู้รับบริการ ดังนั้นจึงกำหนดให้เป็นค่าคงตัวเท่ากับ K

โดยแผนภาพความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและการออกจากระบบ (Rate Diagram) ของปัญหาแถวคอยชนิดนี้สามารถนำเสนอได้เหมือนกรณี M/M/s อย่างไรก็ตาม ระบบหยุด ณ สถานะ K แสดงดังรูปที่ 2.11

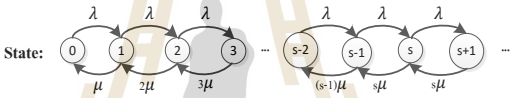
(ก) Single-server case (s=1)

$$\lambda_n = \lambda \qquad for\ n = 0,1,2,\dots$$
$$\mu_n = \mu, \qquad for\ n = 1,2,\dots$$



(ข) Multiple-server case (s>1)

$$\lambda_n = \lambda \qquad for\ n = 0,1,2,\dots$$
$$\mu_n = \begin{cases} \mu n, & for\ n = 1,2,\dots,s \\ s\mu, & for\ s, s+1,\dots \end{cases}$$



รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบ
สำหรับตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s/K กรณีมีพื้นที่แถวคอยจำกัด

การวิเคราะห์กรณีปัญหาที่มีผู้ให้บริการเพียงหนึ่งคนและมีพื้นที่แถวคอยจำกัด (M/M/1/K) สามารถคำนวณได้โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการ $\mathrm{s} = 1$ และมีพื้นที่สำหรับรอคอยของผู้รับบริการมีจำนวนจำกัด (เท่ากับ K) ค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสามารถลดรูปความสัมพันธ์ซึ่งแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$C_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = (\rho)^n \qquad \text{โดยที่ n} = 0, 1, 2, \dots, \mathrm{K}$$
$$= 0 \qquad \text{โดยที่ n} > \mathrm{K}$$

และ $\rho \neq 1$

หมายเหตุ: ถ้า $\rho = 1$จะได้ว่า $P_n = 1/(K+1)$ โดยที่ $\mathrm{n} = 0, 1, 2, \dots, \mathrm{K}$ ดังนั้น $\mathrm{L} = \mathrm{K}/2$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{K}(\lambda - \mu)^n}$$

$$P_0 = \frac{1-\rho}{1-\rho^{K+1}} \tag{2-38}$$

ดังนั้น $$P_n = \frac{1-\rho}{1-\rho^{K+1}}\rho^n \qquad \text{โดยที่ n} = 0, 1, 2, \dots, \text{K} \tag{2-39}$$

จากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ข้างต้นทั้งในส่วนของค่า P_0 และ P_n นี้ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่า L, W, L_q และ W_q โดยอาศัยความสัมพันธ์ของสมการสูตรลิทเทิ้ล (Little's Formula) (Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman, 2553:379) ได้ดังนี้

$L =$ จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในระบบแถวคอย

$$= \rho\left[\frac{-(K+1)\rho^K + K\rho^{K+1} + 1}{(1-\rho^{K+1})(1-\rho)}\right]$$

$$= \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(K+1)\rho^{K+1}}{1-\rho^{K+1}} \tag{2-40}$$

$L_q =$ ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวคอย

$$= L - (1-P_0) \tag{2-41}$$

$W =$ ค่าคาดหมายของเวลาในการรอคอยผู้รับบริการในระบบแถวคอย

$$= \frac{L}{\lambda} \tag{2-42}$$

$W_q =$ ค่าคาดหมายของเวลาในการรอคอยในแถวคอย

$$= \frac{L_q}{\lambda} \tag{2-43}$$

การวิเคราะห์กรณีปัญหาที่มีผู้ให้บริการ s คนและมีพื้นที่แถวคอยจำกัด (M/M/s/K) สามารถคำนวณได้โดยการกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการ $s > 1$ และมีพื้นที่สำหรับรอคอยของผู้รับบริการมีจำนวนจำกัด (เท่ากับ K) ค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการสามารถลดรูปความสัมพันธ์ซึ่งแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$C_n = \begin{cases} \dfrac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} & \text{โดยที่ n} = 0,1,2,\dots,\text{s} \\ \dfrac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{n!}\left(\dfrac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} = \dfrac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{s!\, s^{n-s}} & \text{โดยที่ n} = \text{s}, \text{s}+1, \text{s}+2, \dots, \text{K} \\ 0 & \text{โดยที่ n} > \text{K} \end{cases}$$

ดังนั้น หากพิจารณาค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการดังกล่าว จะได้ว่า

$$P_n = \begin{cases} \frac{1}{n!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & \text{โดยที่ } n = 1, 2, \ldots, \mathrm{s} \\ \frac{1}{s!\, s^{n-s}}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & \text{โดยที่ } n = \mathrm{s}, \mathrm{s}+1, \mathrm{s}+2, \ldots, \mathrm{K} \\ 0 & \text{โดยที่ } \mathrm{n} > \mathrm{K} \end{cases}$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!}\sum_{n=s+1}^{K}\left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-}\right.} \quad (2\text{-}44)$$

จากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ข้างต้นทั้งในส่วนของค่า P_0 และ P_n นี้ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่า L, W, L_q และ W_q โดยอาศัยความสัมพันธ์ของสมการสูตรลิทเทิ้ล (Little's Formula) (Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman, 2553:381) ได้ดังนี้

L_q = ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในแถวคอย

$$= \frac{P_0(\lambda/\mu)^s \rho}{s!\,(1-\rho)^2}\left[1 - \rho^{K-s} - (K-s)\rho^{K-s}(1-\rho)\right] \quad (2\text{-}45)$$

โดยที่ $\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$

L = จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในระบบแถวคอย

$$= \sum_{n=0}^{s-1} nP_n + L_q + s\left(1 - \sum_{n=0}^{s-1} P_n\right) \quad (2\text{-}46)$$

ส่วนค่า W และ W_q สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรจากกรณีที่มีผู้ให้บริการเพียงรายเดียว

2.1.7.3 ตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s กรณีมีแหล่งที่มาที่เข้าระบบจำกัด

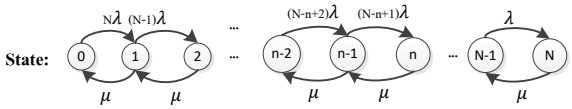
กรณีมีแหล่งที่มาที่เข้าสู่ระบบจำกัดโดยกำหนดให้ N แทนขนาดของแหล่งที่มา (ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนจำกัด) ดังนั้น จำนวนของผู้รับบริการที่เข้าระบบจึงมีจำนวนเท่ากับ n (n=0, 1, 2, …, N) แผนภาพความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบของปัญหาแถวคอยชนิดนี้ สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 2.12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(ก) Single-server case (s=1)

$$\lambda_n = \begin{cases} (N-n), & for\ n = 0,1,2,\dots,N \\ 0, & for\ n \geq N \end{cases}$$

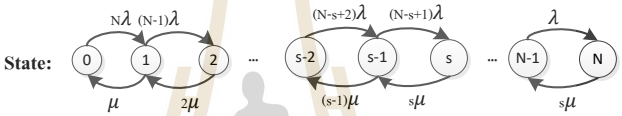
$$\mu_n = \mu, \qquad for\ n = 0,1,2,\dots,N$$



(ข) Multiple-server case (s>1)

$$\lambda_n = \begin{cases} (N-n), & for\ n = 0,1,2,\dots,N \\ 0, & for\ n \geq N \end{cases}$$

$$\mu_n = \begin{cases} \mu n, & for\ n = 1,2,\dots,s \\ s\mu, & for\ s, s+1,\dots \end{cases}$$



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของอัตราการเข้าและออกจากระบบ
สำหรับตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/s กรณีที่แหล่งที่มาจำกัด

การวิเคราะห์กรณีปัญหาที่มีผู้ให้บริการ 1 คน และมีแหล่งที่มาที่เข้าระบบจำกัด (M/M/s) สามารถคำนวณได้โดยการกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการหรือ $s = 1$ และมีแหล่งที่มาที่เข้าระบบจำกัด (N) ค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการ สามารถลดรูปความสัมพันธ์ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$C_n = N(N-1)\dots(N-n+1)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$$

$$= \frac{N!}{(N-n)!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \qquad \text{โดยที่ } n = 0,1,2,\dots,N$$

$$C_n = 0 \qquad \text{โดยที่ } n > N$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N}\left[\frac{N!}{(N-n)!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n\right]} \qquad (2\text{-}47)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$P_n = \frac{N!}{(N-n)!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \qquad \text{โดยที่ n} = 1,2,\ldots,\text{N} \qquad (2\text{-}48)$$

$$L_q = \sum_{(N-n)}^{N} (n-1)\, P_n \qquad (2\text{-}49)$$

หรือ $$L_q = N - \frac{\lambda+\mu}{\lambda}(1-P_0) \qquad (2\text{-}50)$$

$$L = \sum_{n-1}^{N} nP_n$$

$$= L_q + 1 - P_0 \qquad (2\text{-}51)$$

$$= N - \frac{\mu}{\lambda}(1-P_0) \qquad (2\text{-}52)$$

$$W = \frac{L}{\lambda} \qquad (2\text{-}53)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \qquad (2\text{-}54)$$

$$\lambda = \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_n P_n$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} (N-n)\lambda P_n$$

$$= \lambda(N-L) \qquad (2\text{-}55)$$

การวิเคราะห์กรณีปัญหาที่มีผู้ให้บริการ s คน และมีแหล่งที่มาที่เข้าระบบจำกัด (M/M/s) สามารถคำนวณได้โดยการกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการ คือ $s > 1$ และมีแหล่งที่มาที่เข้าระบบจำกัด ($N \geq s > 1$) ค่าแฟกเตอร์ C_n สำหรับกระบวนการซึ่งมีทั้งการการเกิดขึ้นและการจากไปของผู้รับบริการ สามารถลดรูปความสัมพันธ์ ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$C_n = \begin{cases} \dfrac{N!}{(N-n)!\,n!}\left(\dfrac{\lambda}{\mu}\right)^n & \text{โดยที่ n} = 0,1,2,\dots,\text{s} \\ \dfrac{N!}{(N-s)!\,s^{n-s}}\left(\dfrac{\lambda}{\mu}\right)^n & \text{โดยที่ n} = \text{s}, \text{s}+1, \text{s}+2, \dots, \text{N} \\ 0 & \text{โดยที่ n} > \text{N} \end{cases}$$

$$P_n = \begin{cases} \dfrac{N!}{(N-n)!\,n!}\left(\dfrac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & \text{โดยที่ } 0 \le \text{n} \le \text{s} \\ \dfrac{N!}{(N-n)!\,s!\,s^{n-s}}\left(\dfrac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & \text{โดยที่ s} \le \text{n} \le \text{N} \\ 0 & \text{โดยที่ n} > \text{N} \end{cases} \quad (2\text{-}56)$$

โดยที่

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1}\frac{N!}{(N-n)!\,n!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \sum_{n=s}^{N}\frac{N!}{(N-n)!\,s!\,s^{n-s}}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n\right]} \quad (2\text{-}57)$$

$$L_q = \sum_{n=s}^{N}(n-s)P_n \quad (2\text{-}58)$$

$$L = \sum_{n=0}^{s-1} nP_n + L_q + s\left(1 - \sum_{n=0}^{s-1} P_n\right) \quad (2\text{-}59)$$

และ $$W = \frac{L}{\lambda} \quad (2\text{-}60)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (2\text{-}61)$$

โดยที่ $$\lambda = \sum_{n=0}^{\infty}\lambda_n P_n$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty}(N-n)\lambda P_n \quad (2\text{-}62)$$

$$= \lambda(N-L) \quad (2\text{-}63)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)

ในปี ค.ศ. 1995 เอิร์ล ฮันท์ (Earl Hunt., 1995) นักปรัชญาทางด้านการเรียนรู้ ได้วิเคราะห์กระบวนการคิด เป็นกระบวนการที่ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

- การสร้างสิ่งที่แทนอยู่ในใจของปัญหาปัจจุบัน
- การดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกมาใช้
- การจัดการแทนค่าออกมาเป็นคำตอบ

กล่าวคือ เมื่อมนุษย์ต้องการแก้ไขปัญหาที่ตนเองกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน มนุษย์จะทำแทนปัญหานั้นด้วยสัญลักษณ์ ที่สมองนำไปตีความได้ จากนั้นจะดึงข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสมองหรือส่วนอื่น ๆ ออกมาใช้ และแทนให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์เช่นกัน เพื่อเปรียบเทียบดูว่า เคยมีประสบการณ์เช่นนี้มาก่อนหรือไม่ ถ้ามี ก็จะถูกนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาปัจจุบันทันที ถ้าไม่มี ก็จะพยายามหาวิธีในการจัดการกับปัญหานั้น ด้วยสัญลักษณ์เพื่อออกมาเป็นคำตอบ เมื่อได้คำตอบแล้ว ปัญหา คำตอบ และวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะถูกเก็บไว้เพื่อใช้อ้างอิงต่อไป สิ่งสำคัญในกระบวนการนี้ คือ การสร้างวิธีแสดงความรู้ เมื่อประสบกับปัญหาที่คุ้นเคย กระบวนการสร้างวิธีแสดงความรู้ที่เหมาะสมก็จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากมีแนวทางในการแก้ปัญหาอยู่เดิมสามารถนำมาใช้ใหม่ได้

จากความเข้าใจข้างต้น ทำให้มนุษย์มีความพยายามในการสร้างเครื่องมือ เพื่อทำหน้าที่แทนความฉลาดของมนุษย์เพื่อช่วยแก้ปัญหา เริ่มตั้งแต่ อาริสโตเติล (Aristotle) นักปราชญ์ชาวกรีก ได้พยายามเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาแบบตรรกศาสตร์ การสร้างลูกคิดของชาวบาบิโลน ต่อมามีการสร้างเครื่องคิดเลข การใช้เลขฐานสองในการคำนวณทำให้มีการสร้างเครื่องคำนวณอัตโนมัติขึ้น เมื่อมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และระบบคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งความเร็วและความสามารถในการทำงาน ซึ่งการพัฒนาจากเครื่องคิดเลขในอดีต จนการกลายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน เป็นสิ่งที่มาจากความพยายามของมนุษย์ในการสร้างเครื่องมือให้มีความฉลาดจนเกิดเป็นศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) (บุญเจริญ ศิริเนาวกุล, 2551)

ปัญญาประดิษฐ์ถือกำเนิดขึ้น ในช่วงปี ค.ศ. 1956 เมื่อ จอห์น แมคคาร์ธี (John McCarthy) ร่วมกับนักวิจัยอีกกว่า 10 ท่าน ได้ทำการวิจัยร่วมกันในมหาวิทยาลัยปรินซ์ตัน (Princeton University) โดยพยายามศึกษาวิจัยเรื่อง ทฤษฎีอัตโนมัติ (Automata Theory) โครงข่ายใยประสาท และความฉลาด และได้ตั้งชื่อให้กับศาสตร์ในสาขานี้ว่า ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งจอห์น แมคคาร์ธี (John McCarthy, 2007) ได้บัญญัติความหมายของคำว่า “ปัญญาประดิษฐ์ Artificial Intelligence)” ไว้ดังนี้

"It is the science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs. It is related to the similar task of using computers to understand human intelligence, but AI does not have to confine itself to methods that are biologically observable."

"มันคือวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ที่ทำให้เครื่องจักรมีความฉลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ฉลาด มันเกี่ยวข้องกับภารกิจที่เหมือนกันของการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อเข้าใจความฉลาดของมนุษย์ แต่ปัญญาประดิษฐ์ก็ไม่จำกัดอยู่กับวิธีที่ได้จากการสังเกตได้จากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น"

นอกจากนี้ยังมีผู้ให้นิยามของปัญญาประดิษฐ์ไว้อีกจำนวนมาก แต่โดยสรุปแล้ว ปัญญาประดิษฐ์ คือ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในการสร้าง หรือจำลองความคิด และพฤติกรรมต่าง ๆ ให้กับเครื่องจักรโดยเลียนแบบมนุษย์ เพื่อนำมาทำงานแทนหรือช่วยมนุษย์ทำงาน

อย่างไรก็ดี ในงานหลาย ๆ อย่างนั้น คอมพิวเตอร์สามารถทำได้ดีกว่ามนุษย์อยู่แล้ว เช่น งานด้านการคำนวณ ความเร็วในการทำงาน ซึ่งในระบบปัญญาประดิษฐ์นั้น จะเน้นที่งานที่มนุษย์สามารถทำได้ดีกว่าคอมพิวเตอร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความฉลาด เช่น การเรียนรู้และเข้าใจจากประสบการณ์ การตอบสนองต่อความคลุมเครือหรือขัดแย้ง ความสามารถที่จะตอบสนองต่อสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างรวดเร็วและประสบผลสำเร็จ ความสามารถในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือความสามารถในการคิดและใช้เหตุผล งานด้านปัญญาประดิษฐ์จำแนกได้เป็น 2 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคของการค้นหา (Search) และการแสดงความรู้ (Knowledge Representation) และ 2) ด้านการประยุกต์ใช้งานในการแก้ปัญหา

ด้านการค้นหาของปัญญาประดิษฐ์ ที่เป็นการค้นหาสิ่งที่ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากสิ่งที่ต้องการค้นหาจำนวนนับไม่ถ้วน เทคนิคที่ใช้คือการค้นหาแบบฮิวริสติก (Heuristic Search) ส่วนการแสดงความรู้ เป็นการหารูปแบบทางสัญลักษณ์ ที่ใช้สำหรับการแสดงองค์ความรู้ ซึ่งสามารถเข้าใจได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ หรือเรียกได้ว่า เป็นการสร้างภาษาที่สามารถนำมาใช้อธิบายความรู้ที่มีอยู่ในโลก

สำหรับแนวคิดเรื่องความฉลาดของคอมพิวเตอร์ อลัน ทัวริง (Alan Turing) เป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของวิทยาการคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ โดยให้ความสนใจในเรื่องกระบวนการในการคำนวณ มากกว่าการใช้ตรรกศาสตร์ในคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว ซึ่งจากแนวคิดนี้ จึงได้สร้างสัญลักษณ์มาสร้างเป็นเครื่องคำนวณในจินตภาพ (Abstract Computational Device) ที่เรียกว่าเครื่องจักรทัวริง (Turing Machine) ในปี พ.ศ. 2493 และ

เขาได้ตีพิมพ์บทความเรื่อง “Computing Machinery and Intelligence” เพื่อนำเสนอแนวคิดในการทดสอบความฉลาดของคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า การทดสอบของทัวริง (Turing Test) จนเป็นที่ยอมรับมาจนถึงปัจจุบัน แนวคิดการทดสอบนี้ คือ การตัดสินให้มีผู้สนทนากับผู้ถูกทดสอบตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป โดยการถาม-ตอบ ผ่านเครื่องพิมพ์ที่เชื่อมต่อถึงกันหมด เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ตัดสินทราบว่าใครเป็นใครบ้าง ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เข้าร่วมถูกทดสอบร่วมด้วย โดยผู้ตัดสินไม่ทราบว่าเป็นเครื่องจักรแล้ว ก็แสดงว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านการทดสอบ และสามารถแสดงให้เห็นถึงความฉลาดเท่ากับมนุษย์ (บุญเจริญ ศิริเนาวกุล, 2551)

ปัญหาโดยทั่วไปของการจำลองหรือการสร้างปัญญาประดิษฐ์นั้น ถูกแบ่งออกเป็นสาขาย่อย ๆ จำนวนมาก แต่ที่ได้รับการสนใจศึกษาเป็นพิเศษ ได้แก่

- **การแทนความรู้ (Knowledge representation)**

การแทนความรู้ คือ การนำเสนอความรู้ ให้อยู่ในรูปที่เครื่องจักรสามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากมนุษย์แทนความรู้โดยใช้ภาษา ระบบด้านปัญญาประดิษฐ์ จึงสร้างภาษาสำหรับแทนความรู้ขึ้นมา ภาษาที่ใช้แทนความรู้มีมากมายหลายวิธีในปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งการแทนความรู้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ความรู้ที่แน่นอน (Certain Knowledge) เช่น การแทนความรู้ด้วยตรรกศาสตร์ และความรู้ที่มีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง (Uncertain Knowledge) เช่น ฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic) และเครือข่ายแบบเบย์ (Bayesian Networks)

- **ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)**

เป็นการศึกษาเรื่องการสร้างระบบความรู้ของปัญหาเฉพาะอย่าง เช่น การแพทย์หรือวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์ของระบบนี้ คือ ทำให้เสมือนมีมนุษย์ผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาและตอบคำถามเกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ งานวิจัยด้านนี้มีจุดประสงค์หลักว่า ไม่ต้องพึ่งมนุษย์ในการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้ว ระบบผู้เชี่ยวชาญยังต้องพึ่งมนุษย์เพื่อให้ความรู้พื้นฐานในช่วงแรก ซึ่งระบบงานในเรื่องนี้ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานหลายเรื่อง เช่น การแทนความรู้ การให้เหตุผล และการเรียนรู้ของเครื่อง

- **การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)**

การเรียนรู้ของเครื่อง เป็นการศึกษาขั้นตอนวิธีคอมพิวเตอร์ที่ขั้นตอนวิธีจะถูกปรับปรุงอย่างอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้จากประสบการณ์ พัฒนามาจากการศึกษาการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognigion) เกี่ยวข้องกับการศึกษาและการสร้างขั้นตอนวิธีที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลและทำนายข้อมูลได้ ขั้นตอนวิธีนั้นจะทำงานโดยอาศัยแบบจำลองที่สร้างมาจากชุดข้อมูลตัวอย่าง เพื่อการทำนายหรือตัดสินใจในภายหลัง การเรียนรู้ของเครื่องสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหมาย ไม่ว่าจะเป็นการกรองอีเมลขยะ การรู้จำตัวอักษร เครื่องมือค้นหา และคอมพิวเตอร์วิทัศน์

- **การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing)**

การประมวลผลภาษาธรรมชาติ คือ การทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีความสามารถที่จะอ่านและเข้าใจภาษาที่มนุษย์ใช้ในชีวิตประจำวัน ระบบที่สามารถประมวลผลภาษาธรรมชาติได้มีประสิทธิภาพเพียงพอจะทำให้มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่ใช้ภาษาธรรมชาติ และหาความรู้ได้โดยตรงจากแหล่งข้อมูลที่มนุษย์เขียน เช่น หนังสือพิมพ์ เว็บไซต์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยตรงกับการค้นข้อมูล การตอบคำถาม และการแปล

วิธีการโดยทั่วไปของการประมวลผลและดึงเอาความหมายมาจากภาษาธรรมชาติ คือ การทำดัชนีความหมาย นอกจากนี้ การเพิ่มความเร็วในการประมวลผลและลดขนาดของข้อมูลที่จะจัดเก็บก็ทำให้การค้นหาดัชนีจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของมนุษย์ เพื่อเลียนแบบการทำงานซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อน หรือมีปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งของผู้ให้บริการ ผู้รับบริการ และความยุ่งยากต่อการจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ (Runtong Zhang, 2005) โดยใช้แนวคิดของระบบปัญญาประดิษฐ์ ทั้งนี้แนวคิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาปัญหาที่มีความคลุมเครือและไม่แน่นอน รวมทั้งใช้ศึกษาปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อน คือ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ซึ่งเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ เช่น ด้านการแพทย์ ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม ซึ่งทั้งนี้การประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป มีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดมากขึ้นและสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พยุง มีสัจ, 2556)

2.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับระบบฟัซซี (Fuzzy Logic)

ตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ในงานด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม ฟัซซี่ลอจิกถูกคิดค้นโดย ลอทฟี อเลียสเกอร์ ซาเดท (Lotfi Aliasker Zadeh) ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซี่ลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่หลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งคลุมเครือ (Fuzzy) ไม่ชัดเจน (Exact) เช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัยเด็กแยกจากกันแน่ชัดช่วงใด วัยทารกอาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปี บางคนอาจตีความว่าทารกวัยทารกอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็กและวัยรุ่นก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรจะอยู่ในช่วงใด อาจตีความหมายว่าวัยเด็กมีอายุอยู่

ในช่วง 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี สิ่งเหล่านี้เป็นตัวอย่างของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนนี้เรียกว่า ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)

จากแนวคิดของซาเดท เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ มากมาย ได้มีนักวิจัยได้คิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้ฟัซซีโดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ และมีการนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอีกมากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่น ๆ ซึ่งในยุคปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสำคัญกับศาสตร์นี้มากขึ้น โดยได้มีการทุ่มงบประมาณให้กับการวิจัยมากขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ เช่น ในโครงการอวกาศนาซ่า (NASA) และโครงการด้านการทหาร (พยุง มีสัจ, 2555)

ตัวอย่างรูปแบบกฎฟัซซีสำหรับการควบคุมวาล์วปิด เปิด ในระบบควบคุมระดับน้ำ

Rule1: If (level is *okay*) then (valve is *no_change*) (1)

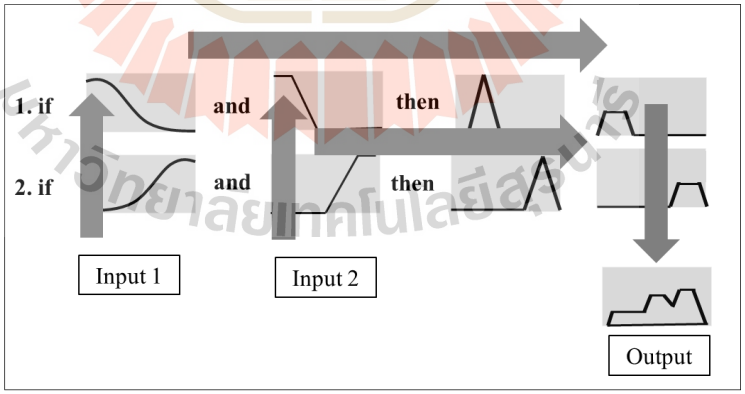
Rule2: If (level is *low*) then (valve is *open_fast*) (1)

Rule3: If (level is *high*) then (valve is *close_fast*) (1)

Rule4: If (level is *good*) and (rate is *negative*), then (valve is *close_slow*) (1)

Rule5: If (level is *good*) and (rate is *positive*), then (valve is *open_slow*) (1)

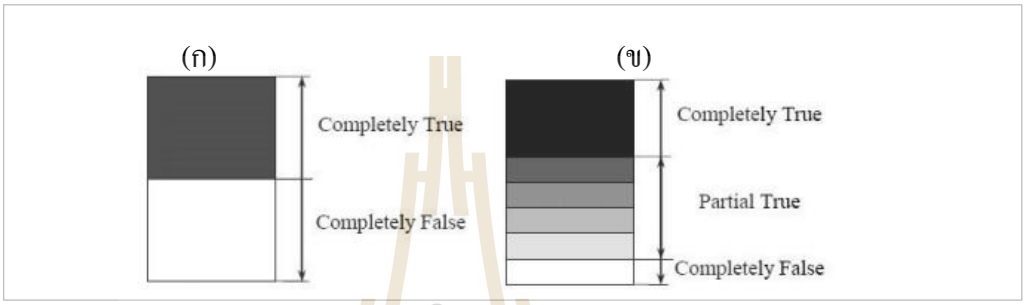
ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ระบบการอนุมานผลแบบฟัซซี

2.2.2 พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี

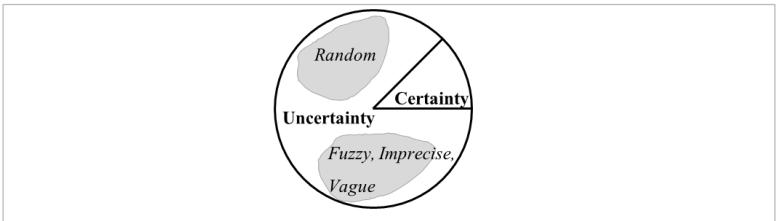
ตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy Logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial True) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely True) กับเท็จเท่านั้น ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 (ก) ตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) และ (ข) ตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy Logic)

ความเป็นฟัซซี (Fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (Multivalence) ซึ่งมีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า และแตกต่างกับไบวาลานซ์ (Bivalence) ที่มีค่าความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึงความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่ไม่ใช่เพียง 2 กรณีเท่านั้น โดยทฤษฎีของฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (Linguistic) มากกว่าปริมาณตัวแปร (Quantitative)

แนวทางในการตัดสินใจของปัญหาทั้งหมดเพียงส่วนน้อยที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (Certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอน ซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่ม และความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซี หรือความคลุมเครือ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมมนุษย์ที่จะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลัก ดังรูปที่ 2.15

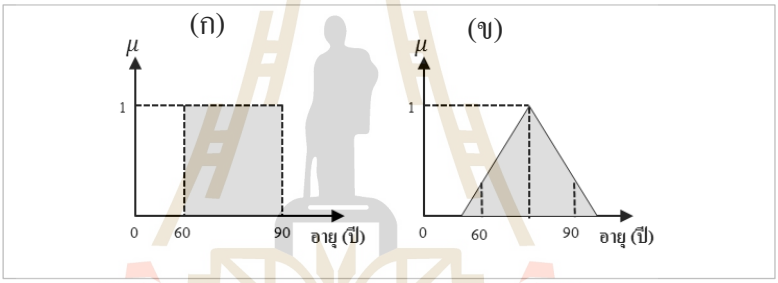


รูปที่ 2.15 ความไม่แน่นอน

ฟัซซีจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความคลุมเครือ ความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกของมนุษย์ เพื่อพิจารณาส่วนต่าง ๆ ในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ (Decision Making) โดยอาศัยความเป็นสมาชิก (Set Membership)

2.2.3 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตแบบคลุมเคลือ และจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ (Classical Set) หรือเซตทวินัย (Crisp Set) โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น แต่จะมีเซตแบบฟัซซีด้วย ซึ่งจะมีขอบเขตแบบไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด จากขาวเป็นดำทันที เช่น นิยามคำว่าผู้ป่วยสูงอายุในเซตทวินัย (Crisp Set) อาจจะกำหนดเป็นคนที่มีอายุตั้งแต่ 60 ถึง 90 ปี โดยหากนิยามแบบฟัซซีอาจกำหนดเป็นคนที่มีอายุประมาณ 70 ปี ซึ่งเป็นการให้นิยามที่แสดงถึงความไม่แน่นอน ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิก (ก) เซตทวินัย (Crisp Set) และ (ข) เซตฟัซซี (Fuzzy Set)

นิยามของฟัซซีเซต กำหนดให้ X เป็นเซตไม่ว่าง ฟัซซีเซต A สามารถแสดงลักษณะเฉพาะได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \tag{2-64}$$

เมื่อ $\mu_A(x)$ สามารถตีความเป็นค่า ของความเป็นสมาชิกภาพของตัวประกอบ x ในฟัซซีเซต A สำหรับแต่ละ $x \epsilon X$ ฟัซซี A สามารถเขียนเป็นเซตของสมาชิกลำดับ (Tuples)

$$A = \{(x, \mu_A(A)) | x \epsilon X\} \tag{2-65}$$

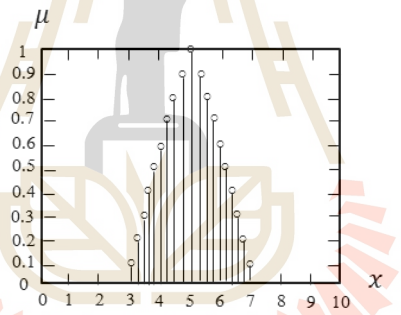
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อ A หมายถึงฟัซซีเซต A x หมายถึงสมาชิกของเซต (Set Membership) $\mu_A(x)$ หมายถึงฟังก์ชันของความเป็นสามาชิก (Membership Function) $\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย $A(x)$ x หมายถึงเอกภพสัมพัทธ์ (Universe of Discourse) หรือประชากร

ถ้า $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ เป็นเซตจำกัด และ A เป็นฟัซซีใน x ซึ่งเป็นตัวแปรวิยุตหรืออดิสครีต (Discrete) และจำกัด โดยมีสัญลักษณ์ (Notation) ของฟัซซีเซต A เขียนได้เป็น

$$A = \left\{\frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \cdots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n}\right\} = \left\{\sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}\right\} \tag{2-66}$$

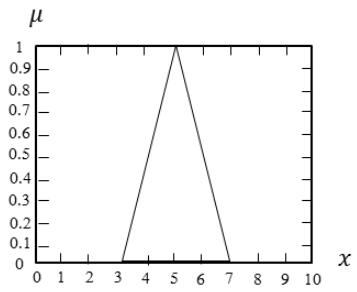
เมื่อพจน์ $\frac{\mu_A(x_i)}{x_i}, i = 1,2, \dots, n$ หมายถึงค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x_i)$ ในเซต A และเครื่องหมายบวก “+” หมายการยูเนียน (Union)



รูปที่ 2.17 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซีแบบแบบดิสครีต (Discrete) ของเซต A

ถ้าเอกภพสัมพัทธ์ X เป็นต่อเนื่อง (Continuous) สัญลักษณ์ของฟัซซีเซต A เขียนได้เป็น

$$A = \left\{\int \frac{\mu_A(x)}{x}\right\} \tag{2-67}$$



รูปที่ 2.18 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกฟัซซีแบบแบบต่อเนื่อง (Continuous) ของเซต A

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซียอมให้มีค่าหรือดีกรีความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0,1] โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซต ไปอยู่ในเขตของสมาชิกต่าง ๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ฟังก์ชันจัดเทียบ (Mapping Function) วัถตุในโดเมนใด ๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต

ความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต มีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ และเซตแบบฉบับหรือเซตแบบทวินัย (Crisp Set) จะกำหนดตามดังสมการ 2-68

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, x \epsilon A \\ 0, x \notin A \end{cases} \tag{2-68}$$

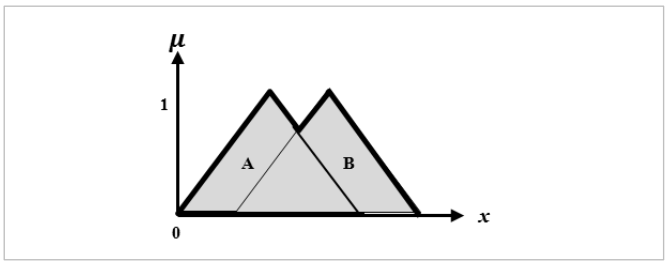
เมื่อ x หมายถึงสมาชิกในเซต (Set Member) $\mu_A(x)$ หมายถึงฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) และ A หมายถึงฟัซซีเซต A

2.2.4 การดำเนินการทางฟัซซีเซต

การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติของแบบดั้งเดิม มีการดำเนินการ (Operation) คือ ยูเนียน (Union) อินเตอร์เซกชัน (Intersection) และคอมพลีเมนต์ (Complement)

2.2.4.1 ยูเนีย (Union) ของฟัซซีเซต จะเป็น OR operation ดังสมการที่ 2-69 และรูปที่ 2.19

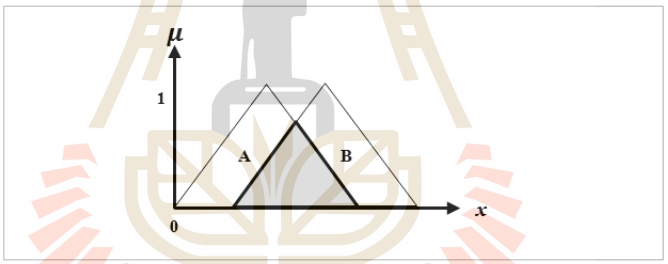
$$\begin{aligned} \mu_{A \cup B}(x) &= \mu_A(x) \cup \mu_B(x) \\ &= max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \end{aligned} \tag{2-69}$$



รูปที่ 2.19 ยูเนียน (Union) ของฟัซซีเซต A และ B

2.2.4.2 อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซต จะเป็น AND Operation แสดงดังสมการที่ 2-70 และรูปที่ 2.20

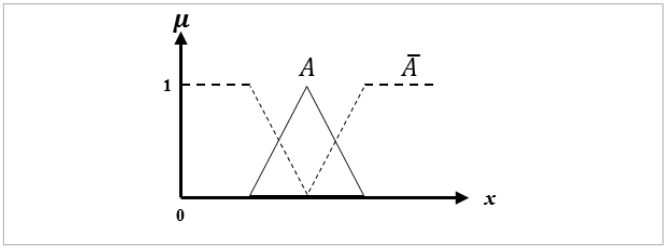
$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2\text{-}70)$$



รูปที่ 2.20 อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซต A และ B

2.2.4.3 คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต แสดงดังสมการที่ 2-71 และรูปที่ 2.21

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2\text{-}71)$$



รูปที่ 2.21 คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต A

คุณสมบัติพื้นฐานของเซตฟัซซี

เซตฟัซซีมีคุณสมบัติตามเซตแบบดังเดิม ได้แก่

Commutative $A \cup B = B \cup A$ (2-72)

$A \cap B = B \cap A$ (2-73)

Associativity $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$ (2-74)

$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cap C$ (2-75)

Distributivity $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ (2-76)

$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$ (2-77)

Idemptency $A \cup A = A$ และ $A \cap A = A$ (2-78)

Identity $A \cup 0 = A$ และ $A \cap X = A$ (2-79)

$A \cup 0 = 0$ และ $A \cap X = X$ (2-80)

Transitivity ถ้า $A \subseteq B, B \subseteq C$ แล้ว $A \subseteq C$ (2-81)

Involution $\bar{\bar{A}} \subseteq A$ (2-82)

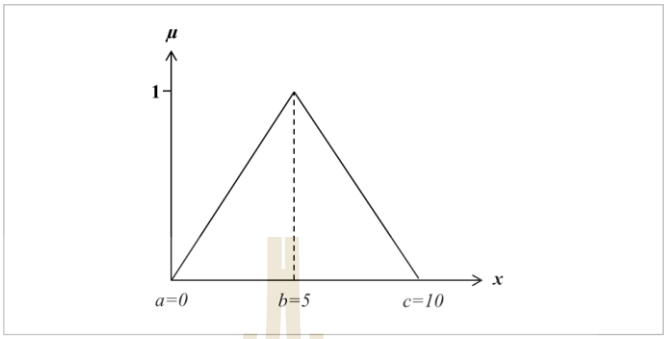
2.2.5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด ซึ่งในการศึกษานี้จะกล่าวเพียง 6 ชนิดที่สำคัญ (พยุง มีสัจ, 2555) ดังนี้

2.2.5.1 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) มี 3 พารามิเตอร์ คือ {a,b,c} ดังแสดงในสการที่ 2-83 และรูปที่ 2.22

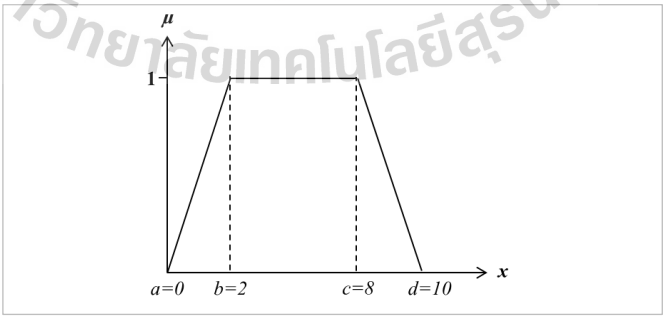
$$triangular(x: a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x < b \\ (c-x)/(c-b), & b \le x < c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2\text{-}83)$$



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) เมื่อกำหนดให้ *a=0, b=5* และ *c=10*

2.2.5.2 ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function) มี 4 พารามิเตอร์ คือ {a,b,c,d} ดังแสดงในสมการที่ 2-84 และรูปที่ 2.23

$$trapezoidal(x: a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x < b \\ 1, & b \le x < c \\ (d-x)/(d-c), & c \le x < d \\ 0, & x \ge d \end{cases} \quad (2\text{-}84)$$

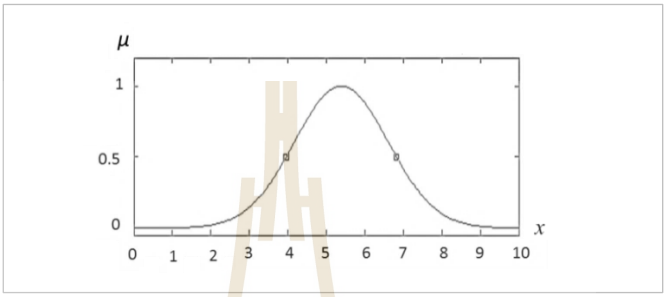


รูปที่ 2.23 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function) เมื่อกำหนดให้ a=0, b=2, c=8 และ d=10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.5.3 ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Membership Function) มี 2 พารามิเตอร์ คือ $\{\sigma, m\}$ ซึ่ง σ หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ m หมายถึงค่าเฉลี่ย ดังแสดงในสมการที่ 2-85 และรูปที่ 2.24

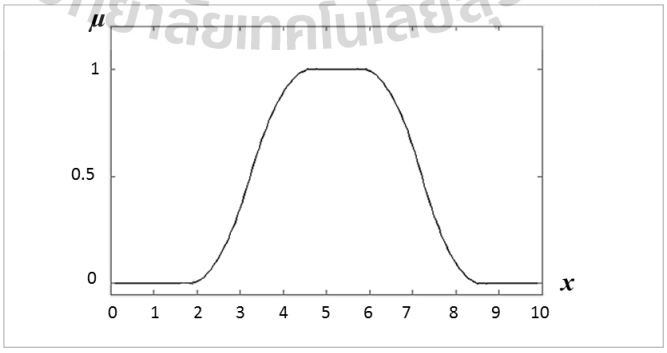
$$guassian(x: m, \sigma) = exp\left(-\frac{(x-m)^2}{x\sigma^2}\right) \tag{2-85}$$



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Membership Function) เมื่อกำหนดให้ $m = 5$ และ $\sigma = 1$

2.2.5.4 ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped Membership Function) มี 3 พารามิเตอร์ คือ $\{a, b, c\}$ โดย c เป็นจุดกลาง a และ b เป็นค่ากำหนดรูปร่างของฟังก์ชัน ดังแสดงในสมการที่ 2-86 และรูปที่ 2.25

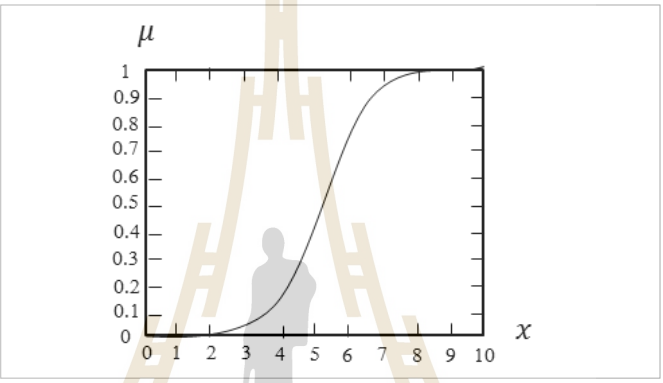
$$bell - shaped(x: a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \tag{2-86}$$



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped Membership Function) เมื่อกำหนดให้ a=2, b=4 และ c=5

2.2.5.5 ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function) มี 2 พารามิเตอร์ คือ $\{a, b\}$ ดังแสดงในสมการที่ 2-87 และรูปที่ 2.26

$$S(x: a, b) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \le x \le b \\ 1, & x \ge b \end{cases} \quad (2\text{-}87)$$

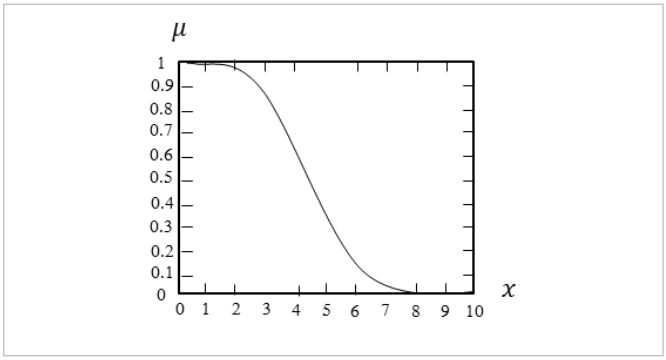


รูปที่ 2.26 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Smooth Membership Function) เมื่อกำหนดให้ a=2 และ b=8

2.2.5.6 ฟังก์ชันตัวแซด (Z-Membership Function) มี 2 พารามิเตอร์ คือ $\{a, b\}$ ดังแสดงในสมการที่ 2-88 และรูปที่ 2.27

$$Z(x: a, b) = \begin{cases} 1, & x \le a \\ 1-2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2, & a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2, & \frac{a+b}{2} \le x \le b \\ 0, & x \ge b \end{cases} \quad (2\text{-}88)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

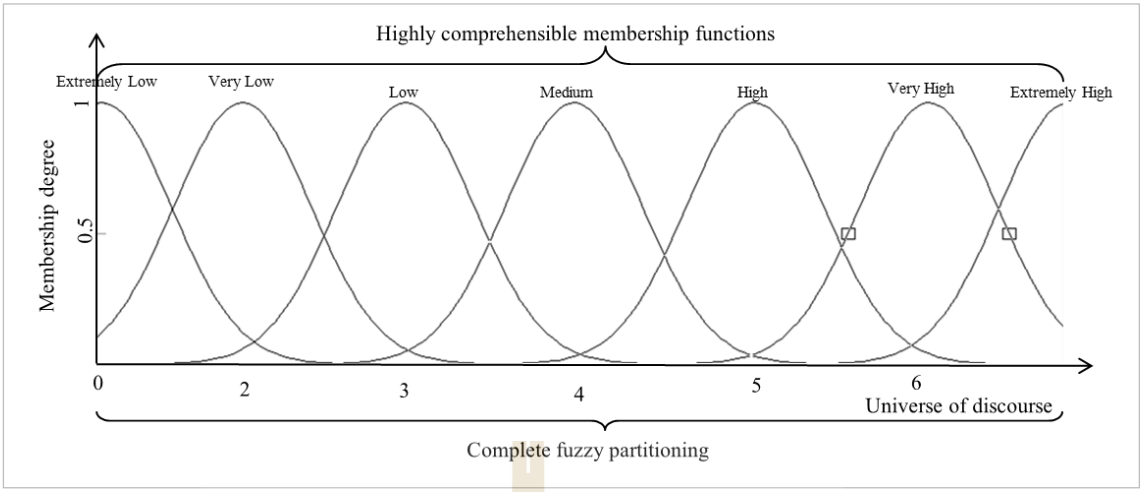


รูปที่ 2.27 ตัวอย่างกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Z-Membership Function)
เมื่อกำหนดให้ a=2 และ b=8

2.2.6 ตัวแปรเชิงภาษา

เซตแบบฟัซซีสามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบายค่าของตัวแปรเช่นเดียวกับเซตแบบดั้งเดิม เช่น ประโยค “ผู้ป่วยเก่ามารับบริการรักษา” คำว่า “ผู้ป่วยเก่า” เป็นคำที่ใช้แสดงประเภทของผู้ป่วยว่าเป็นผู้ป่วยที่เคยมารับบริการแล้ว ในทางรูปนัยสามารถเขียนได้เป็น ผู้มารับบริการเป็นผู้ป่วยเก่า หรือ PatientCase is Follow-Up ตัวแปร PatientCase เป็นตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variable) ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญมากในตรรกะแบบฟัซซี ตัวแปรเชิงภาษาช่วยกำหนดค่าของสิ่งที่จะอธิบายในรูปคุณภาพโดยใช้พจน์ภาษา (Linguistic Term) และในรูปปริมาณ โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ซึ่งแสดงแบบเซตฟัซซี พจน์ภาษาใช้สำหรับการแสดงแนวคิดและองค์ความรู้ในการสื่อสารของมนุษย์ ส่วนฟังก์ชันการเป็นสมาชิกมีประโยชน์ในการจัดการกับข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข

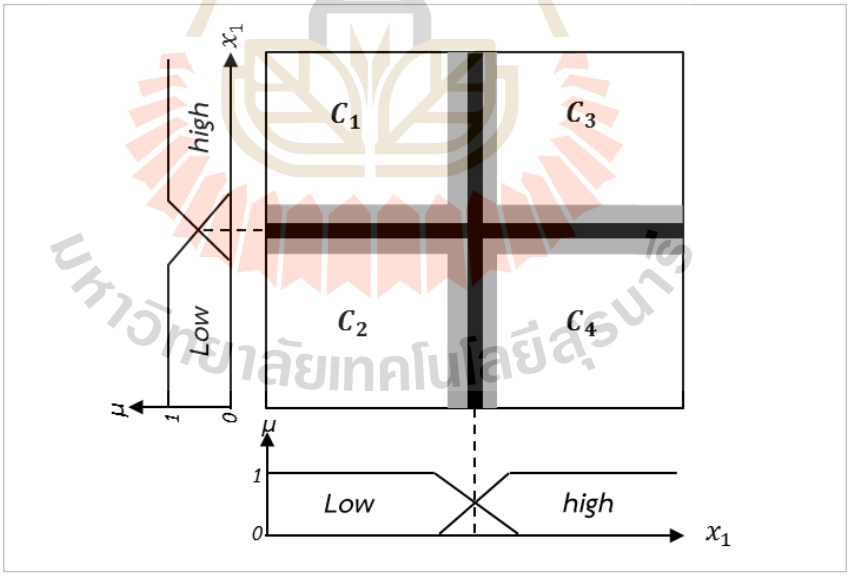
ตัวแปรเชิงภาษาเป็นการประกอบกัน (Composition) ของตัวแปรสัญลักษณ์ (Symbolic Variable) และตัวแปรเชิงเลข (Numerical Variable) ตัวอย่างตัวแปรสัญลักษณ์ เช่น “รูปร่างเป็นทรงกระบอก” (Shape=Cylinder) คำว่า รูปร่าง เป็นตัวแปรที่บอกถึงรูปร่างของวัตถุ ตัวอย่างของตัวเปรเชิงเลข เช่น “ความสูงเท่ากับ 4 ฟุต” (Height=4’) ตัวแปรเชิงเลขจะมีใช้กันในสาขางานด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ การแพทย์ และอื่น ๆ ส่วนตัวแปรสัญลักษณ์มีความสำคัญในวิทยาการเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การตัดสินใจและอธิบายเหตุผล การใช้ตัวแปรเชิงภาษาเป็นการรวมตัวแปรเชิงเลขกับตัวแปรสัญลักษณ์เข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.28 แสดงตัวอย่างเซตตัวแปรภาษาของเซตฟัซซี ได้แก่ Extremely Low, Very Low, Low, Medium, High, Very High และ Extremely High



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างตัวแปรเชิงภาษา

2.2.7 กฎฟัซซี

วิทยาการเกี่ยวกับฟัซซีลอจิกมีจำนวนมาก แต่ที่นิยมและมีการประยุกต์ใช้งานมากที่สุด คือ กฎฟัซซีแบบ ถ้า-แล้ว (Fuzzy If-Then Rule) ตัวอย่างกฎการในการแยกกลุ่ม ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 ตัวอย่างปริภูมิรูปแบบการจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี

จากรูปที่ 2.29 สามารถเขียนเป็นกฎในรูปแบบประโยคภาษาได้ดังนี้

กฎข้อ 1: ถ้า x_1 มีค่า low และ x_2 มีค่า low แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_1

กฎข้อ 2: ถ้า x_1 มีค่า low และ x_2 มีค่า $high$ แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_2

กฎข้อ 3: ถ้า x_1 มีค่า $high$ และ x_2 มีค่า low แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_3

กฎข้อ 4: ถ้า x_1 มีค่า $high$ และ x_2 มีค่า $high$ แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_4

เมื่อ x_1 เป็นตัวแปรภาษาในมิติที่ 1, x_2 เป็นตัวแปรภาษาในมิติที่ 2, low และ $high$ เป็นพจน์ภาษา (Linguistic Terms), ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นคู่ลำดับของวัตถุที่ต้องการจัดกลุ่ม และ C_1, C_2, C_3 และ C_4 เป็นกลุ่มข้อมูล 1,2,3 และ 4

2.2.8 กระบวนการหาเหตุผลในระบบกฎฟัซซี

ในระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มีวิธีการหลายวิธีที่จะแสดงองค์ความรู้ของมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตรรกะ (Logic) เฟรม (Frames) โครงข่ายความหมาย (Semantic nets) ออนโทโลยี (Ontology) และกฎ (Rule) ซึ่งแบบหลังสุดเป็นวิธีที่นิยมในระบบฟัซซี

2.2.8.1 รูปแบบกฎฟัซซี ในระบบฟัซซีองค์ความรู้สามารถแสดงในรูปประโยค

ถ้า ข้อตั้ง (ข้อนำ) **ดังนั้น** ข้อยุติ (ข้อตาม)

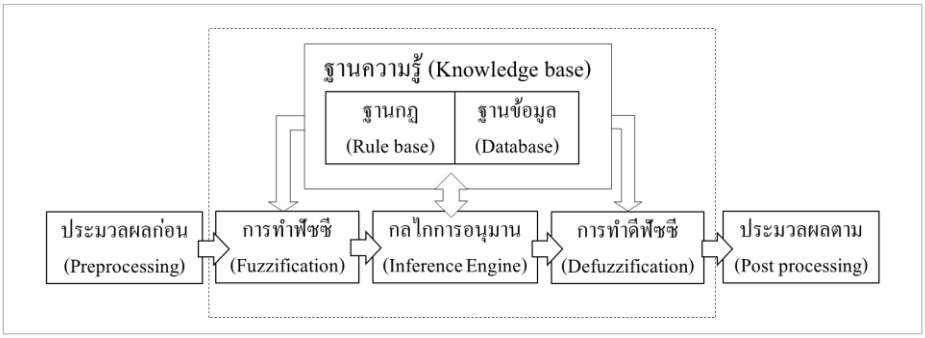
IF premise (antecedent), THEN conclusion (consequent)

เช่น $Rule_i$: If x_1 is A_{i1} and x_s is A_{i2} … and x_n is A_{in} THEN y is B_i

จากข้อความข้างต้นรู้จักกันในรูปแบบ “รูปแบบฐานกฎถ้า-ดังนั้น (IF-THEN rule-base form)” หรือรูปแบบนิรนัย (Deductive Form) ในรูปแบบการแสดงอนุมาน หาทราบความจริง (ข้อตั้ง ข้อสมมุติฐาน หรือข้อนำ) แล้วก็สามารถอนุมาน หรือหาข้อสรุปความจริงอีกอย่างหนึ่งที่เรียกว่า ข้อยุติหรือข้อตาม การแสดงรูปแบบองค์ความรู้นี้เรียกว่า ความรู้ตื้น (Shallow Knowledge) ซึ่งค่อนข้างมีความเหมาะสมในบริบทของภาษาเนื่องจากเป็นการแสดงประสบการณ์ของมนุษย์และความรู้เชิงศึกษาสำนึก (Heuristics) ในรูปแบบประโยคภาษามนุษย์ที่ใช้ในการสื่อสารทั่วไปแต่ไม่เป็นรูปแบบความรู้ที่ลึกล้ำแบบที่เป็นการรู้เอง เป็นโครงสร้าง เป็นฟังก์ชันหรือเป็นพฤติกรรมของวัตถุรอบ ๆ ตัว ที่เรียกว่า อุปนัย (Inductive)

ระบบกฎฟัซซีเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ในการจัดรูปแบบของระบบที่ซับซ้อนที่สามารถสังเกตได้โดยมนุษย์ เพราะระบบเหล่านี้สามารถแสดงด้วยตัวแปรภาษาในข้อนำและข้อตามของกฎได้ ตัวแปรภาษาสามารถนำแสดงเชิงธรรมชาติด้วยฟัซซีเซตและตัวเชื่อมตรรกะของเซตเหล่านั้น

2.2.8.2 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี โครงสร้างพื้นฐานการประมวลผลแบบฟัซซี แสดงดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี

รายละเอียดโครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซีในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1) การประมวลผลก่อน (Preprocessing) เป็นขั้นตอนเตรียมข้อมูลนำเข้าจากระบบจริง เพื่อให้มีความเหมาะสมกับระบบของฟัซซี โดยปกติแล้วข้อมูลนำเข้าจะเป็นค่าเชิงตัวเลขและไม่ได้มีค่าในรูปภาษา จึงจำเป็นต้องมีการประมวลผลก่อน เพื่อปรับค่านำเข้าให้มีความเหมาะสม

2) การทำฟัซซี (Fuzzification) ค่าข้อมูลนำเข้าที่ได้จากการประมวลผลก่อนจะถูกให้แปลงเป็นค่าความเป็นสมาชิกจากฟังก์ชันสมาชิกต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบ แล้วทำการรวมผลลัพธ์ของข้อมูลนำเข้าเหล่านั้น ตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้

3) ส่วนฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database)

- **ฐานกฎ (Rule Base)** ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎเชิงภาษา (Linguistic Rule) กฎในระบบฟัซซีถือเป็นหัวใจในการดำเนินการควบคุม กฎดังกล่าวสามารถมาจากเงื่อนไขที่หลากหลาย รวมไปถึงสามารถให้ผลลัพธ์มากกว่า 1 ผลลัพธ์ ระบบฟัซซีที่ข้อมูลนำเข้าและข้อมูลนำออกมากกว่าหนึ่ง จะเรียกว่า MIMO (Multi-Input Multi-Output) ในขณะที่ระบบฟัซซีที่มีเพียงหนึ่งข้อมูลนำเข้าและข้อมูลนำออก จะเรียกว่า SISO (Single-Input Single-Output) โดยปกติแล้ว ระบบที่เป็น SISO จะทำการควบคุมค่าความผิดพลาดเพียงอย่างเดียว ในบางกรณีอาจจะมีการใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงหรือค่าสะสมของค่าความผิดพลาดร่วมด้วย แต่จะยังคงเรียกว่าเป็นข้อมูลนำเข้าเดียว เนื่องจากทั้งอัตราการเปลี่ยนแปลงหรือค่าสะสมดังกล่าวนั้นมาจากข้อมูลนำเข้าค่าความผิดพลาดเพียงค่าเดียว แนวคิดของการใช้ฐานกฎในระบบฟัซซีจะทำให้ระบบที่ได้มีความใกล้เคียงกับการทำงานจริงของระบบมนุษย์

- **ฐานข้อมูล (Database)** เป็นการจัดเตรียมข้อมูลส่วนที่จำเป็น ได้แก่ ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกและพารามิเตอร์ต่าง ๆ

4) กลไกการอนุมาน (Inference Engine) กฎฐานต่าง ๆ ที่กำหนดไว้จะถูกอนุมานเป็นผลลัพธ์ในการตัดสินใจของระบบ เมื่อตัดสินใจได้แล้ว การดำเนินงานที่สอดคล้องกับการตัดสินใจนั้นก็จะดำเนินต่อไป ผลลัพธ์การตัดสินใจที่ได้ยังคงอยู่ในเทอมของค่าเชิงภาษา ซึ่งจะถูกแปลงเป็นค่าที่ใช้งานจริงในขั้นตอนต่อไป

5) การทำดีฟัซซี (Defuzzification) ผลลัพธ์ที่ได้จากกลไกการอนุมานจะอยู่ในรูปเชิงภาษา เช่น “เร็วที่สุด” “ช้าที่สุด” ผลลัพธ์ดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นค่าที่สอดคล้องกับการทำงานของระบบจริง

6) การประมวลผลตาม (Post Processing) ข้อมูลนำออกที่ได้จากระบบฟัซซีจะต้องถูกปรับให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริง

2.2.8.3 การหาเหตุผลแบบฟัซซีทั่วไป

กำหนดให้ระบบฟัซซีหนึ่งมี n อินพุต และ 1 เอาต์พุต ประกอบด้วยกฎดังนี้

Rule$_1$: IF x_1 is A_{11} AND x_2 is A_{12} AND … AND x_n is A_{1n} THEN y is B_1

Rule$_2$: IF x_1 is A_{21} AND x_2 is A_{22} AND … AND x_n is A_{2n} THEN y is B_2

…

Rule$_L$: IF x_1 is A_{L1} AND x_2 is A_{L2} AND … AND x_n is A_{Ln} THEN y is B_L

เมื่อ $x = [x_1, x_2, \ldots, x_n]^T$ เป็นตัวแปรอินพุต และ y เป็นตัวแปรเอาต์พุตของระบบ A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของระบบ (Linguistic Terms) ของข้อตั้ง (Antecedent) เมื่อ i เป็นกฎข้อที่ *i, i=1,..L,* และ j เป็นมิติที่ *j, j=1,…,n* และให้ B_i เป็นพจน์ภาษา (Linguistic Terms) ของข้อตาม (Consequent)

ขั้นตอนการประมวลผลของระบบฟัซซีเพื่อหาเหตุผล โดยทั่วไปมีรูปแบบการทำงานเป็น 5 ส่วน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การแปลงค่าอินพุตทั่วไปเป็นค่าฟัซซี (Fuzzification) เป็นการคำนวณค่าฟัซซีผ่านฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเพื่อหาค่าดีกรีระหว่าง 0 ถึง 1

2) การรวมค่าฟัซซีจากส่วนข้อสมมุติฐาน (Combining) เป็นการรวมค่าฟัซซีจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ในส่วนข้อสมมุติฐานของกฎข้อเดียวกันเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวดำเนินการ Fuzzy AND (Min) หรือ Fuzzy OR (Max) ทำเป็นค่าดีกรีเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ส่งออกไปจากส่วนข้อสมมุติฐาน

3) การตีความ (Implication) เป็นการใช้ค่าดีกรีฟัซซีสนับสนุนจากทั้งกฎเพื่อกำหนดค่ารูปร่างของฟัซซีเอาต์พุตของกฎ ข้อตามของกฎฟัซซีเป็นสิ่งที่กำหนดฟัซซีเซตที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอาต์พุตซึ่งแสดงโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ถูกกำหนดไว้เพื่อแสดงปริมาณของข้อตาม ถ้าข้อสมมุติฐานถูกต้องเพียงบางส่วน (ค่าฟัซซีต่ำกว่า 1) ฟัซซีเอาต์พุตจะถูกตัดออกไป วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความ ได้แก่ Max-Min method และ Max-Dot method

4) การรวมค่าฟัซซีเอาต์พุตจากกฎทุกข้อ (Aggregation) เป็นการรวมค่าจากข้อตามหรือข้อสรุปของกฎทุกข้อเพื่อเป็นฟัซซีเซตของระบบทั้งหมดด้วยวิธี Fuzzy OR

5) การทำค่าฟัซซีเป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นการทำค่าฟัซซีเอาต์พุตที่รวมจากกฎทุกข้อเป็นค่าปกติที่ใช้ในงานจริง

สำหรับขั้นตอนที่ 1) ถึง 4) เป็นขั้นตอนของวิธีการทั่วไปสำหรับการประมวลผลแบบฟัซซีและขั้นตอนที่ 5) เป็นทางเลือกสำหรับการทำให้ค่าฟัซซีเอาต์พุตเป็นค่าปกติ

จากรูปประโยค IF-THEN สามารถตีความโดยแยกเป็นส่วน ๆ ซึ่งประกอบด้วยตัวเชื่อมตรรกะ “and”, “or” ตัวอนุมาน “then”

จากอินพุต $x_1 = x'_1, x_2, = x'_2, \dots, x_n = x'_n$ สามารถสรุปหา $y = B$ ได้ โดยหาเอาต์พุตของกฎแต่ละข้อ

กฎข้อที่ i จากระบบฟัซซีนี้

Rule$_i$: IF x_1 is A_{i1} AND x_2 is A_{i2} AND … AND x_n is A_{in} THEN y is B_i

จากประโยค If x is A then y is B มีความสัมพันธ์กับฟัซซี R ตามวิธี Mamdani’s Implication เป็น $\mu_R(x,y) = min[\mu_A(x), \mu_B(y)]$

$$u_{R_i}(x_1, x_2, \dots, x_n, y) = (A_{i1} \times A_{i2} \times \cdots \times A_{in} \rightarrow B_i)(x_1, x_2, \dots, x_n, y)$$
$$= \left(\mu_{A_{i1}}(x_1) \wedge \mu_{A_{i2}}(x_2) \wedge \cdots \wedge \mu_{A_{in}}(x_n)\right) \rightarrow \mu_{B_i}(y) \quad (2\text{-}89)$$

$$\mu_{B'_i}(y) = \left(\mu_{A_{i1}}(x'_1) \wedge \mu_{A_{i2}}(x'_2) \wedge \cdots \wedge \mu_{A_{in}}(x'_n)\right) \wedge \mu_{B_i}(y) \quad (2\text{-}90)$$

จากนั้นรวมฟัซซีเอาต์พุตจากกฎแต่ละข้อเข้าด้วยกัน ด้วยการยูเนียน ดังสมการ 2-91

$$\mu_B(y) = \bigcup_{i=1}^{L} \mu_{B'_i}(y) = \mu_{B'_1}(y) \vee \mu_{B'_2}(y) \vee \cdots \vee \mu_{B'_L}(y) \quad (2\text{-}91)$$

ดังนั้นฟัซซีเซตเอาต์พุต จะหาได้จาก

$$
\begin{aligned}
B(y) = \; & \left[\left(\mu_{A_{11}}(x_1') \wedge \mu_{12}(x_2') \wedge \cdots \wedge \mu_{A_{1n}}(x_n')\right) \wedge \mu_{B_1}(y)\right] \vee \\
& \left[\left(\mu_{A_{12}}(x_1') \wedge \mu_{22}(x_2') \wedge \cdots \wedge \mu_{A_{2n}}(x_n')\right) \wedge \mu_{B_2}(y)\right] \vee \\
& \cdots \vee \left[\left(\mu_{A_{L1}}(x_1') \wedge \mu_{L2}(x_2') \wedge \cdots \wedge \mu_{A_{Ln}}(x_n')\right)\right. \\
& \left. \wedge \mu_{B_L}(y)\right] \vee
\end{aligned}
\tag{2-92}
$$

สรุปขั้นตอนการประมวลผลเพื่อหาเหตุผลแบบฟัซซี

- รับข้อมูลอินพุต $x_1 = x_1', x_2 = x_2', \ldots, x_n = x_n'$
- ทำการแปลงค่าอินพุตเป็นค่าฟัซซี $\mu_{A_{i1}}(x_1'), \mu_{A_{i2}}(x_2'), \ldots, \mu_{A_{in}}(x_n')$
- หาค่าฟัซซี (firing strength) จากข้อตั้ง ของกฎแต่ละข้อ
  $\alpha_i = \mu_{A_{i1}}(x_1') \wedge \mu_{A_{i2}}(x_2') \wedge \ \ldots \wedge \mu_{A_{in}}(x_n')$
- คำนวณค่าฟัซซีเอาต์พุตจากกฎแต่ละข้อ
  $\mu_{B_i'}(y) = min\left[\left(\mu_{A_{i1}}(x_1') \wedge \mu_{A_{i2}}(x_2') \wedge \cdots \wedge \mu_{A_{in}}(x_n')\right), \mu_{B_i}(y)\right]$
- คำนวณค่าฟัซซีเอาต์พุตรวมทุกกฎในระบบ
  $\mu_B(y) = \mu_{B_1'}(y) \vee \mu_{B_2'}(y) \vee \cdots \vee \mu_{B_L'}(y)$
- แปลงค่าฟัซซีเอาต์พุตเป็นค่าแบบทั่วไป

2.2.8.4 การทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าทั่วไป

การทำค่าค่าฟัซซีให้เป็นค่าทั่วไป (Defuzzification) มีหลายวิธีดังนี้

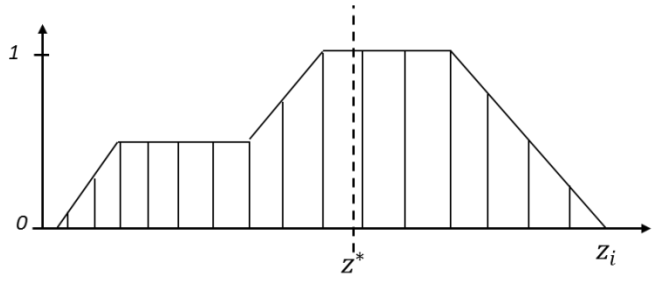
1) วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Method) หรือวิธีค่าพื้นที่กลาง (Centroid of Area) โดยเป็นการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของพื้นที่ใต้กราฟฟัซซี ซึ่งเป็นที่ได้จากการตีความ ค่าที่ได้จะประมาณเทียบเคียงค่าจุดศูนย์ถ่วงโดยรวม (Central of Gravity: cog) จะหาค่าได้จากการประมาณค่า ดังสมการที่ 2-93

$$
z^* = \frac{\sum_{i=1}^{N} \mu_C(z_i) \cdot z_i}{\sum_{i=1}^{N} \mu_C(z_i)}
\tag{2-93}
$$

โดยที่

z^*	คือ	ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนค่าฟัซซีเป็นค่าปกติ
N	คือ	จำนวนจุดที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก
$\mu_C(z_i)$	คือ	ค่าฟัซซีของข้อมูลนำออกในฟัซซีเซตตำแหน่งที่ i
z_i	คือ	ค่าจริงภายใต้กราฟฟัซซีตำแหน่งที่ i

งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าทั่วไปด้วยวิธีถ่วงน้ำหนัก

2) วิธีแบ่งครึ่งของพื้นที่ (Bisector of Area) ค่าข้อมูลนำออกที่ได้จากระบบฟัซซีเป็นค่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ใต้กราฟฟัซซี หาค่าได้ดังสมการที่ 2-94

$$z^* = \left\{ z_j \left| \sum_{i=1}^{J} \mu_C(z_i) \geq \frac{\sum_{i=1}^{N} \mu_C(z_i)}{2} \right. \right\} \tag{2-94}$$

3) วิธีค่าน้อยสุดของค่าสูงสุด (Smallest Absolute Value of Maximum) ดังสมการที่ 2-95

$$z^* = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^{M} z_j}{M} \middle| z_j \in \max(\mu_C(z_i)) \right\} \tag{2-95}$$

4) วิธีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด (Mean Value of Maximum) เป็นการหาข้อมูลนำออกที่จะเป็นค่าทั่วไปจากระบบฟัซซี ที่คำนวณจากค่าน้อยที่สุดของค่าขนาดในโดเมนจริง ที่มีค่าดีกรีเป็นค่าสมาชิกสูงสุด ดงสมการที่ 2-96

$$z^* = \{ z_j | J = \arg \min_{abs(z_i)} [\max(\mu_C(z_i))] \} \tag{2-96}$$

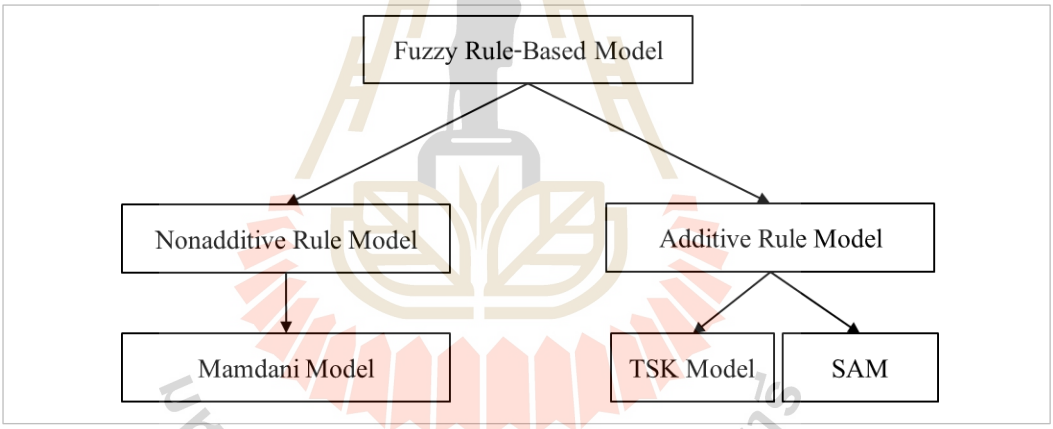
5) วิธีค่ามากสุดของค่าสูงสุด (Largest Absolute Value of Maximum) เป็นการหาค่าข้อมูลนำออกที่จะเป็นค่าทั่วไปจากระบบฟัซซี ที่คำนวณจากค่ามากที่สุดของค่าในโดเมนจริงที่มีดีกรีความเป็นสมาชิกสูงสุด ดังสมการที่ 2-97

$$z^* = \{z_j | J = \arg \max_{abs(z_i)} [\max(\mu_C(z_i))]\} \quad (2\text{-}97)$$

2.2.8.5 ชนิดของระบบกฎฟัซซี

ในการประมาณค่าฟังก์ชัน (Function Approximation) ระบบกฎฟัซซีมี 3 รูปแบบได้แก่ 1) รูปแบบ Mamdani 2) รูปแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) และ 3) รูปแบบ Standard Addtitive Model (SAM)

รูปแบบ Mamdani รวมผลการอนุมานของกฎโดยวิธีการซ้อนทับ จากกฎหลาย ๆ ข้อ ซึ่งไม่เป็นแบบบวกกัน จึงเรียกระบบแบบนี้ว่าเป็น Nonaditive Rule Model แต่สำหรับ TSK และ SAM มีการอนุมานแบบรวมน้ำหนัก (Weighhted Sum) จากหลาย ๆ กฎ เพื่อรวมเป็นข้อสรุปสุดท้าย จึงเรียกระบบแบบนี้ว่า Additive Rule Model การจัดกลุ่มของระบบกฎแบบฟัซซีแสดงดังรูปที่ 2-32



รูปที่ 2.32 กลุ่มของระบบกฎฟัซซี

2.3 แนวคิดการจำลองปัญหา (Simulation Techniques)

การจำลอง (Simulation) เป็นวิธีการหาคำตอบที่แพร่หลายมากที่สุดวิธีหนึ่งในปัจจุบัน เนื่องจากเทคนิคการจำลองสถานการณ์มีความยืดหยุ่นสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคในการหาคำตอบอื่น ๆ รวมทั้งวิวัฒนาการทางด้านคอมพิวเตอร์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนผลักดันวิธีการนี้ให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้นกว่าในอดีต

เทคนิคการจำลองสถานการณ์เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างหรือจำลองขั้นตอนในการทำงานของกระบวนการหรือระบบ ซึ่งหากมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองปัญหาจะพบว่ากระบวนการต่าง ๆ สามารถดำเนินการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว โดยนำมาซึ่งผลของการการศึกษาและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบด้วยลักษณะการจำลองการทำงานด้วยวิธีหรือขั้นตอนที่แตกต่างกันจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดการตัดสินใจใช้วิธีการที่เหมาะสมได้ในที่สุด กระบวนการในการทดลองด้วยการจำลองนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 2.33

รูปที่ 2.33 การทดลองด้วยการจำลอง

2.3.1 ระบบและตัวแบบจำลอง

ระบบ (System) หมายถึง กลุ่มของสิ่งต่าง ๆ (Entities) ที่มีความสัมพันธ์กันและกระทำกิจกรรมให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เรียกสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นคน อุปกรณ์ เครื่องจักร วัตถุดิบ เงินทุน เป็นต้น ว่าสมาชิก (Elements) หรือองค์ประกอบ (Components) การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของสมาชิกในระบบหรือการดำเนินงานของระบบอาจต้องเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับองค์ประกอบภายนอกที่เรียกว่า สิ่งแวดล้อมของระบบ (System Environment)

ดังนั้นในการสร้างตัวแบบจำลองระบบ นอกจากจะต้องรู้ถึงความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันระหว่างสมาชิกในระบบแล้วยังต้องรู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมของระบบด้วย สมาชิกแต่ละหน่วยมีคุณสมบัติหรือมีลักษณะเฉพาะ (Attributes) และมีกิจกรรม (Activities) ที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ (Events) ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบ เรียกว่า ทำให้สถานะ (States) ของระบบเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบอธิบายได้ด้วยค่าของตัวแปรที่เรียกว่าตัวแปรสถานะ (State Variables) จะอธิบายระบบ ณ เวลาหนึ่ง ๆ เช่น ระบบธนาคาร ตัวแปรสถานะที่เป็นไปได้ ได้แก่ จำนวนผู้รับบริการในธนาคารทั้งที่กำลังรับบริการและที่กำลังคอยรับบริการ และ

จำนวนพนักงานเคาน์เตอร์ที่กำลังให้บริการ สำหรับระบบสินค้าคงเหลือ ตัวแปรสถานะ ได้แก่ ปริมาณสินค้าคงเหลือเมื่อสิ้นวัน และปริมาณสินค้าติดค้างผู้รับบริการ เป็นต้น

เหตุการณ์ คือ การกระทำหรือกิจกรรมเมื่อเกิดขึ้นจะทำให้สถานะของระบบหรือตัวแปรสถานะมีค่าเปลี่ยนแปลง เช่น การเข้ามาของผู้รับบริการ ณ เวลาหนึ่ง ๆ ถือเป็นเหตุการณ์ที่มีผลทำให้สถานะของจำนวนผู้รับบริการในธนาคารเปลี่ยนไป และการขายสินค้าออกไปก็มีผลทำให้สถานะจำนวนสินค้าในคลังเปลี่ยนไป เหตุการณ์บางเหตุการณ์เป็นเหตุการณ์เกิดขึ้นภายในระบบ แต่บางเหตุการณ์จะเกิดขึ้นภายนอกระบบ หรือเกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมของระบบ

ระบบสามารถจำแนกออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) และระบบต่อเนื่อง (Continuous System)

- ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) เป็นระบบที่มีค่าของตัวแปรสถานะจะเปลี่ยนแปลงเฉพาะบางจุดของเวลา ไม่ได้เกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น ธนาคารเป็นระบบไม่ต่อเนื่อง จะเห็นได้ว่า สถานะของระบบ จำนวนผู้รับบริการในธนาคารจะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีผู้รับบริการเข้า หรือผู้รับบริการออกเท่านั้น

- ระบบต่อเนื่อง (Continuous System) เป็นระบบที่ค่าของตัวแปรสถานะจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ระดับน้ำหลังเขื่อนผลิตไฟฟ้า ระดับน้ำจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อันเกิดจากการใช้ผลิตไฟฟ้า การปล่อยออกเพื่อควบคุมระดับน้ำ ฝนตก และเกิดจากการระเหย เป็นต้น

ในการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาโดยใช้การจำลองระบบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) เนื่องจากตัวแบบแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชที่ศึกษานั้น สถานะของระบบจะเปลี่ยนไปเมื่อมีผู้รับบริการเข้ามารับบริการในระบบ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ในการแก้ปัญหาของระบบหรือการศึกษาวิเคราะห์ระบบ เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ หรือเพื่อที่จะทำนายผลการดำเนินงานของระบบจากการใช้นโยบายใหม่ หรือในการออกแบบระบบนั้น บางครั้งอาจเป็นไปได้ที่จะทดลองกับระบบจริงที่เป็นอยู่ อย่างไรก็ตามอาจทำไม่ได้เสมอไป เช่น ถ้าเป็นระบบใหม่ระบบนั้นอาจยังไม่มีอยู่จริงเป็นเพียงข้อเสนอ และถึงแม้ระบบที่ศึกษาจะมีอยู่จริง ก็อาจทำไม่ได้ที่จะทดลองกับระบบจริง เนื่องจากเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมากเกินควร หรืออาจทำให้เกิดความเสียหายอย่างมาก เช่น ไม่เป็นการคุ้มค่าถ้าหากจะขยายโรงงานออกไปทันทีและล้มเลิกในภายหลังเมื่อไม่ประสบผลสำเร็จ ในด้านเศรษฐกิจของประเทศ อาจเป็นไปไม่ได้ที่จะเพิ่มอัตราการว่างงานของคนในประเทศจริง ๆ ทันทีเพื่อที่จะศึกษาผลกระทบของการว่าจ้างต่ออัตราเงินเฟ้อ และในกรณีธนาคารถ้าลดจำนวนพนักงานเคาน์เตอร์จริง ๆ ทันที เพื่อศึกษาผลกระทบจากความยาวของแถวคอย (Waiting Lines) อาจทำ

ธนาคารต้องเสียผู้รับบริการ เพราะผู้รับบริการเกิดความไม่พอใจที่ต้องคอยนาน เพราะฉะนั้น การศึกษาวิเคราะห์หรือออกแบบระบบ บ่อยครั้งจะทำโดยการศึกษาทดลองกับตัวแบบจำลองระบบ

นิยามตัวแบบ (Model) ว่าเป็นแบบจำลองหรือออกแบบระบบ ตัวแบบที่ดีควรประกอบด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นหรือมีรายละเอียดเพียงพอที่จะให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องเกี่ยวกับระบบจริง ทั้งนี้ไม่จำเป็นว่าตัวแบบนั้นจะต้องมีรายละเอียดทั้งหมดของระบบจริง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิเคราะห์ระบบ วัตถุประสงค์ที่ต่างกันอาจได้ตัวแบบที่มีรายละเอียดหรือองค์ประกอบต่างกัน จะใช้วัตถุประสงค์เป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตของระบบและแสดงรายละเอียดของตัวแบบ

ตัวแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Simulation Models) จัดเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของตัวแบบจำลองได้เป็น ตัวแบบสถิตหรือตัวแบบพลวัต (Static หรือ Dynamic Model) ตัวแบบเชิงกำหนดหรือตัวแบบความน่าจะเป็น (Deterministic หรือ Probabilistic Model) และตัวแบบไม่ต่อเนื่องหรือตัวแบบต่อเนื่อง (Discrete หรือ Continuous Model)

- ตัวแบบจำลองสถิต (Static Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองระบบ ณ เวลาหนึ่ง หรือเป็นตัวแบบจำลองที่เวลาไม่มีบทบาท หรือไม่มีตัวแปรเวลา ซึ่งสถานะของระบบไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา
- ตัวแปรจำลองแบบพลวัต (Dynamic Simulation Model) จะมีตัวแปรเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สถานะของระบบเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา
- ตัวแบบจำลองระบบแบบเชิงกำหนด (Deterministic Simulation Model) เป็นตัวแบบที่ไม่มีตัวแปรสุ่ม (Random Variables) ตัวแปรประเภทนี้จะได้ผลลัพธ์ที่มีความแน่นอน เช่น หากป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องจักรเป็นอัตราคงที่แน่นอนทุก ๆ 5 นาที ถือว่าการเข้ามาของวัตถุดิบมีสภาพคงที่
- ตัวแบบจำลองระบบที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอน (Probabilistic หรือ Stochastic Simulation Model) เป็นตัวแบบที่ประกอบด้วยตัวแปรสุ่มอย่างน้อยหนึ่งตัว ตัวแบบประเภทนี้ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเชิงสุ่ม (Random Outputs) ซึ่งหมายความว่า ผลลัพธ์หรือค่าต่าง ๆ ที่ได้จะมีความไม่แน่นอน เพราะฉะนั้นโดยปกติช่วงระยะเวลาห่างระหว่างการเข้ามา (Interarrival Times) ไม่แน่นอนมีการแจกแจกความน่าจะเป็นและสำหรับเวลาให้บริการ (Service Times) ผู้รับบริการแต่ละคนจะมีระยะเวลาไม่เท่ากัน มีการแจกแจงความน่าจะเป็น เพราะฉะนั้น ค่าวัดมักจะอยู่ในรูปแบบของค่าเฉลี่ย เช่น ความยาวแถวคอยโดยเฉลี่ย และเวลารอคอยโดยเฉลี่ย
- ตัวแบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Simulation Model) และตัวแบบจำลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Simulation Model) มีนิยามคล้ายกันกับระบบไม่ต่อเนื่องและระบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ต่อเนื่องที่นิยามไว้ข้างต้น คือ ตัวแบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่อง ค่าของตัวแปรสถานะหรือตัวแปรตาม (Dependent Variables) จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเฉพาะบางจุดของเวลา ส่วนตัวแบบจำลองแบบต่อเนื่อง ค่าของตัวแปรสถานะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น การศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีและการศึกษาตำแหน่งและความเร็วของยานอวกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษา ตัวแปรจำลองแบบพลวัต (Dynamic Simulation Model) เนื่องจากมีตัวแปรเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง สถานะของระบบเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ค่าของตัวแปรในการศึกษา สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น ลักษณะความสำคัญอาการป่วย หรือสถานะการให้บริการของหน่วยให้บริการที่จะเปลี่ยนไปตามหน่วยรับบริการที่เข้ามา

2.3.2 วิธีการเคลื่อนเวลาของการจำลองระบบแบบไม่ต่อเนื่อง

องค์ประกอบที่สำคัญในการจำลองระบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง คือ ตัวแปร (Variables) และเหตุการณ์ (Events) โดยทั่วไปจะมีตัวแปร 3 ประเภท คือ (1) ตัวแปรเวลา (Time Variables) เป็นตัวแปรแทนระยะเวลาการดำเนินการที่ผ่านไป (2) ตัวแปรนับจำนวน (Counter Variables) มีได้หลายตัวแปร เป็นตัวแปรจำนวนครั้งเกิดเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง และ (3) ตัวแปรสถานะ (State Variables) ของระบบ เช่น จำนวนผู้มารับบริการในโรงพยาบาลเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจะมีผลทำให้ค่าของตัวแปรเหล่านี้เปลี่ยนไปได้ หรือต้องปรับค่าของตัวแปรให้เป็นค่าที่ทันสมัย การเกิดขึ้นของเหตุการณ์อาจมีช่วงระยะเวลาห่างกันคงที่เท่ากัน หรือไม่คงที่ ซึ่งในกรณีไม่คงที่ มักจะพบในระบบแบบไม่แน่นอน หรือระบบความน่าจะเป็น ดังนั้นในการจำลองระบบจะมีกลไกสำหรับเคลื่อนเวลา ดังนี้ (1) วิธีเคลื่อนเวลาเป็นช่วงห่างคงที่เท่ากัน (Fixed Time Increment Method) และ(2) วิธีเคลื่อนเวลาแบบช่วงห่างไม่คงที่ หรือวิธีเหตุการณ์ต่อไป (Variable Time Increment Method หรือ Next Event Method)

วิธีเคลื่อนเวลาแบบช่วงห่างคงที่ เวลาของการจำลองจะเคลื่อนไปครั้งละเท่า ๆ กัน และในแต่ละช่วงเวลาเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น จะเสมือนว่าเกิดขึ้นพร้อมกัน ณ ปลายช่วงเวลาและจะมีการบันทึกสถิติ หรือ ข้อมูลต่าง ๆ ณ ปลายช่วงเวลาหนึ่ง ๆ วิธีการเคลื่อนเวลาแบบนี้เหมาะกับการจำลองระบบที่สนใจผลลัพธ์รวมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา

วิธีเคลื่อนเวลาแบบช่วงห่างไม่คงที่หรือแบบเหตุการณ์ต่อไป เวลาของการจำลองจะเคลื่อนไปจากตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งเวลาเกิดเหตุการณ์ต่อไป ซึ่งในช่วงเวลาห่างระหว่างเกิดเหตุการณ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ วิธีการนี้สนใจในรายละเอียดของการเกิดเหตุการณ์ ซึ่งทุกครั้งที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้นจะมีการคำนวณ บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือปรับค่าของตัวแปรต่าง ๆ ให้ทันสมัย

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการเคลื่อนเวลาแบบช่วงห่างไม่คงที่หรือแบบเหตุการณ์ต่อไป เนื่องจากการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ของระบบบริการทางจิตเวชเป็นระบบไม่คงที่ เช่น ระยะเวลาการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการหรือเวลาให้บริการแต่ละรายไม่เท่ากัน

2.3.3 การตรวจสอบแบบจำลอง

ขั้นตอนในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ประกอบด้วย การทวนสอบ (Verification) และการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Validation) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.3.3.1 การทวนสอบ (Verification) เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้นด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ กับแบบจำลองตามกรอบแนวคิด (Conceptual Model) ขั้นตอนการทวนสอบนี้ ในทางคอมพิวเตอร์เรียกว่า การดีบั๊กกิง (Debugging) คือ การตรวจสอบความถูกต้องในการประมวลผลของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น (จุฑา พิชิตลำเค็ญ, 2558) โดยทั่วไปสามารถทำได้ดังนี้

1) การให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบแบบจำลอง หรืออธิบายการทำงานของแบบจำลองให้ผู้เชี่ยวชาญฟังอย่างละเอียดที่ละมอดูล (Strucured Walk Through)

2) ตรวจสอบข้อมูลนำออก (Output) ของแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากระบบจริง หรือค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีอื่น เช่น การคำนวณผ่านสมการตัวแบบแถวคอยที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งค่าที่ได้อาจจะมีค่าไม่เท่ากัน แต่ไม่ควรต่างกันมากนัก

3) ประมวลผลแบบจำลองภายใต้สถานการณ์สุดโต่ง เช่น การใช้ค่าคงที่ค่ามากสุด หรือค่าน้อยสุดในกการศึกษา

4) ให้มีการเข้ามาของตัวแปร 1 ครั้ง แล้วติดตามสิ่งนั้นไปตลอดการจำลอง เช่น การสังเกตการใช้ทรัพยากรในระบบถูกต้องหรือไม่ เวลาที่ใช้ในแต่ละจุดให้บริการเป็นอย่างไร มีเส้นทางการเดินถูกหรือไม่ เป็นต้น

5) วิเคราะห์ความไว (Sensitivetity Analysis) กับตัวแปรสำคัญ ๆ เพื่อทดสอบว่าข้อมูลนำออก (Output) เปลี่ยนตามในทิศทางที่ควรจะเป็นหรือไม่

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การทวนสอบ (Verification) ทั้ง 5 วิธี กล่าวคือ อธิบายขั้นตอนการทำงานของมอดูลการจำลองสถานการณ์ให้กับแพทย์ พยาบาล อย่างละเอียด และแก้ไขหากขั้นตอนใดไม่ถูกต้อง ใช้วิธีตรวจสอบข้อมูลนำออก (Output) ของผลลัพธ์ที่ได้จากจำลองสถานการณ์การให้บริการผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้เปรียบเทียบผลต่างกับชุดข้อมูลการให้บริการจากระบบบริการจริง ใช้การเข้ามาของตัวแปร 1 ครั้ง แล้วติดตามสิ่งนั้นไปตลอดการจำลองสถานการณ์ (Debugging) และทดลองใช้ค่ามากสุดและน้อยสุดในการจำลองสถานการณ์ ในช่วงของการพัฒนามอดูล รวมถึงการวิเคราะห์ความไว (Sensitivetity Analysis) กับตัวแปรสำคัญ คือ อัตราการให้บริการว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ขณะจำลองสถานการณ์

2.3.3.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Validation) เป็นการตรวจสอบเพื่อทำให้มั่นใจว่า แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบที่ต้องการศึกษาในระดับความละเอียดที่เหมาะต่อการตัดสินใจ เช่น การศึกษาเวลาการให้บริการของแพทย์ ก็ไม่จำเป็นต้องจำลองส่วนอื่น ๆ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผล มีดังนี้

1) นำเสนอแบบจำลองต่อผู้ที่มีความคุ้นเคยกับระบบจริง โดย

- อธิบายข้อมูลต่าง ๆ ในภาษาที่คนทั่วไปเข้าใจได้ ใช้ศัพท์วิชาการให้น้อย
- แสดงผ่านภาพเคลื่อนไหว (Animation) ประกอบการนำเสนอ เนื่องจากภาพเคลื่อนไหว เป็นเครื่องมือสื่อสารที่ช่วยให้ผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับการจำลองสถานการณ์เข้าใจแบบจำลองได้ง่ายขึ้นและมีความเชื่อถือมากขึ้นด้วย
- แสดงค่าดัชนีชี้วัดที่ประมวลผลได้จากแบบจำลองให้กับผู้ที่คุ้นเคยกับระบบจริง เพื่อให้พิจารณาว่าค่าเหล่านั้นสมเหตุสมผลหรือไม่

2) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแปลงค่าจากข้อมูลนำเข้า (Input) เป็นข้อมูลนำออก (Output) โดย

- พัฒนาแบบจำลองของระบบปัจจุบันที่เป็นอยู่ ก่อนปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบ
- เก็บค่าดัชนีชี้วัดของระบบจริง เช่น เวลารอคอย หรือเวลารวมในระบบ
- เปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดที่ประมวลผลด้วยแบบจำลองกับค่าที่เก็บได้จริงด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ หรือพิจารณาความเชื่อมั่น เน้นการตรวจสอบข้อมูลนำออก (Output) มากกว่าข้อมูลนำเข้า (Input) ที่ใช้สร้างแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Validation) ด้วยวิธีนำเสนอผลการจำลองสถานการณ์ต่อผู้ที่มีความคุ้นเคยกับระบบจริง โดยนำเสนอแพทย์และพยาบาลที่ให้บริการที่แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ และใช้การตรวจสอบความสมเหตุสมผลการแปลงค่าจากข้อมูลนำเข้า (Input) เป็นข้อมูลนำออก (Output) โดยเปรียบเทียบค่าจากระบบให้บริการจริง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

R.J. Li and E.S. Lee. (1989) ได้ศึกษาแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในสภาพแวดล้อมแบบฟัซซี (Fuzzy) โดยวิเคราะห์ตัวแบบแถวคอยแบบ M/F/1 และ FM/FM/1 ตามหลักการของซาเดท (Zadeh's extension principle) และห่วงโซ่มาร์คอฟแบบฟัซซี (Fuzzy Markov chains) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเสมือนจริง (realistic) ของตัวแบบแถวคอยแบบฟัซซี มากกว่าตัวแบบแถวคอยแบบปกติ (crisp queues) ในหลาย ๆ สถานการณ์

Yannis A. Phillis and Runtong Zhang (1999) ศึกษาเรื่อง Fuzzy Service Control of Queuing System โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อเลือกอัตราการให้บริการแบบพลวัตร (Dynamically) โดยให้มีต้นทุนเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยเน้นศึกษาใน 2 ประเด็น คือ จำนวนของผู้ให้บริการ (Control of The Number of Servers) และอัตราการให้บริการ (Control of The Service Rate) ซึ่งแนวทางที่ได้นำเสนอคือการนำเทคนิคของการควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Control) มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน

Seung-Chul Kim et al. (2000) ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสำหรับการให้บริการของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง เพื่อวิเคราะห์จำนวนผู้รับบริการที่ต้องการเข้ารับการรักษา โดยแบ่งผู้รับบริการที่ต้องการศึกษาออกเป็นกรณีต่าง ๆ ได้แก่ กรณีฉุกเฉิน กรณีที่เข้ารับการรักษานอกเวลาปกติ และกรณีได้รับอุบัติเหตุฉุกเฉิน โดยมีการพิจารณาจากอาการเจ็บป่วยก่อนเข้ารับการรักษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการสำรองเตียงไว้ให้ผู้ป่วยที่ต้องได้รับการรักษาได้อย่างทันที

จากนั้น ในปี 2002 ยังได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองการจัดตารางเวลาบริการของโรงพยาบาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโควต้าการใช้ห้องฉุกเฉินในการผ่าตัด โดยเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานห้องฉุกเฉินที่ผู้ป่วยมารับบริการจากที่ต่าง ๆ กัน ภายในโรงพยาบาล ผลการศึกษาสามารถจัดสรรการใช้ห้องฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับประโยชน์ทั่วทั้งองค์กร

Bin-Da Liu, Chuen-Yau Chen and Ju-Ying Tsao. (2001) ได้ศึกษาแบบจำลองตัวควบคุมแบบตรรกะฟัซซีในการป้องกันความเสี่ยงทางภาษาเพื่อลดความซ้ำซ้อนในการสร้างฟังก์ชันการเป็นสมาชิกและการพัฒนากฎ โดยอาศัยแนวคิดทางภาษาศาสตร์และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อปรับปรุงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้ทำงานแบบไดนามิก (Dynamically) ซึ่งสามารถทำให้ได้จำนวนกฎที่ลดลงแต่เพียงพอสำหรับการอนุมาน และสามารถทำงานได้ดีกว่าตัวควบคุมตกรระแบบฟัซซีทั่วไป

Qinan Wang (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบแถวคอยของผู้ป่วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลารอคอยที่นานเกินไปโดยเน้นเทคนิคการจำแนกตามระดับอาการสำคัญและความเสี่ยงของผู้ป่วยที่แตกต่างกันไปเพื่อช่วยในการวางแผนการให้การรักษาให้กับผู้ป่วย โดยจัดให้ผู้ป่วยที่มีอาการสำคัญและความเสี่ยงสูงได้รับการรักษาที่เร่งด่วน

Qingwen Liu (2005) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการคิวการเปลี่ยนแปลงสัญญาณและการเข้ารหัสแบบไร้สาย ด้วยการวิเคราะห์และออกแบบข้ามลำดับชั้น (Cross-Layer) โดยวิเคราะห์ถึงความยาวของคิวสำหรับการส่งผ่านข้อมูลการเชื่อมโยงแบบไร้สาย วิเคราะห์อัตราการสูญเสีย การส่งผ่านข้อมูลเฉลี่ย และประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณและการเข้ารหัส ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาเรื่องคอขวดของการใช้แบนด์วิดท์และพลังงาน

Aliakbar Montazer Haghighi and Dimitar P. Mishev (2006) ศึกษาเกี่ยวกับการลำเลียงและการขนถ่ายสินค้าที่สถานี รวมถึงการเข้าและการออกของสินค้าที่สถานี โดยศึกษาจากตัวแบบแถวคอยตามลำดับความสำคัญแบบขนานกับการเข้ามาแบบลำดับความสำคัญ ทั้งนี้เพื่อศึกษาการลดการว่างงานของผู้ให้บริการ และยังได้ศึกษาร่วมกับปัจจัย การไม่สามารถเข้ารับบริการได้เนื่องจากคิวเต็ม (Balking) การออกจากคิวที่กำลังให้บริการ (Reneging) ซึ่งศึกษาและปรับปรุงผ่านขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของ Disney ซึ่งมีการปรับปรุงตัวแบบเพียงเล็กน้อยแต่สามารถเติมเต็มและสามารถคำนวณในส่วนของ Balking และ Reneging ได้ดีกว่าตัวแบบของ Disney

Maria Jose Pardo and David Faouzi Kamoun (2007) ศึกษาเกี่ยวกับ เวลาที่ไม่ต่อเนื่องของระบบคิวซึ่งระบบแถวคอยที่ไม่คำนึงถึงลำดับความสำคัญตามที่กำหนดและผู้ให้บริการเดียวภายใต้การหยุดชะงักของผู้ให้บริการ รูปแบบการหยุดชะงักของผู้ให้บริการ โดยความสัมพันธ์กระบวนการมาร์คอฟแบบปิด/ปิด กับความสัมพันธ์เชิงเรขาคณิต (Geometrically Distributed) แบบเปิดและปิดตามระยะเวลา มีการพิจารณาสองชั้น เรียกว่า ความสำคัญลำดับสูงและความสำคัญลำดับต่ำ และผู้วิจัยได้เสนอเทคนิคทางเลือกและผลกระทบด้านลบของความสัมพันธ์ในกระบวนการขัดจังหวะ รวมถึงเสนอข้อมูลใหม่ที่เป็นข้อมูลเชิงลึกในการวิเคราะห์ของแถวคอยที่มีระยะเวลาไม่ต่อเนื่องกับการขัดจังหวะบริการ

De La Fuente (2007) ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบตัวแบบแถวคอยที่จำกัดพื้นที่คอยแบบคลุมเคลือบนพื้นฐานของระดับความพึงพอใจของผู้รับบริการด้วยการวิเคราะห์และการเพิ่มประสิทธิภาพแบบฟัซซี่ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ของตัวแปรต่าง ๆ ในตัวแบบแถวคอย โดยเน้นการศึกษาการเลือกจำนวนผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุด โดยศึกษาปัญหาผ่านทางห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov Chains) กับสถานะแบบฟัซซี่ ซึ่งทำให้ได้ตัวแบบแถวคอยสามารถประยุกต์ใช้ได้ในขอบเขตที่กว้างขึ้น และต่อมาในปี ค.ศ. 2008 ได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเลือก

อัตราการให้บริการที่เหมาะสมสำหรับระบบแถวคอยที่มีแหล่งการเข้ามาแบบคลุมเคลือ เนื่องจากแหล่งการเข้ามาจำกัดของตัวแบบแถวคอยมีขอบเขตที่กว้างสำหรับการประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ สถานการณ์ ซึ่งเน้นการศึกษาการวิเคราะห์และพัฒนาออกแบบตัวแบบแถวคอยฟัซซี่ซึ่งการเข้ามาแบบจำกัดในแต่ละรูปแบบการเข้ามาและรูปแบบการให้บริการตามการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียลภายใต้ความไม่แน่นอนของค่าพารามิเตอร์ โดยพิจารณาจำนวนผู้ให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ต้นทุนต่อหน่วยเวลาน้อยที่สุด เพื่อเลือกระหว่างทางเลือกที่ไม่แน่นอน และใช้ตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน และสามารถประยุกต์ใช้ได้ในงานที่กว้างขึ้น

Yung-Chung Wang, Jenn-Shing Wang and Fu-Hsiang Tsai. (2007) ได้ศึกษาพัฒนาตัวแบบแถวคอย เพื่อจัดการลำดับความสำคัญของพื้นที่พักข้อมูลแพ็กเก็ต (Buffer) โดยอาศัยเกณฑ์แบบฟัซซี และศึกษาภายใต้สถานการณ์จริง ซึ่งใช้วิธีวิเคราะห์แบบเมตริกซ์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพรวมถึงความน่าจะเป็นของการรับส่งข้อมูลที่มีความสำคัญสูงและความน่าจะเป็นของการรับส่งข้อมูลที่มีความสำคัญต่ำ ผลจากการศึกษาทำให้สามารถลดอัตราการสูญเสียแพ็คเก็ตที่มีความสำคัญสูงลดลง และสูญเสียแพ็คเก็ตที่มีลำดับความสำคัญต่ำลดลงด้วย

Zafar Zarari and Javad Tavakoli (2011) ศึกษานำเสนอแนวคิดใหม่ในการวิเคราะห์อัตราการให้บริการแบบยืดหยุ่นด้วยแนวคิดแบบฟัซซี เป็นการศึกษาตามแนวคิดของซาเดท (Zadeh, 1975) ซึ่งเน้นการควบคุมต้นทุนของระบบแถวคอย เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนของระบบสูงโดยควบคุมเวลาให้บริการ (Service Time) ให้สามารถยืดหยุ่นได้ โดยใช้เทคนิคของ Fuzzy Control โดยได้นำเสนอแนวคิดตัวแบบแถวคอยแบบใหม่ คือ M/F/1 (Poison Arrival and Fuzzy Service Rate) คือ มีอัตราเข้ามารับบริการแบบ (Arrival Rate) Poison Distribution มีอัตราการให้บริการ (Service Rate) แบบ Fuzzy Set ใช้ระเบียบแถวคอยแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS)

ผลการศึกษาจะได้ fuzzy output 2 ค่า คือ การเปิด/ปิด ของผู้ให้บริการ (Server is On/Off) และเวลาให้บริการ (Service Time) โดยการเปิด/ปิด ของผู้ให้บริการนั้นจะใช้การคำนวณจากความยาวแถว (Length of The Queue) เมื่อผลการคำนวณได้ว่าเปิดให้บริการ จึงจะนำไปสู่การคำนวณเวลาให้บริการ (Server Time) ตามสมการที่ได้จากการศึกษา และได้นำผลการศึกษาไปสร้างเป็นกฎ (Rule Base) เพื่อใช้งานต่อไป

Behnam Vahdani (2013) ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบที่น่าเชื่อถือของโครงข่ายโลจิสติกส์ภายใต้ความไม่แน่นอน ด้วยรูปแบบความเป็นไปได้แบบคลุมเคลือ สำหรับการออกแบบความน่าเชื่อถือของเครือข่ายของสถานที่แบบสองทิศทางในระบบเครือข่ายโลจิสติกส์ภายใต้ความไม่แน่นอน เป็นการใช้ประโยชน์ตัวแบบตามแนวทางประสิทธิภาพความน่าเชื่อถือเพื่อค้นหาการออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์ของตัวแบบคือให้ต้นทุนรวมและ

ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด และได้เสนอทางเลือกใหม่ คือ เสนอให้รวมแนวคิดของทฤษฎีแถวคอย Fuzzy Possibilistic Programming และ Fuzzy Multi-Objective Programming

H.S. Behera, Reena Kumari Naik and Suchilagna Parida. (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดคิวข้อมูลสำหรับหน่วยประมวลผลกลางของคอมพิวเตอร์ (CPU) โดยศึกษาขั้นตอนวิธี (Algorithm) การจัดคิวแบบตารางคิวข้อมูลย้อนกลับหลายระดับ (Multilevel Feedback Queue Scheduling) ที่สามารถเลื่อนไปมาระหว่างหลาย ๆ คิวได้ ซึ่งผลที่ได้ทำให้สามารถลดการรอที่ยาวนาน (Starvation) ของบางกระบวนการ (Process) ทำให้สามารถแทรกขึ้นมาอยู่ลำดับบนสุดได้โดยใช้เทคนิคการสรรเวลา

S. Barak and M.S. Falllahnezhad. (2012) ได้ศึกษาและนำเสนอแนวทางใหม่ในการเปรียบเทียบรูปแบบแถวคอยในสภาวะแวดล้อมแบบฟัซซีจากข้อมูลที่ได้จากสภาวะจริงของระบบเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยแบบฟัซซี เกี่ยวกับการจัดสรรพนักงานและจำนวนหน่วยให้บริการซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญในสายงานด้านการผลิต โดยใช้ตัวแบบแถวคอยแบบฟัซซี 2 รูปแบบ คือ M/M/1 และ M/E2/1 โดยศึกษาและอิงต้นทุนเป็นหลัก ซึ่งผลการศึกษาสามารถเป็นแนวทางช่วยตัดสินใจในเลือกจำนวนพนักงานและคุณสมบัติของพวกเขาได้ตามต้นทุนของระบบ

Chollette C. Chude-Olisah (2013) ศึกษาเกี่ยวกับพื้นฐานฟัซซี่ไดนามิกแบบกระจายตารางเวลาของคิวสำหรับเครือข่าย Packet Switched เนื่องจากปัญหาแอดเดรสของตารางเวลาคิวสำหรับระบบ Packet Switched เป็นลักษณะที่สำคัญของควบคุมความแออัด โดยพื้นฐานการตัดสินใจด้วยตรรกะแบบฟัซซี่ถูกนำมาใช้จัดตารางเวลาคิวเพื่อบังคับใช้ควบคุมบางระดับเพื่อให้การจราจรมีคุณรูปที่แตกต่างกันตามความต้องการบริการ โดยใช้ค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ตารางฟัซซี่ที่ได้นั้นจะคำนึงถึงการจราจรทางอินเตอร์เน็ต เวลามาถึงของแพ็กเก็ตที่ต่างกันนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย คิวที่กำหนดไว้ในตารางไว้ คือ ระดับความสำคัญต่ำ กลาง และสูง การจัดลำดับความสำคัญของแพ็กเก็ตมีผลต่อการรอคิวการให้บริการ Fuzzy Scheduler ไม่เพียงแค่จัดความสำคัญของคิวในตารางคิว แต่ยังคำนึงถึงความไวต่อการลดลงของแพ็กเก็ตและข้อจำกัดของคิว เมื่อผ่านการจำลอง Fuzzy Scheduler จะเห็นว่า มีความเหมาะสมกับการจราจรทางอินเตอร์เน็ตเมื่อเทียบกับการจัดการคิวที่มีอยู่ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การจัดตารางเวลาจะช่วยให้จำนวนแพ็กเก็ตลดลง ทำให้การเชื่อมโยงที่ดีขึ้น ความล่าช้าลดลงเมื่อเทียบกับคิวแบบลำดับความสำคัญ คิวแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) และแบบน้ำหนักของการเข้าคิว (WFQ)

Ghaida A. AL-Suhail, Turki Y. Abdallah and Omar Majid. (2012). ได้ศึกษาวิธีแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารในระบบเครือข่ายไร้สาย โดยนำเสนอตัวควบคุมแบบใหม่ Fuzzy-Logic Adaptive Queuing (FLAQ) โดยใช้ขั้นตอนวิธี (Algorithm) บนพื้นฐานของ Random Early Detection (RED) บนเครือข่ายไร้สาย ซึ่งสามารถควบคุมและทำนายอัตราแพ็คเก็ต

แบบไดนามิก (Dynamically) และหาความยาวของคิวเฉลี่ยที่สอดคล้องกัน ซึ่งวิธีการใหม่นี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารแบบไร้สายได้เป็นอย่างดี

Iqra Sattar, Muhammad Shahid and Nida Yasir. (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดคิวแบบหลายระดับและการจัดตารางเวลาแบบบเรียลไทม์ (Real time) ซึ่งในการจัดการคิวหลายระดับเพื่อแก้ปัญหาการรอที่ยาวนาน (Starvation) ของบางกระบวนการ (Process) ในการศึกษาก่อนหน้านี้ยังไม่เหมาะสมกับกระบวนการแบบเรียลไทม์ ในการศึกษานี้จึงได้เสนอแนวคิดใหม่เพื่อจัดการกับปัญหานี้ ด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) แบบคิวหลายระดับแบบกำหนดความสำคัญและเวลา (MLQPTS) ในขั้นตอนวิธีนี้กระบวนการทั้งหมดจะแสดงอยู่ในคิวและแต่ละคิวจะถูกสร้างขึ้นตามลำดับความสำคัญของแต่ละกระบวนการ (Process) โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลารอคอย เวลาการประมวลผล เวลาที่จะต้องสิ้นสุด โดยพิจารณาแตละกระบวนการ ซึ่งผลการศึกษาทำให้สมารถจัดการคิวแบบหลายระดับอย่างมีประสิทธิภาพและรองรับการทำงานแบบเรียลไทม์

M.Sivakami Sundari and S.Palaniammal. (2015) ได้ศึกษาเพื่อปรับปรุงค่าตัวแปรและทรัพยากรต่าง ๆ ในตัวแบบแถวคอยให้ที่มีความถูกต้องมากขึ้นของตัวแบบแถวคอยแบบ M/M/1 โดยศึกษาจากการจำลองผ่านเครือข่ายประสาทเทียม (ANN) โดยใช้ขั้นตอนวิธี (Algorithm) แบบ Feed Forward Back Prorogation ซึ่งให้ผลที่ถูกต้องมากขึ้นและสอดคล้องกับค่าที่คำนวณโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ปกติทั่วไป

สามารถสรุปเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี (ค.ศ)	ผู้วิจัย	ระบบเงินเดือน(P)/ระบบอื่น (G)	สร้างกฎหรือฐานความรู้แบบ Adaptive	คุณสมบัติที่เหมาะสมของทรัพยากรที่ใช้	วัตถุประสงค์						ใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์	ระเบียบแถว		แถวคอยแบบเลื่อนขั้นได้ (MLFQ)	วิธีจำลอง
					การเข้ารับบริการ	อัตราการให้บริการ	สิ้นที่รอคอย	จำนวนผู้ให้บริการ	ความน่าจะเป็น	การจัดตารางงาน		แทรกคิวได้	แทรกคิวไม่ได้		ซอฟต์แวร์ทั่วไป (A) คณิตศาสตร์ (M) พัฒนาเอง (C)
1989	R.J. Li and E.S. Lee	G	-	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	M
1999	Yannis A. Phillis and Runtong Zhang	G	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	M
2000	Seung-Chul Kim et al.	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	M
2001	Bin-Da Liu, Chuen-Yau Chen and Ju-Ying Tsao	G	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
2002	Seung-Chul Kim et al.	G	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	M
2004	Qinan Wang	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	M
2005	Qingwen Liu	G	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	M
2006	Aliakbar Montazer Haghighi and Dimitar P. Mishev	G	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	M
2007	Faouzi Kamoun	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	M
2007	Maria Jose Pardo and David de la Fuente	G	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	M

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ปี (ค.ศ)	ผู้วิจัย	ระบบงานจิตเวช(P)/ ระบบอื่น (G)	สร้างกฎหรือฐานความรู้แบบ Adaptive	คุณสมบัติที่เหมาะสมของทรัพยากรที่ใช้	วัตถุประสงค์						พัฒนาเกมคู่บนคอมพิวเตอร์	ระเบียบแถว		แถวคอยแบบเลื่อนขั้นได้ (MLFQ)	วิธีจำลอง
					การเข้ารับบริการ	อัตราการให้บริการ	สิ้นที่รอคอย	จำนวนผู้ให้บริการ	ความน่าจะเป็น	การจัดตารางงาน		แกรกดิวได้	แกรกดิวไม่ได้		ซอฟต์แวร์ทั่วไป (A) คณิตศาสตร์ (M) พัฒนาเอง (C)
2007	Yung-Chung Wang, Jenn-Shing Wang and Fu-Hsiang Tsai	G	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	M
2008	María José Pardo and David de la Fuente	G	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	M
2011	Zafar Zarari and Javad Tavakoli	G	-	-	-	✓		-	-	-	-	-	-	-	M
2012	Ghaida A. AL-Suhail, Turki Y. Abdallah and Omar Majid	G	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	A
2012	H.S. Behera, Reena Kumari Naik and Suchilagna Parida	G	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	M
2012	H.S. Behera, Reena Kumari Naik and Suchilagna Parida	G	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	M

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ปี (ค.ศ)	ผู้วิจัย	รวมกลุ่มจิตเวชหรือระบบอื่น (G)	สร้างกฎหรือฐานความรู้แบบ Adaptive	คุณสมบัติที่เหมาะสมของทรัพยากรที่ใช้	วัตถุประสงค์						พัฒนาซอฟต์แวร์	ระเบียบแถว		แถวคอยแบบเลื่อนขั้นได้ (MLFQ)	วิธีจำลอง
					การเข้ารับบริการ	อัตราการให้บริการ	สิ้นที่รอคอย	จำนวนผู้ให้บริการ	ความน่าเชื่อถือ	ระยะเวลาการให้บริการ		แทรกคิวได้	แทรกคิวไม่ได้		ซอฟต์แวร์ที่ไป (A) คณิตศาสตร์ (M) พัฒนาเอง (C)
2012	S. Barak and M.S. Falllahnezhad	G		✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	M
2013	Behnam Vahdani	G	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	M
2013	Chollette C. Chude-Olisah	G	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	M
2014	Iqra Sattar, Muhammad Shahid and Nida Yasir.	G	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	M
2015	M.Sivakami Sundari and S.Palaniammal.	G	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A
งานวิจัยนี้		**P**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	**C**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ในการศึกษา การออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

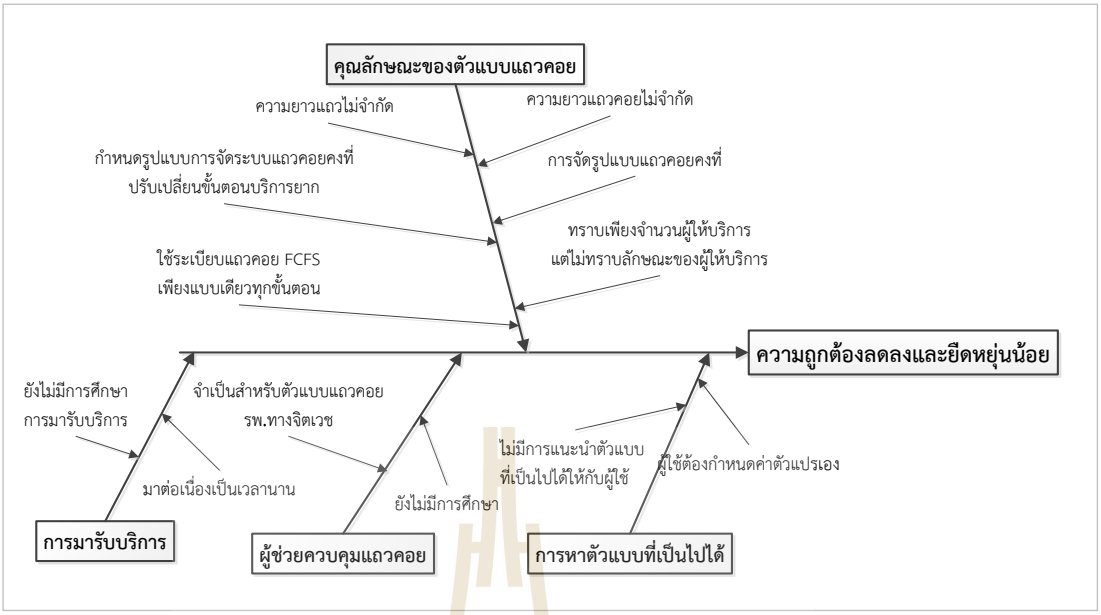
3.1 วิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช เป็นการศึกษาออกแบบตัวแบบแถวคอยเพื่อลดข้อจำกัดของงานวิจัยการลดระยะเวลาการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง (ประชาสันต์ แว่นไธสง, 2555) รวมทั้งศึกษาถึงปัจจัยและพฤติกรรมบริการต่าง ๆ ในการให้บริการแบบโรงพยาบาลทางจิตเวชที่ส่งผลต่อการให้บริการ และศึกษาการนำเทคโนโลยีในด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและพัฒนาตัวแบบแถวคอยให้สามารถทำงานเลียนแบบมนุษย์ และตัวแบบแถวคอยสามารถปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำลังศึกษาอยู่ได้เองอัตโนมัติ ซึ่งเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ในงานวิจัยนี้เลือกใช้กระบวนการของฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) ในการศึกษาและประยุกต์ใช้กับการออกแบบตัวแบบแถวคอย เนื่องจากฟัซซีลอจิก เป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการใช้อธิบายและแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน กล่าวคือสามารถใช้อธิบายพฤติกรรมการใช้เวลาในการให้บริการระหว่างแพทย์แต่ละคนกับผู้รับบริการแต่ละราย ออกมาในรูปแบบตัวเลขได้ โดยอาศัยปัจจัยการให้บริการของแพทย์ที่มีต่อผู้รับบริการแต่ละรายที่ไม่เหมือนกันได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหาและศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ (Systems Investigation)

3.1.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อจำกัดตัวแบบแถวคอยของงานวิจัยเดิม เพื่อให้ทราบถึงข้อจำกัดและปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการศึกษาตัวแบบแถวคอย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

ข้อจำกัดต่าง ๆ ของงานวิจัยเดิมนั้นดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 และสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.1

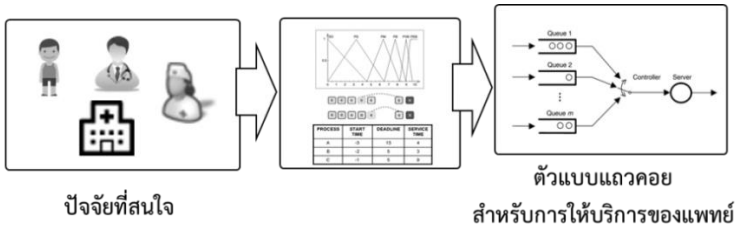


รูปที่ 3.1 ข้อจำกัดของงานวิจัยเดิม

3.1.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ ศึกษาแนวทางในการนำแนวคิดด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาช่วยในการปรับปรุงข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับตัวแบบแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ดังนี้

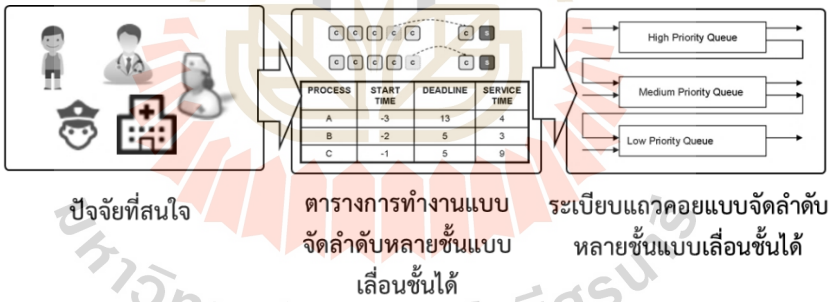
1) ลักษณะของตัวแบบแถวคอยที่ใช้ในการศึกษา (Queuing Model)

(1) รูปแบบการจัดระบบแถวคอย (Queuing System) งานวิจัยเดิมนั้น ใช้รูปแบบการจัดระบบแถวคอยในลักษณะแถวคอยแบบอนุกรม (Queues Series) และกำหนดขั้นตอนการให้บริการต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับระบบงานจริง ซึ่งมีลักษณะคงที่ เนื่องจากเป็นการศึกษาทั้งระบบการให้บริการของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ แต่ในการศึกษานี้ เป็นการศึกษาการให้บริการเฉพาะการให้บริการของแพทย์กับผู้รับบริการ ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวแบบแถวคอยเป็นแบบ M/M/1 โดยวิเคราะห์ปัจจัยระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการ เพื่อให้ตัวแบบแถวคอยที่ได้สามารถปรับเปลี่ยนไปตามปัจจัยต่าง ๆ และยังสามารถนำตัวแบบแถวคอยที่ได้มาเชื่อมต่อกันในลักษณะอนุกรม (Queues Series) เพื่อใช้ในการศึกษาระบบแถวคอยได้เช่นเดิม ซึ่งรายละเอียดแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การออกแบบตัวแบบแถวคอยสำหรับการให้บริการของแพทย์

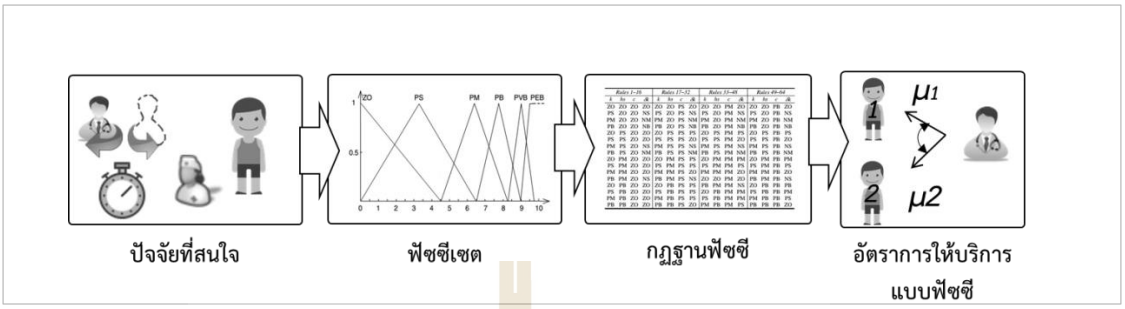
(2) ระเบียบแถวคอย (Queues Discipline) ในงานวิจัยนี้ใช้ระเบียบแถวคอยแบบจัดลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue Scheduling) (Iqra Stattar, Muhammad Shadhid and Nida Yasir., 2014) ซึ่งเป็นการใช้การจัดระเบียบแถวคอยร่วมกันระหว่างแบบลำดับความสำคัญ (Priority) และแบบมาก่อนได้ก่อน (FCFS) โดยพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น อาการป่วย อายุ รวมถึงความยาวแถว (Queue Length) ที่เหมาะสมกับตัวแบบแถวคอยสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช แสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การออกแบบระเบียบแถวคอยแบบตารางการทำงานลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue Scheduling)

(3) ผู้ให้บริการ (Servers) และเวลาบริการ (Service Time) การศึกษาในส่วนนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยและคุณลักษณะที่สำคัญของผู้ให้บริการที่ส่งผลต่อเวลาในการให้บริการ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการให้บริการนั้น ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ประสบการณ์การทำงาน ทักษะหรือความชำนาญงาน การสื่อสารระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการ ซึ่งจะนำไปสู่การหาอัตราการให้บริการ (Service Rate) ที่มีความเหมาะสมกับหน่วยรับบริการแต่ละรายให้มีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยแบบเดิม ซึ่งเทคนิคนำมาประยุกต์ใช้ คือ การหาระยะเวลา

ในการให้บริการด้วยการอนุมานความรู้แบบกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) จากปัจจัยต่าง ๆ ที่สนใจ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การออกแบบอัตราการให้บริการแบบฟัซซี

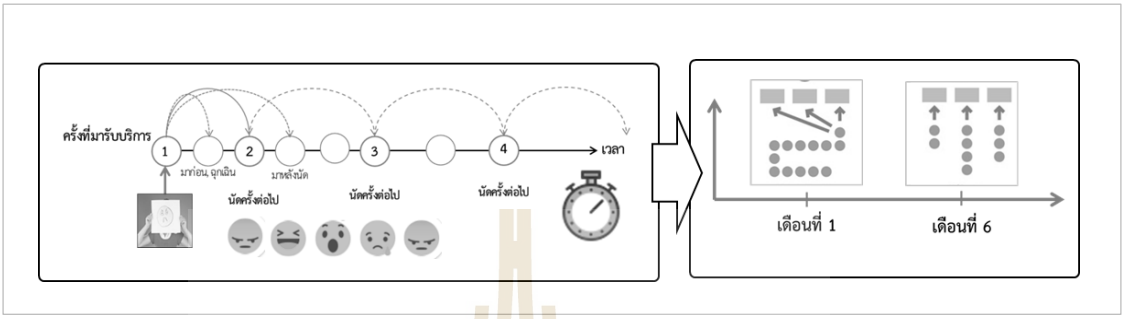
2) การศึกษาตัวแบบแถวคอยต้องกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยผู้ใช้เองในส่วนนี้มีแนวคิดในการนำเทคนิคการค้นหาเชิงเงื่อนไข (What-If Analysis) เพื่อแนะนำตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้ ภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ศึกษาต้องการได้โดยอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การออกแบบการนำเสนอตัวแบบแถวคอยที่เป็นได้

3) ผู้ช่วยควบคุมแถวคอยหรือผู้ช่วยเหลือคนไข้ ศึกษาถึงปัจจัยที่ผู้ช่วยควบคุมแถวคอยหรือผู้ช่วยเหลือคนไข้ส่งผลต่อระบบแถวคอย ทั้งในด้านความปลอดภัย ความเร็วในการให้บริการ และจำนวนที่เหมาะสมกับการให้บริการในขั้นตอนที่ต้องมีผู้ช่วยควบคุมแถวคอย รวมถึงการศึกษาถึงจำนวนผู้ช่วยควบคุมแถวคอยที่เหมาะสมกับระบบแถวคอยต่อไป

4) การมารับบริการของผู้รับบริการทางจิตเวช ผู้รับบริการทางจิตเวช จะต้องมารับบริการเพื่อรักษาต่อเนื่องกับทางโรงพยาบาล ซึ่งอาจใช้เวลาหลายปี ในการติดตามอาการป่วย (Follow-up) ทั้งนี้การมาในแต่ละครั้งของผู้รับบริการนั้นจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านอาการป่วย

และเวลาในการให้บริการ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการให้บริการตรวจรักษาในแต่ละครั้งก็จะแตกต่างกันไป แม้ว่าจะได้รับบริการจากเจ้าหน้าที่คนเดิมก็ตาม ซึ่งตัวแบบแถวคอยที่ได้ จะมีความแตกต่างและเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การมารับบริการของผู้รับบริการทางจิตเวชที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลา

3.1.1.3 ศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของตัวแบบแถวคอยแต่ละตัวแบบ ศึกษารายละเอียดและความสามารถของระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบตัวแบบแถวคอย ร่วมกับทฤษฎีแถวคอย

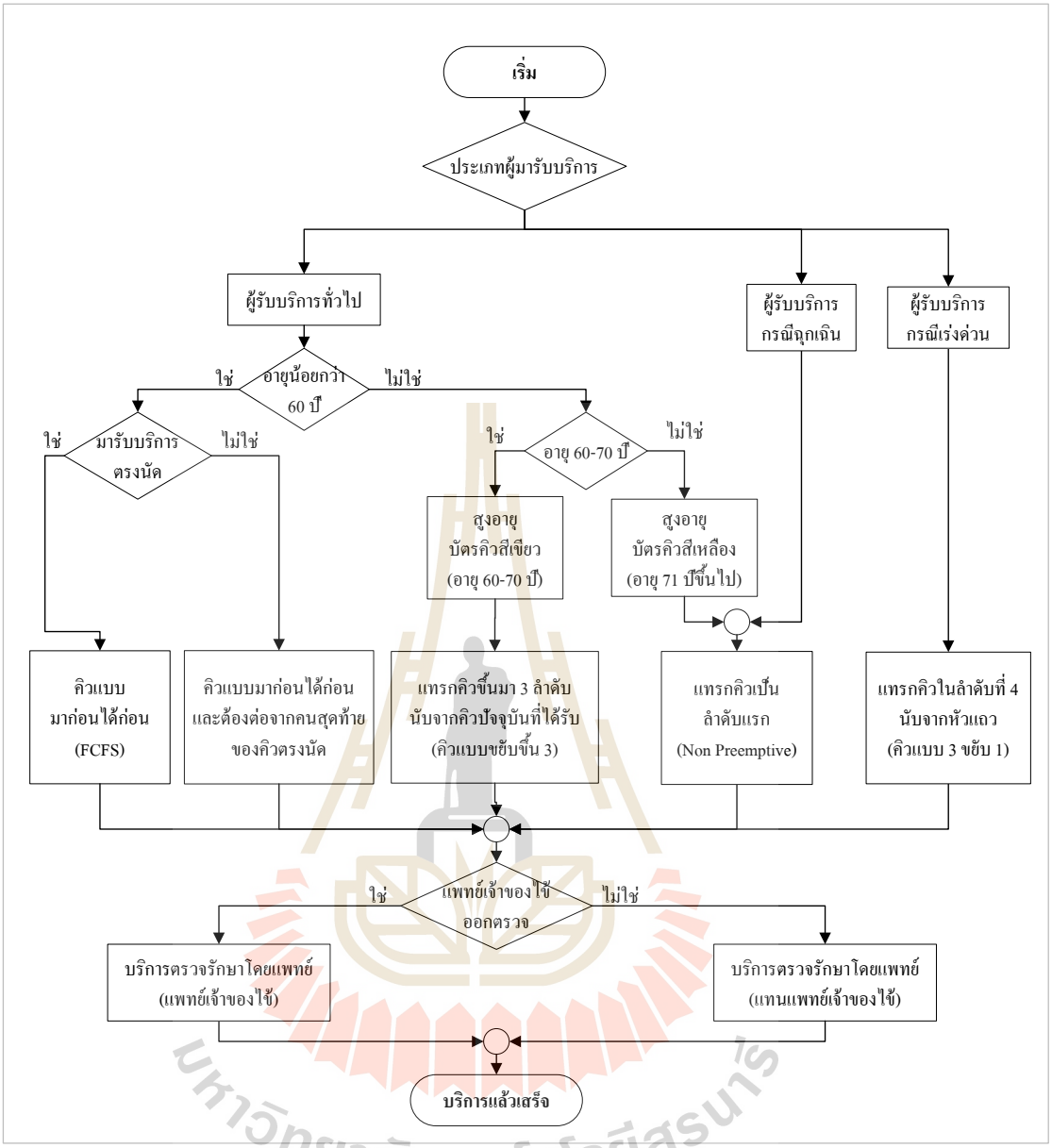
3.1.1.4 ศึกษาข้อจำกัด เงื่อนไข และปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์ในระบบงานจริงของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงาน และขั้นตอนการให้บริการโดยละเอียด

3.1.1.5 ศึกษาค้นคว้างานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์กับระบบแถวคอย โดยเป็นระบบแถวคอยที่ให้บริการโดยมนุษย์ ทั้งงานวิจัยในและต่างประเทศเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป

3.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ระบบเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของขั้นตอนการให้บริการตรวจรักษาของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ และส่วนของแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.2.1 ขั้นตอนการให้บริการตรวจรักษา เป็นการศึกษาขั้นตอนการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยนอกแบบผู้ใหญ่ของแพทย์โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ โดยขั้นตอนการให้บริการสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการให้บริการตรวจรักษาแบบผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

ในขั้นตอนการให้บริการตรวจรักษานี้จะแบ่งการศึกษาวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้ให้บริการและส่วนของผู้รับบริการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ส่วนของผู้ให้บริการ ผู้ให้บริการประกอบด้วย แพทย์ พยาบาลและผู้ช่วยเหลือคนไข้ โดยจะมีหน้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

(1) แพทย์ มีหน้าที่ในการให้บริการตรวจรักษากับผู้มารับบริการ โดยที่แพทย์แต่ละท่านจะมีทักษะและความชำนาญในการให้บริการที่แตกต่างกัน ซึ่งโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์นั้นมีทั้งแพทย์ใหม่ ซึ่งทำงานที่นี่เป็นที่แรก แพทย์ที่ทำงานมาแล้ว 3-7 ปี

และแพทย์ที่ทำงานและมีประสบการณ์มากกว่า 20 ปี จำนวน 4 ท่าน 2 ท่าน และ 4 ท่าน ตามลำดับ อีกทั้งแพทย์บางท่านยังทำหน้าที่ตรวจรักษาทั้งผู้ป่วยจิตเวชเด็กและผู้ป่วยจิตเวชผู้ใหญ่ด้วย (ฝ่ายบริหารงานบุคคล โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์, 2558)

การให้บริการตรวจรักษาของแพทย์นั้นจะเป็นมีตารางการออกตรวจที่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าของแพทย์แต่ละท่านในแต่ละเดือน ซึ่งผู้กำหนดเวรออกตรวจของแพทย์คือองค์กรแพทย์ของโรงพยาบาล และโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์มีห้องสำหรับตรวจรักษาโดยแพทย์สำหรับผู้ป่วยนอกทั้งหมดจำนวน 4 ห้องตรวจ ซึ่งจำนวนการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์ในแต่ละวัน (จันทร์ – ศุกร์) มีจำนวนไม่เท่ากัน และในแต่ละวัน ช่วงเช้า (08.30-12.00 น.) และช่วงบ่าย (13.00-16.30 น.) ก็มีจำนวนแพทย์ให้บริการตรวจรักษาไม่เท่ากัน

(2) พยาบาล มีหน้าที่ในการเตรียมข้อมูลการเจ็บป่วยผู้รับบริการ โดยการซักประวัติผู้รับบริการและบันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้ในชุดประวัติ (OPD Card) และคัดกรองอาการป่วยเพื่อจัดลำดับในการเข้ารับการตรวจรักษา รวมถึงคอยให้ข้อมูลในกรณีที่แพทย์สอบถามเพิ่มเติม

(3) ผู้ช่วยเหลือคนไข้ มีหน้าที่ช่วยดูแลและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้กับแพทย์ พยาบาล และผู้รับบริการในระหว่างรอรับบริการ ระหว่างบริการ และหลังจากที่ได้รับบริการแล้วเสร็จ เพื่อให้การบริการเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ทั้งการจัดลำดับแถวในการเข้ารับการตรวจรักษา การเตรียมชุดประวัติของผู้รับบริการให้กับแพทย์ อีกทั้งยังคอยดูแลเรื่องความปลอดภัยต่าง ๆ ในกรณีที่มีผู้รับบริการเกิดอาการฉุกเฉินทางจิตเวช ในขณะที่อยู่ในระบบการให้บริการของโรงพยาบาล ทั้งนี้ผู้ช่วยเหลือคนไข้หนึ่งคนจะทำหน้าที่ประจำห้องตรวจของแพทย์แต่ละท่านเพื่อช่วยดูแลและอำนวยความสะดวกดังกล่าว แต่ประจำได้ไม่เกินสองห้องตรวจ ซึ่งในกรณีที่ต้องประจำสองห้องตรวจนั้น จะเกิดขึ้นในกรณีที่มีผู้ช่วยเหลือคนไข้ไม่เพียงพอ อาจจะเนื่องจากอยู่ในช่วงเปลี่ยนเวร หรือ ผู้ช่วยเหลือคนไข้ลาป่วยพร้อมกันหลายคน ซึ่งเป็นเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น อย่างไรก็ดีผู้ช่วยเหลือคนไข้ทางจิตเวชนั้น จะมีทักษะในการจัดการกับผู้รับบริการทางจิตเวชโดยเฉพาะ ในกรณีที่เกิดอาการฉุกเฉินทางเวช ซึ่งไม่สามารถให้พนักงานหรือเจ้าหน้าที่ในตำแหน่งอื่น ๆ มาปฏิบัติงานแทนได้

2) ส่วนของผู้รับบริการ ในขั้นตอนการให้บริการนั้นจะแบ่งผู้มารับบริการออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผู้รับบริการทั่วไป ผู้รับบริการแบบเร่งด่วน และผู้รับบริการแบบฉุกเฉิน ซึ่งผู้รับบริการแต่ละประเภท จะมีขั้นตอนและได้ลำดับในการรับบริการตามลำดับความสำคัญที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

(1) ผู้รับบริการทั่วไป ผู้รับบริการประเภทนี้คือผู้ป่วยทางจิตเวชที่ไม่มีอาการทางจิตเวชปกติทั่วไป สามาถพูดคุย สื่อสารรู้เรื่อง ไม่มีอาการก้าวร้าว หรืออาการทางจิตเวชใด ๆ ที่ต้องเฝ้าระวังเป็นพิเศษ ผู้รับบริการประเภทนี้ ยังสามารถจำแนกได้อีก 4 ลักษณะ ได้แก่

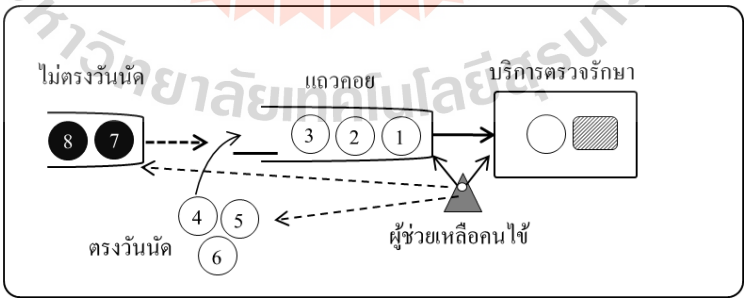
- ผู้รับบริการรายใหม่ คือ ผู้รับบริการที่มารับบริการเป็นครั้งแรก ยังไม่มีชุดประวัติการรักษา (OPD Card) ที่โรงพยาบาล ซึ่งจะได้รับบริการตรวจคัดกรองอาการทางจิตและสัมภาษณ์ประวัติการป่วยทางจิตจากพยาบาล และจัดทำชุดประวัติการการรักษา (OPD Card) บันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์และบันทึกประวัติการรักษา เพื่อเตรียมข้อมูลให้กับขั้นตอนการตรวจรักษาของแพทย์ต่อไป ทั้งนี้ ผู้รับบริการประเภทนี้จะมีญาติ เจ้าหน้าที่ของรัฐ ตำรวจ ผู้นำชุมชน หรืออาสาสมัครหน่วยกู้ภัย นำส่งโรงพยาบาล มักจะมีอาการทางจิต หรืออาการฉุกเฉินทางจิตเวช เช่น เอะอะ ก้าวร้าว เสียงดัง อาจมีการทำลายข้าวของ หรือบางรายเงียบขรึม โดยเฉลี่ยแล้ว ผู้รับบริการรายใหม่ หนึ่งคนจะมีญาติหรือผู้นำส่งมาด้วยประมาณ 5 – 10 คน และผู้ที่นำส่งจะเป็นผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการป่วยกับทางโรงพยาบาล

- ผู้รับบริการรักษาต่อเนื่อง (Follow-up) หรือผู้รับบริการรายเก่า คือ ผู้รับบริการที่เคยมารับบริการและมีชุดประวัติการรักษาอยู่ที่โรงพยาบาลแล้ว ซึ่งอาจมาตรวจรักษาต่อเนื่องตามนัดของแพทย์ หรือมาเพื่อตรวจรักษาอื่นที่ไม่ใช่ตามนัดแพทย์ สำหรับระยะห่างของการนัดมารักษาต่อเนื่องนั้นขึ้นอยู่ดุลยพินิจของแพทย์ เช่น ทุก 7 วัน ทุก 15 วัน ทุก 1 เดือน หรือ ทุก 3 เดือน ผู้รับบริการในกลุ่มนี้จะพบแพทย์เพื่อรับการตรวจรักษา ในกรณีที่ผู้รับบริการมาตรงวันนัดจะได้รับบริการตรวจรักษาตรงกับแพทย์เจ้าของไข้ หากมาไม่ตรงวันนัดจะได้รับบริการกับแพทย์อื่นแทน (กรณีที่แพทย์เจ้าของไข้ไม่ออกตรวจ) ซึ่งสำหรับกรณีมาไม่ตรงนัดนั้น หากมาขอรับบริการก่อน 11.30 น. ผู้รับบริการจะได้รับคิวการตรวจในช่วงเช้า แต่เป็นคิวต่อจากผู้ที่มาตรงนัดคนสุดท้ายในช่วงเช้า ในกรณีมาขอรับบริการช่วงบ่าย จะได้รับบริการหลังจาก 14.30 น. เป็นต้นไป แต่ทั้งนี้ในกรณีที่มาไม่ตรงวันนัดและมีอาการทางจิตกำเริบร่วมด้วย จะได้รับบริการทันที ซึ่งทางโรงพยาบาลจะพิจารณาว่าจะให้บริการแบบเร่งด่วนหรือแบบฉุกเฉิน เป็นราย ๆ ไป สำหรับจำนวนผู้มารับบริการรักษาต่อเนื่องในแต่ละวันนั้น คุณวิภา สุคนธพงศ์ เจ้าพนักงานเวชสถิติชำนาญงาน หัวหน้าศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนของผู้มารับบริการรักษาต่อเนื่องว่า “การมารับบริการจะมารับบริการเองประมาณร้อยละ 60 และให้ญาติมาแทนประมาณร้อยละ 40 มาตรงวันนัดประมาณ ร้อยละ 70 ที่เหลือร้อยละ 30 มาไม่ตรงวันนัด” และยังให้ข้อมูลเพิ่มเติมอีกว่า “การมารับบริการจะมีญาติหรือผู้ดูแล หรือกรณีให้ญาติมารับแทนก็จะมีญาติมาด้วยกันเฉลี่ย 1-3 คน รวมผู้รับบริการด้วย” ทั้งนี้การมารับบริการของผู้รับบริการประเภทนี้ ผู้ป่วยจะมารับบริการเอง หรือให้ญาติหรือผู้ที่ดูแลใกล้ชิดมารับบริการแทนในบางครั้งก็ได้

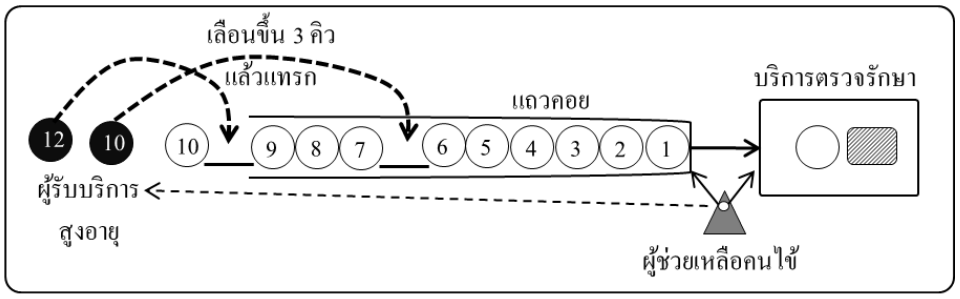
ผู้รับบริการแบบทั่วไป จะมีการจัดลำดับคิวแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) ในกรณีที่มาตรงวันนัด หากมารับบริการไม่ตรงวันนัดจะเป็นคิวแบบมาก่อนได้รับบริการก่อนเช่นกัน แต่จะต้องรับบริการต่อจากผู้ที่มารับบริการตรงนัด แสดงได้ดังรูปที่ 3.8

- ผู้รับบริการสูงอายุ ที่มีอายุระหว่าง 60 – 70 ปี หรือกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับบัตรคิวสีเขียว กลุ่มนี้อาจเป็นผู้รับบริการรายใหม่ใหม่หรือผู้รับบริการรายเก่าก็ได้ ซึ่งผู้รับบริการในกลุ่มนี้จะได้รับการจัดลำดับการเข้ารับบริการที่แตกต่างไป กล่าวคือ เมื่อมีผู้รับบริการสูงอายุกลุ่มนี้เข้ามารับบริการ ทางโรงพยาบาล โดยฝ่ายเวชระเบียน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการเริ่มนับลำดับคิว จะให้ลำดับคิวเพื่อเข้ารับการรักษาแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) ซึ่งเป็นลำดับต่อจากผู้รับบริการทั่วไปปกติ แต่จะได้รับบัตรคิวที่มีสีเขียว (คิวปกติสีขาว) จากนั้นเมื่อแฟ้มประวัติผู้รับบริการส่งมาถึงยังหน้าห้องตรวจ เมื่อผู้ช่วยเหลือคนไข้เห็นบัตรคิวสีเขียวจะทราบว่าเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60-70 ปี ผู้ช่วยเหลือจะเลื่อนคิวขึ้นและแทรกคิวให้อีก 3 ลำดับ เช่น หากบัตรคิวได้ลำดับที่ 10 ผู้ช่วยเหลือจะเลื่อนคิวขึ้นมาแล้วแทรกเป็นลำดับคิวที่ 7 แทน สำหรับกรณีที่หากมีผู้รับบริการกลุ่มนี้เข้ามาติด ๆ กัน ก็จะจัดลำดับคิวในทำนองเดียวกัน แต่ผู้รับบริการกลุ่มนี้จะห่างกัน 3 ลำดับคิว เช่น ผู้รับบริการสูงอายุรายถัดมาได้ได้คิวลำดับคิวที่ 12 เมื่อมาถึงยังหน้าห้องตรวจแล้วจะได้เลื่อนคิวแทรกเป็นลำดับคิวที่ 10 แทนที่จะเป็นลำดับคิวที่ 9 ยกเว้นกรณีที่ไม่มีผู้รับบริการรายอื่น ๆ อยู่ในแถวก็ให้แทรกคิวติดกับรายก่อนหน้าได้ตามปกติ ดังรูปที่ 3.9

- ผู้รับบริการสูงอายุ ที่มีอายุตั้งแต่ 71 ปี ขึ้นไป หรือกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับบัตรคิวสีเหลือง ผู้รับบริการกลุ่มนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกลุ่มสูงอายุช่วง 60-70 ปี แต่จะแตกต่างกันที่การจัดลำดับคิวในการให้บริการ ซึ่งการจัดลำดับคิวของผู้รับบริการกลุ่มนี้ จะใช้การจัดเช่นเดียวกับกลุ่มผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน โดยจะให้แทรกแถวขึ้นไปอยู่ลำดับที่ 1 ของแถวทันที หากมีรายถัดมาก็จะแทรกเป็นลำดับคิวที่ 2 หรือให้อยู่ในลำดับต่อจากคิวก่อนหน้าทันที ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน ในหัวข้อถัดไป



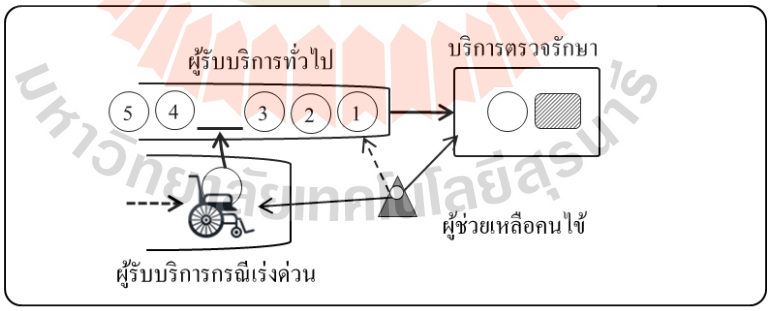
รูปที่ 3.8 การให้บริการผู้รับบริการทั่วไป (อายุไม่เกิน 60 ปี)



รูปที่ 3.9 การให้บริการผู้รับบริการทั่วไป ช่วงอายุ 60-70 ปี

(2) ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน ผู้รับบริการประเภทนี้อาจจะเป็นผู้รับบริการรายใหม่หรือผู้รับบริการรักษาต่อเนื่องก็ได้ แต่การมารับบริการนั้นมีอาการทางจิตเวชกำเริบ ซึ่งได้รับการประเมินจากพยาบาลแล้วว่ายังไม่รุนแรงมากนัก จะได้รับบริการนั่งรถเข็นและผูกมัด ซึ่งจะได้รับการดูแลจากผู้ช่วยเหลือคนไข้อย่างใกล้ชิด และจะต้องมีญาติมาด้วยเพื่อคอยให้ข้อมูลอาการป่วย เนื่องจากผู้ป่วยจะสื่อสารได้ยาก ผู้รับบริการนี้จะถูกเข็นมารอรับบริการที่หน้าห้องตรวจแพทย์บริการด้านหน้าเก้าอี้นั่งรอตรวจ โดยแยกออกจากกลุ่มที่นั่งรอตรวจปกติ

ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน ทางโรงพยาบาลจะมีการจัดลำดับคิวการให้บริการแบบ 3 ขยับ 1 กล่าวคือ เมื่อผู้บริการแบบเร่งด่วนมาถึงหน้าห้องตรวจจะแทรกคิวในลำดับที่ 3 เพื่อรอรับบริการในลำดับที่ 4 ทันที แสดงได้ดังรูปที่ 3.10



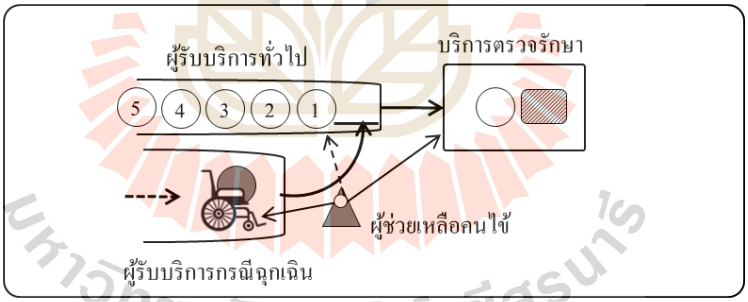
รูปที่ 3.10 การให้บริการผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน

ในกรณีที่มีผู้รับบริการกรณีเร่งด่วนมารับบริการต่อเนื่องกัน รายที่มาทีหลังจะให้นับจากรายก่อนหน้าไป 3 ลำดับ แล้วแทรก เช่น ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วนมารับบริการ 2 รายต่อเนื่องกัน รายแรกจะแทรกไปที่ลำดับคิวที่ 4 แล้ว รายถัดไปจะแทรกไปที่ลำดับคิวที่ 8

(3) ผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน ผู้รับบริการประเภทนี้อาจจะเป็นผู้รับบริการรายใหม่หรือผู้รับบริการรักษาต่อเนื่องหรืออยู่ในกลุ่มผู้สูงอายุก็ได้ แต่การมารับบริการนั้นมีอาการทางจิตเวชกำเริบและได้รับการประเมินอาการจากพยาบาลแล้วว่ามีอาการรุนแรง ควรได้รับการตรวจรักษาหรือพบแพทย์ทันที ซึ่งจะได้รับบริการให้นั่งรถเข็นและผูกมัดผู้รับบริการติดกับรถเข็น เพื่อความปลอดทั้งตัวผู้รับบริการและและผู้อื่นที่อยู่ในระบบบริการ ผู้รับบริการในกลุ่มนี้จะได้รับการดูแลจากผู้ช่วยเหลือคนไข้อย่างใกล้ชิดเป็นพิเศษ และจะต้องมีญาติหรือผู้นำส่งคอยให้ข้อมูลอาการป่วยกับเจ้าหน้าที่หรือแพทย์ เนื่องจากผู้ป่วยจะสื่อสารได้ยาก และขณะที่รอรับบริการที่หน้าห้องตรวจ จะถูกแยกออกจากกลุ่มผู้รับบริการที่นั่งรอตรวจปกติ ให้อยู่ในพื้นที่ที่ทางโรงพยาบาลจัดเตรียมไว้ เนื่องจากเหตุผลด้านความปลอดภัย

ผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน ทางโรงพยาบาลจะมีการจัดลำดับคิวการให้บริการแบบแทรกคิวให้อยู่ลำดับแรก หากมีการให้บริการอยู่ก่อนแล้ว ก็จะรอจนบริการนั้นแล้วเสร็จจากนั้นจะเข้ารับบริการต่อทันที (Non Preemptive) แสดงได้ดังรูปที่ 3.11

สำหรับในกรณีที่มีผู้รับบริการกรณีฉุกเฉินมารับบริการต่อเนื่องกัน รายที่มาทีหลังจะแทรกลำดับต่อจาคนที่อยู่ก่อนหน้า เช่น ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วนมารับบริการ 2 รายต่อเนื่องกัน รายแรกจะแทรกไปที่ลำดับคิวที่ 1 แล้ว รายถัดไปจะแทรกไปที่ลำดับคิวที่ 2

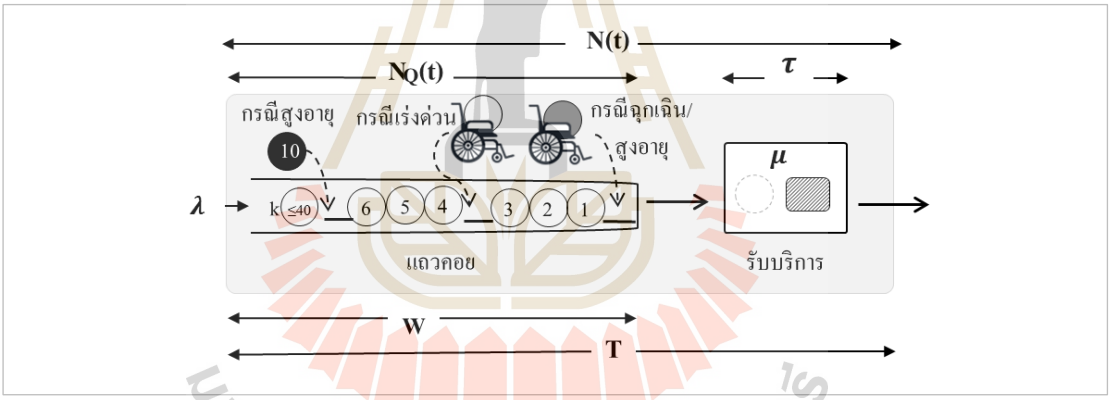


รูปที่ 3.11 การให้บริการผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน

3.1.2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎีที่มีการนำประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ระบบแถวคอย 2) กระบวนการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี 3) ตัวแบบแถวคอยกับการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี และ 4) กระบวนการเลือกตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ระบบแถวคอย (Queuing System) เป็นการศึกษาและวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ของระบบแถวคอย สำหรับการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์เพื่อใช้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแบบแถวคอย (Queuing Model)** ตัวแบบแถวคอยที่ใช้ในการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์นั้นมีรูปแบบการจัดระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-ขั้นตอนเดียว (Single-Channel-Single-Phase) แม้ว่าจะมีแพทย์ให้บริการในแต่ละวันหลายท่าน แต่ว่าแพทย์แต่ละท่านจะให้บริการกับผู้รับบริการที่กำหนดไว้แล้ว และเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือ การมาของผู้รับบริการหรือผู้ป่วยมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซง (Poisson Distributtion) และอัตราการให้บริการมีการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential Distribution) โดยในหนึ่งวันกำหนดให้แพทย์ให้บบริการผู้ป่วยได้ไม่ควรเกิน 40 ราย (K<=40) สำหรับแพทย์หนึ่งท่าน ซึ่งจัดแป็นตัวแบบแถวคอยชนิด M/M/1/K ซึ่งพารามิเตอร์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ของตัวแบบแถวคอยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ของตัวแบบแถวคอย
สำหรับโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ของตัวแบบแถวคอย มีรายละเอียดดังนี้

- อัตราเฉลี่ยของการเข้ามารับบริการ (The Average Arriving Rate: λ)
- อัตราเฉลี่ยการให้บริการ (The Average Service Time : $\tau = \frac{1}{\mu}$) โดยที่ μ คือ อัตราเฉลี่ยการให้บริการ
- ความหนาแน่นการจราจร (Traffic intensity: $\rho = \lambda/\mu$)
- เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการรอในแถวคอย ($\bar{w}$)
- เวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ผู้รับบริการอยู่ในระบบ ($\bar{T}$) โดยที่ $\bar{T} = \bar{w} + \tau$

- จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย ($\bar{N}_Q$)
- จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยทั้งหมดที่อยู่ในระบบ ($\bar{N}$) โดยที่ $\bar{N} = \bar{N}_Q + \lambda\tau$
- ความน่าจะเป็นที่ผู้รับบริการ k คนในระบบ (p_k) โดยที่ $k = 0,1,2,\dots,x$
- ความน่าจะเป็นที่ให้บริการไม่ได้ หรือแถวเต็ม (p_B)
  โดยที่ $p_B = 1 - \sum_{k=1}^{x} p_k$

นอกจากนี้ในระบบแถวคอยเมื่อพิจารณาตามกฎของลิตเติ้ล (Little's Formular) (Frederick S. Hiller and Gerald J. Lieberman, 2553:360) พบว่า จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยในระบบ ($\bar{N}$) จะเท่ากับผลคูณระหว่างอัตราเฉลี่ยของผู้รับบริการที่เข้ามาในระบบ (λ) กับเวลาที่ผู้รับบริการเฉลี่ยอยู่ในระบบ ($\bar{w}$) ดังสมการที่ 3-1 และยังรวมไปถึง จำนวนผู้รับบริการเฉลี่ยที่รออยู่ในแถวคอย ($\bar{N}_Q$) จะเท่ากับผลคูณระหว่างอัตราเฉลี่ยของผู้รับบริการที่เข้ามาในระบบ (λ) กับเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้ารออยู่ในแถวคอย ($\bar{w}$) ดังสมการที่ 3-2

$$\bar{N}_q = \lambda\bar{T} \tag{3-1}$$

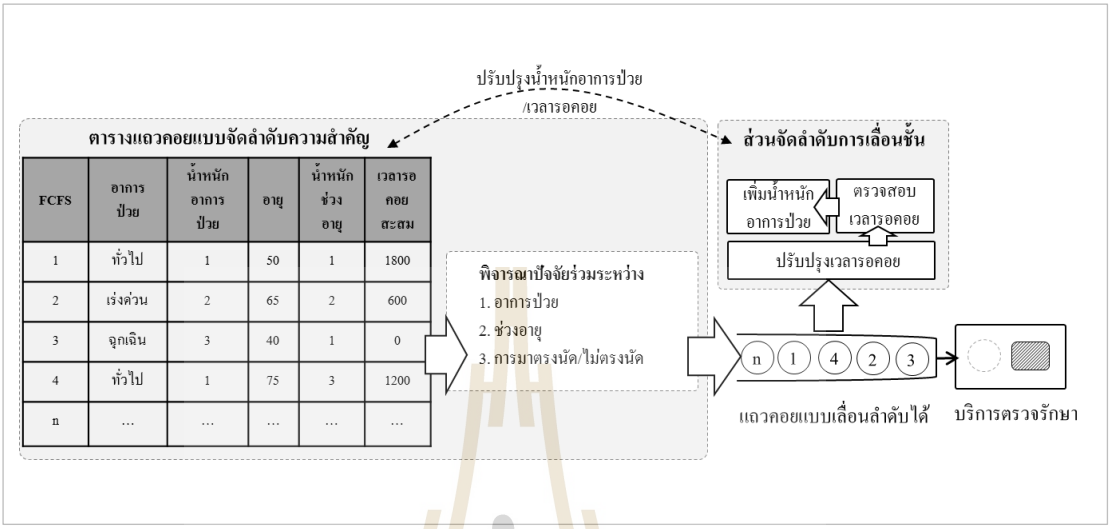
$$\bar{N}_q = \lambda\bar{W} \tag{3-2}$$

- **ลักษณะการเข้ามาของผู้รับบริการ (Arrival Characteristic)** ลักษณะการเข้ามาของผู้รับบริการมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม (Random) คือ มีลักษณะไม่แน่นอน มีทั้งผู้ที่มารับบริการทั้งแบบนัดไว้ล่วงหน้า มาไม่ตรงนัด มาด้วยอาการป่วยกำเริบ หรือมาด้วยอาการฉุกเฉินทางจิตเวช

- **ระเบียบการให้บริการ (Service Discipline)** ระเบียบการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์นั้น ใช้รูปแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) ร่วมกับแบบลำดับตามอาการป่วยเป็นสำคัญ (Priority) กล่าวคือ ผู้รับบริการจะได้รับบริการตามลำดับความสำคัญ โดยให้ถือลำดับอาการป่วยของผู้รับบริการเป็นสำคัญ หากอาการปกติทั่วไป ก็จะพิจารณาจากช่วงอายุของผู้รับบริการ ซึ่งผู้รับบริการที่สูงอายุก็จะได้รับบริการก่อน ส่วนผู้รับบริการอื่น ๆ ก็จะให้บริการแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วระเบียบการให้บริการในลักษณะดังกล่าวจะมีลักษะแถวคอยแบบลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue) โดยอาศัยการออกแบบตารางควบคุมการเลื่อนชั้นของผู้รับบริการแต่ละประเภทที่จำแนกตามอาการป่วย และช่วงอายุ ในกรณีที่รอนานจะถูกพิจารณาเวลารอคอยสะสม เมื่อมีเวลารอคอยสะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นานกว่าที่กำหนด ผู้รับบริการรายดังกกล่าวจะปรับให้มีน้ำหนักอาการป่วยเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้รับบริการในเวลาที่ไม่นานเกินไป รายละเอียดดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การออกแบบแถวคอยแบบจัดลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue Scheduling)

- **ลักษณะการให้บริการ (Service Characteristic)** ลักษณะการให้บริการของแพทย์นั้น เป็นแบบสุ่ม (Random) เนื่องจากการให้บริการกับผู้รับบริการแต่ละรายจะใช้เวลาในการให้บริการไม่เท่ากัน อีกทั้งแพทย์แต่ละท่านก็จะมีทักษะและความชำนาญแตกต่างกันด้วย

2) กระบวนการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี เป็นการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัยข้อมูลนำเข้า (Feature Selection) ที่ได้จากการเก็บรวบรวม ซึ่งใช้การคัดเลือกปัจจัยโดยแพทย์ที่ให้บริการ 3 ท่าน โดยแพทย์แต่ละท่านจะมีระยะเวลาในการทำงานที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์แตกต่างกัน คือ แพทย์ท่านแรกทำงานมากกว่า 20 ปี ท่านที่สองมีประสบการณ์ทำงานมาแล้วมากกว่า 3 ปี และท่านที่สามเป็นแพทย์จบใหม่ ทำงานมาแล้ว 9 เดือน ซึ่งทำงานที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์เป็นที่แรก พร้อมกับให้แพทย์แต่ละท่านให้น้ำหนักในแต่ละปัจจัยที่จะมีผลต่อการให้บริการของตนเอง ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการให้บริการ และมีความสอดคล้องกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวแบบแถวคอย รายละเอียดของแบบสอบถามสำหรับแพทย์แสดงในภาคผนวก ข.

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (Data Preparation) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 เพื่อประเมินคุณภาพของข้อมูล จัดการกับข้อมูลสูญหาย (Missing Value) หรือข้อมูลที่ผิดปกติ (Outliners) และแปลงข้อมูลหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานต่อไป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างผู้ให้บริการกับผู้รับบริการ

จากนั้นแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด โดยชุดแรกใช้เป็นชุดสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง (Traning Data) และอีกชุดใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ (Operation Data) ในสัดส่วน 70/30 ตามลำดับ

ข้อมูลชุดเรียนรู้ (Traning Data)

subject	doc_code	patient_type	Ages	arrival_type	dx_num	com_prov	com_edu	com_occ	num_visit	output
1	5	2	20	1	1	9	1	1	2	180
2	5	2	24	1	1	1	1	3	13	180
3	5	2	35	1	1	9	1	1	4	120
4	5	2	49	1	2	1	1	3	11	180
5	5	2	68	1	1	1	1	3	4	120
6	5	2	62	1	1	1	2	4	35	240
7	5	2	47	1	1	2	3	3	2	180
8	5	2	69	1	1	2	1	2	7	410
9	5	2	55	1	1	9	1	2	5	240
10	5	3	49	1	1	3	1	2	6	120
11	5	2	42	1	1	1	2	2	2	120
12	2	3	27	3	1	1	2	1	3	300
13	2	2	39	1	1	1	2	3	10	120
14	2	2	23	1	1	1	2	3	2	120
15	2	2	55	1	1	1	1	2	3	180
16	2	2	22	1	1	1	1	3	31	300
17	2	2	33	1	1	1	2	1	1	120
18	2	2	23	1	1	1	1	3	4	60
19	2	2	52	1	1	1	1	2	12	120
20	2	2	46	1	1	1	1	2	2	120
21	2	2	40	1	1	1	2	1	7	120
22	2	1	42	1	1	2	2	2	25	120
23	2	2	38	1	2	2	2	3	16	180
24	1	2	68	1	2	1	1	3	2	360
25	1	2	59	1	1	1	1	1	23	180
26	1	1	66	1	3	1	1	1	10	240
27	1	2	35	1	1	1	3	3	2	120
28	1	2	56	1	1	1	2	3	13	120
29	1	2	46	1	1	1	1	3	4	180
30	1	2	63	1	1	1	1	1	11	300
31	3	2	52	1	1	1	3	1	4	240
32	3	2	38	1	1	1	3	4	35	540

ข้อมูลชุดทดสอบ (Operation Data)

subject	doc_code	patient_type	Ages	arrival_type	dx_num	com_prov	com_edu	com_occ	num_visit	output
188	5	2	31	1	1	1	3	1	25	300
189	7	2	35	1	3	1	2	1	16	360
190	6	2	61	1	1	1	1	1	2	360
191	10	2	45	1	1	9	1	4	23	300
192	10	2	61	1	1	1	1	3	10	420
193	7	2	14	1	1	1	1	3	2	60
194	9	2	56	1	1	9	1	4	13	540
195	9	2	76	1	1	9	1	4	4	660
196	5	1	44	1	1	9	1	4	11	180
197	5	1	23	1	1	9	1	4	13	120
199	5	2	34	1	1	9	1	4	4	300
200	5	2	67	1	2	1	1	2	11	420
201	2	3	70	1	2	1	1	2	4	640
204	5	2	34	1	1	9	1	4	35	300
205	1	3	56	1	3	9	1	4	22	600

รูปที่ 3.14 ตัวอย่างชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Data) และชุดข้อมูลทดสอบ (Operation Data)

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่อค้นหากลุ่มของข้อมูลระหว่างผู้รับบริการและผู้ให้บริการ เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำหนดตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variable) ในระบบฟัซซีต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ อาศัยแนวคิดการจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) การแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (K-Means Clustering) ซึ่งใช้การวัดความแตกต่างระหว่างข้อมูลด้วยการหาระยะห่างระหว่างข้อมูล (Distance) โดยวิธียุคลิด (Euclidean Distance) ซึ่งเกิดจากรากที่สองของผลต่างระหว่างแอทริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ยกกำลังสอง (เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดา, 2557) ดังสมการที่ 3-3

$$D_{Euclidean} = \sqrt{(x_1 + y_1)^2 + (x_2 + y_2)^2 + \cdots + (x_L + y_L)^2} \quad (3\text{-}3)$$

เมื่อ x_1 คือ แอตทริบิวต์ที่ 1 ของข้อมูลชุดที่ 1

y_1 คือ แอตทริบิวต์ที่ 1 ของข้อมูลชุดที่ 2

โดยข้อมูลทั้ง x และ y จะมีจำนวนแอตทริบิวต์เท่ากับ L กล่าวคือเมื่อกลุ่มของข้อมูลเพิ่มขึ้น แอตทริบิวต์ภายในก็จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนกลุ่ม

สำหรับกำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล ในการศึกษานี้เลือกใช้วิธีกฎของฮาติแกน (Hartigan's Rule) เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้กับเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีน (Chiang and Mirkin, 2010) โดยใช้ค่าดัชนีฮาติแกน (Hartigan Index) เป็นค่าประเมินการแบ่งกลุ่มที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อได้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละมิติแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการสำหรับหาความสอดคล้องระหว่างตัวแปร และเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ อยู่ในรูปแบบเซตฟัซซีหรือเรียกว่าตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variable) จากนั้นจึงเลือกรูปแบบการอนุมานแบบฟัซซีว่า ข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกับการอนุมานความรู้ด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ชนิดใดในแต่ละตัวแปร และวิเคราะห์ว่าในแต่ละมิตินั้นจะประกอบไปด้วยกี่ฟัซซีเซต จากนั้นจึงแทนค่าต่าง ๆ ในสมการของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่เลือกใช้นั้น ทั้งนี้การเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนั้น โดยการทดลองใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกหลาย ๆ แบบในตัวแปรเดิม จากกนั้นจึงเลือกฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด

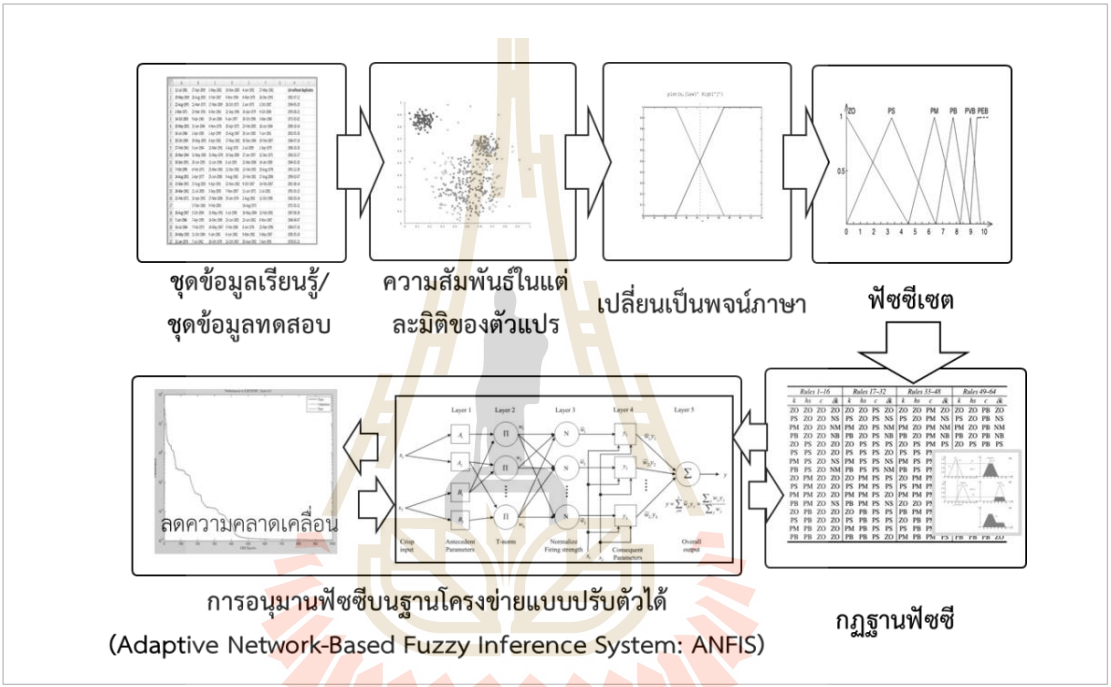
ขั้นตอนที่ 5 สร้างฐานกฎ (Rule Base) เพื่อใช้เป็นฐานความรู้ (Knowledge Base) เพื่อใช้ในการตีความและหาเหตุผลให้กับตัวแบบแถวคอยที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีขั้นตอนย่อยในการตรวจสอบความซ้ำซ้อนของฐานกฎ (Rule Base) ที่ได้ด้วย ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกเก็บลงในฐานข้อมูล (Database) สำหรับเรียกใช้งานเมื่อมีการอนุมานความรู้เพื่อหาคำตอบต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อข้อมูลเข้าสู่กระบวนการตีความตามแนวทางของการอนุมานความรู้แบบฟัซซีแล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เป็นค่าตัวเลขปกติ เพื่อนำค่าที่ได้ซึ่งเป็นค่าตัวเลขไปใช้ในงานคำนวณระยะเวลาให้บริการของตัวแบบแถวคอยต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อกระบวนการทำงานต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จึงทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยชุดข้อมูลทดสอบ (Operation Data) โดยเป็นข้อมูลชุดที่มีคำตอบของผลลัพธ์อยู่แล้ว จากนั้นนำผลลัพธ์ที่เปรียบค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ว่ายอมรับหรือไม่ โดยใช้การเปรียบเทียบด้วยวิธีหาค่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ดังสมการที่ 3-4 หากยังไม่สามารถยอมรับค่าคลาดเคลื่อนได้ ให้ทำการปรับปรุงข้อมูลหรือเทคนิคตามขั้นต้นใหม่อีกครั้งจนกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จะเป็นที่ยอมรับ

ขั้นตอนที่ 8 ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการลดความคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้จากกฎฐานที่ในขั้นตอนที่ 7 โดยใช้การอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่ายแบบปรับตัวได้ (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System: ANFIS) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบอัตโนมัติเพื่อให้กฎฐาน (Rule Base) ที่ได้มีความถูกต้องมายิ่งขึ้น

ขั้นตอนต่าง ๆ ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแบบแถวคอย และกระบวนการการอนุมานความรู้แบบอัตโนมัติแบบฟัซซี สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.15

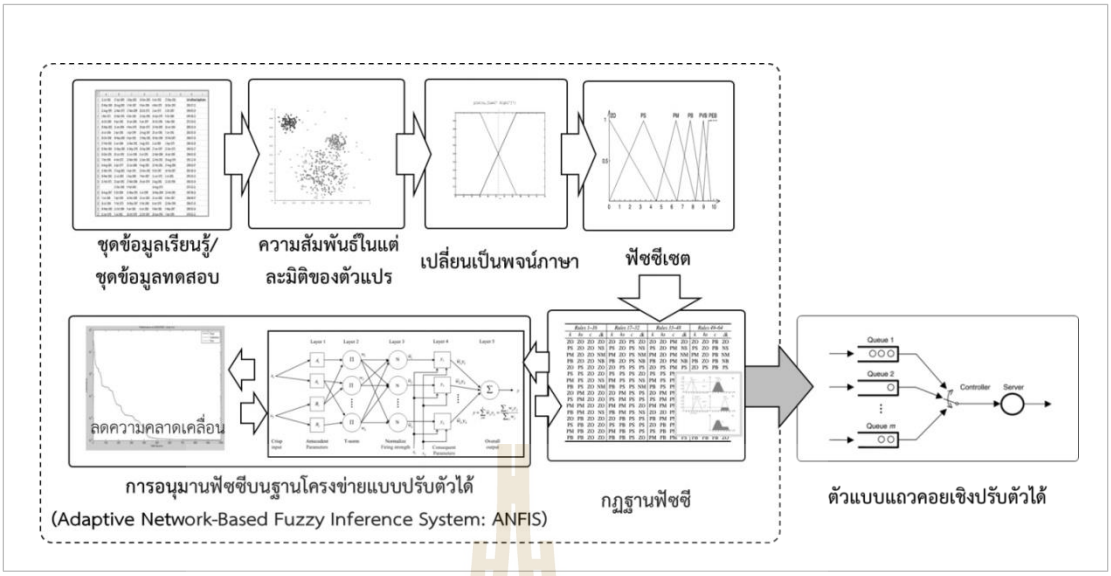


รูปที่ 3.15 การอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี

ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นการอนุมานความรู้แบบฟัซซี ซึ่งเป็นส่วนในการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นในการจำลองตัวแบบแถวคอย

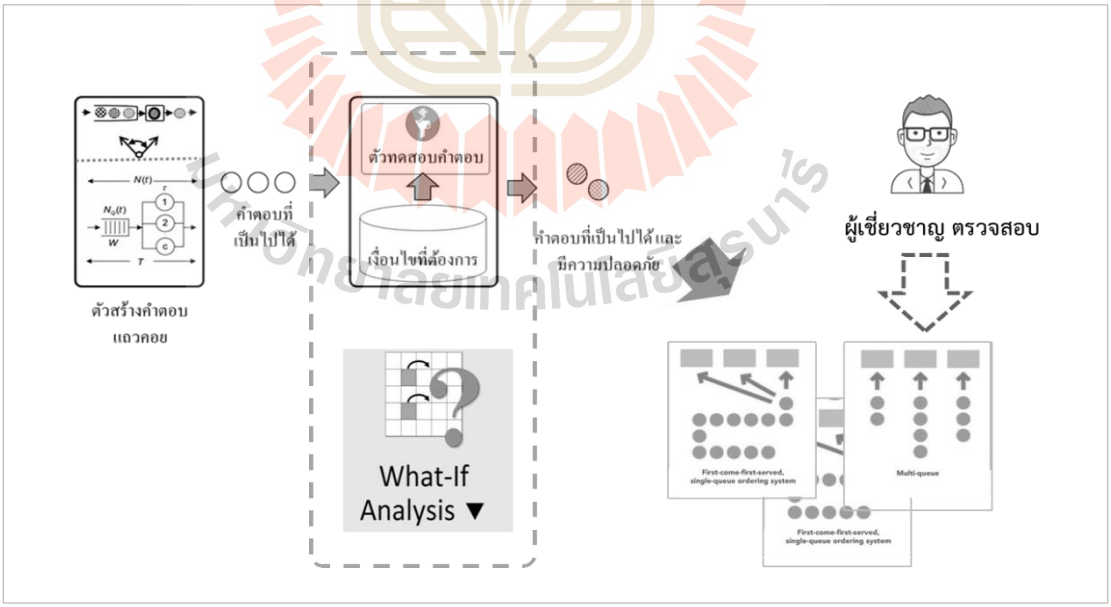
3) ตัวแบบแถวคอยกับการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี ในขั้นตอนนี้เป็นการนำกฎฐานที่ได้จากกระบวนการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซีข้างต้น ในการกำหนดค่าต่าง ๆ ตามความสัมพันธ์ของตัวแบบแถวคอยดังที่กล่าวมาข้างต้น แสดงดังรูปที่ 3.16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.16 ตัวแบบแถวคอยกับการอนุมานความรู้อัตโนมัติแบบฟัซซี

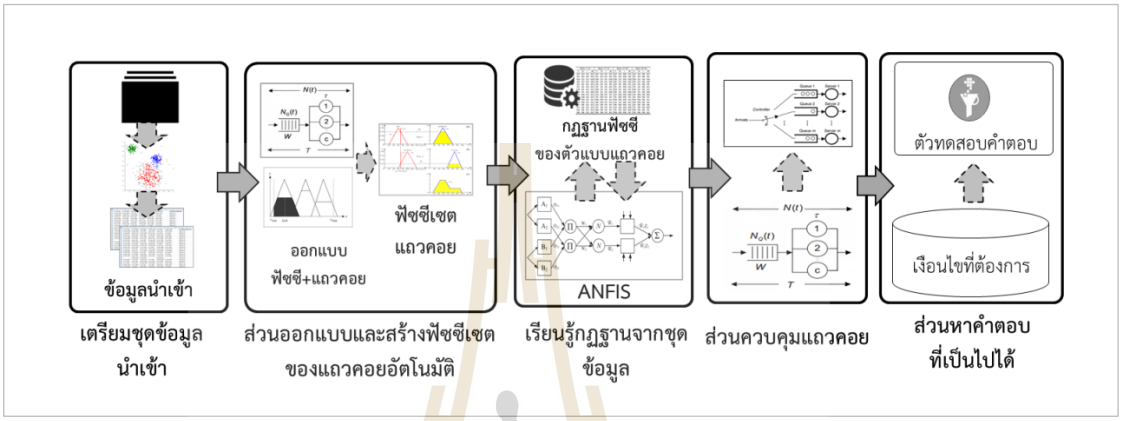
4) กระบวนการเลือกตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์การเลือกตัวแบบแถวคอย โดยอาศัยการค้นหาตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้ ภายใต้เงื่อนไขของผลลัพธ์ที่ต้องการ จากตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การค้นหาคำตอบตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้

3.1.3 ขั้นตอนการออกแบบระบบ (System Design)

กำหนดกรอบแนวคิด (System Framework) การทำงานของมอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช เพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการออกแบบมอดูล โดยแบ่งเป็น 5 ส่วน รายละเอียดแสดงได้ดังรูปที่ 3.18



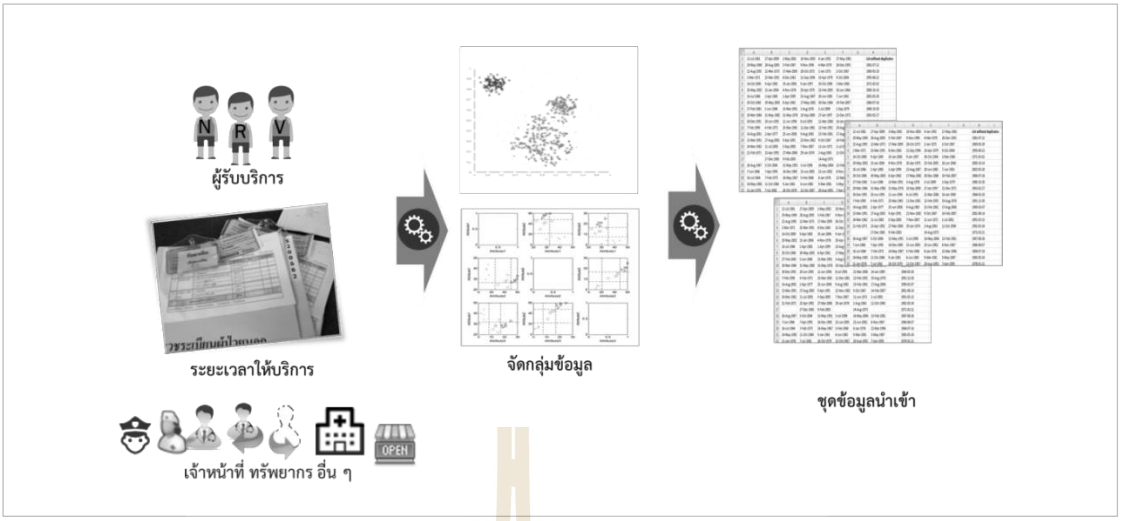
รูปที่ 3.18 กรอบแนวคิดการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

ซึ่งในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.3.1 เตรียมชุดข้อมูลนำเข้า ในส่วนนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนทำงานย่อย ได้แก่ ส่วนวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า และส่วนจัดกลุ่มและหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) **การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า** เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากปัจจัยต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากระบบงานจริง ทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้รับบริการ ข้อมูลเกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านทรัพยากรอื่น ๆ จากนั้นข้อมูลเหล่านี้จะนำเข้าสู่ขั้นตอนในการจัดกลุ่มเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแต่ละกลุ่มต่อไป

2) **การหาความสัมพันธ์ของตัวแปร** ในส่วนนี้จะนำข้อมูลที่ได้ผ่านการวิเคราะห์แล้ว มาหาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ในแต่ละมิติจนครบทุกมิติ รายละเอียดดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยที่ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนำเข้า สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนำเข้า

ทั้งนี้ข้อมูลนำเข้าส่วนจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ใช้เป็นข้อมูลเรียนรู้ (Trainning Data) และใช้เป็นข้อมูลข้อมูลทดสอบ (Operation Data) หลังจากที่ระบบสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) เสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อประเมินความถูกต้องของกฎฐานฟัซซีที่ได้

3.1.3.2 ส่วนออกแบบและสร้างฟัซซีเซตของแถวคอยอัตโนมัติ เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างความรู้ต่าง ๆ ของตัวแบบแถวคอยที่กำลังศึกษาอยู่ ด้วยแนวคิดด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้เทคนิคการอนุมานความรู้ด้วยระบบฟัซซี ด้วยการพัฒนาขั้นตอนวิธีเพื่อสร้างกฎฐานต่าง ๆ โดยสร้างชุดข้อมูลที่นำเข้ามาแบบเรียลไทม์ (Real Time) ซึ่งการสร้างกฎฐานนี้จะมีการสร้างใหม่ทุกครั้งที่มีชุดข้อมูลนำเข้าใหม่ ซึ่งจะทำให้ได้กฎฐานที่ทันสมัยทุกครั้ง และสอดคล้องกับสิ่งที่กำลังศึกษาอยู่ตามช่วงเวลาของข้อมูลที่นำเข้า สำหรับการทำงานส่วนนี้ยังแบ่งการทำงานย่อยออกเป็น 3 ส่วนย่อย ได้แก่

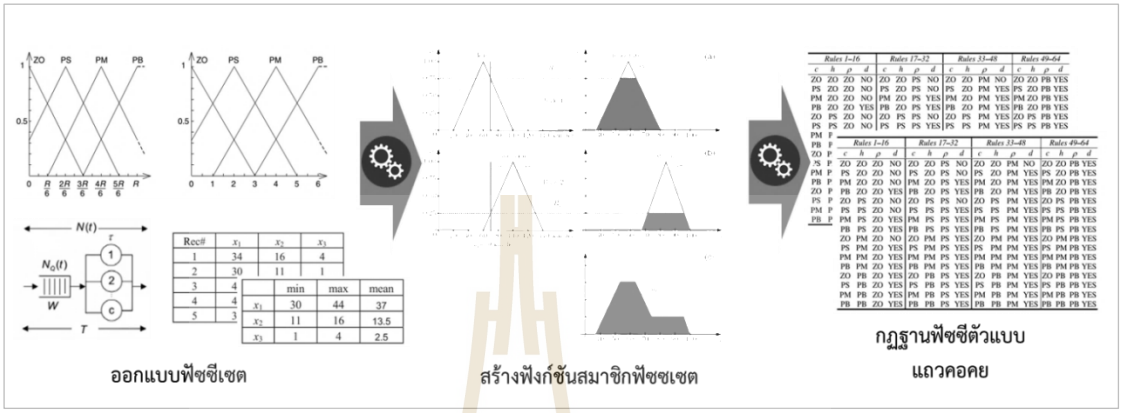
1) ส่วนออกแบบฟัซซีเซต เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลว่ามีความสอดคล้องกับสมการหรือกราฟแบบใดของฟัซซี ของแต่ละตัวแปร จากนั้นจะแทนค่าลงในสมการที่ได้ และทำจนครบทุกตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ส่วนออกแบบฟัซซีเซตนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ฟัซซีเซตนำเข้า (Input) และฟัซซีเซตนำออก (Output) ซึ่งทั้ง 2 ส่วนมีขั้นตอนในการสร้างเหมือนกัน

2) สร้างฟังก์ชันสมาชิกฟัซซีเซต (Membership Function) เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างและกำหนดสมาชิกของฟัซซีเซตของตัวแปรของตัวแปรนำเข้าและตัวแปรนำออกในแต่ละตัวแปร

3) ส่วนกฎฐานฟัซซีแถวคอย เป็นส่วนสร้างกฎฐานความรู้ต่าง ๆ จากความสัมพันธ์ของฟัซซีเซต ในส่วนนี้จะมีการตรวจสอบและขจัดความซ้ำซ้อนของกฎที่ได้ด้วย กฎที่

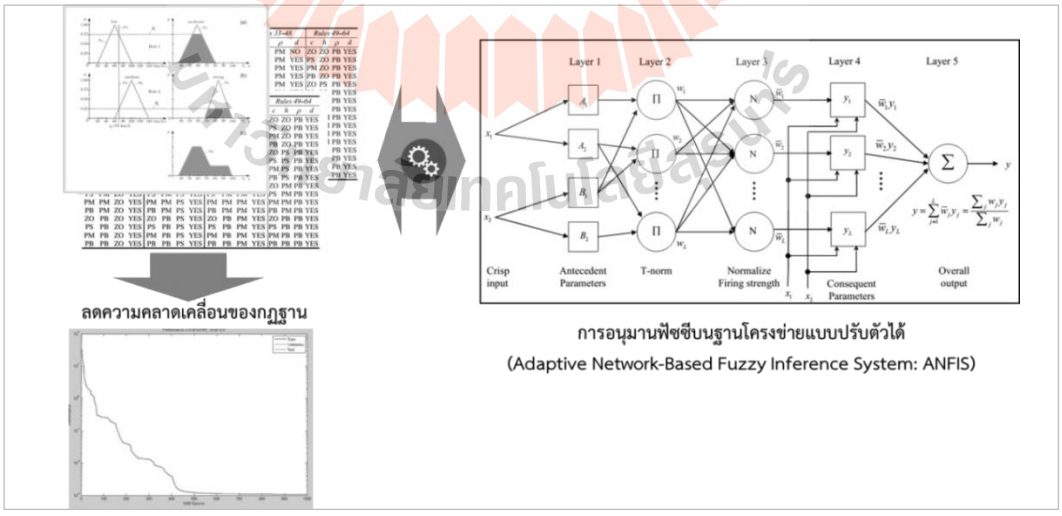
ได้จากส่วนนี้จะถูกเก็บไปไว้ในส่วนของฐานข้อมูล เพื่อเรียกใช้เมื่อมีการจำลองตัวแบบแถวคอย ซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปแฟ้มข้อมูลแบบเอ็กเอ็มแอล (XML File)

ขั้นตอนการออกแบบและสร้างฟัซซีเซตของแถวคอยอัตโนมัติ แสดงได้ดังรูปที่ 3.20



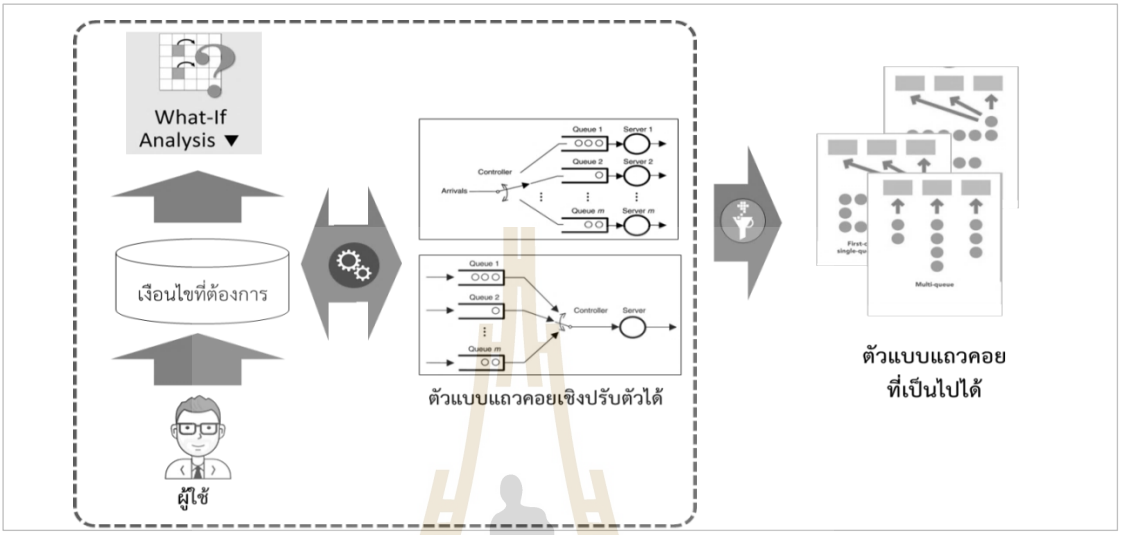
รูปที่ 3.20 ส่วนออกแบบและสร้างฟัซซีเซตของแถวคอยอัตโนมัติ

3.1.3.3 เรียนรู้กฎฐานจากชุดข้อมูล ในส่วนนี้เป็นขั้นตอนการเพิ่มความถูกต้องของกฎฐานฟัซซี โดยใช้การอนุมานฟัซซีบนฐานโครงข่ายแบบปรับตัวได้ (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System: ANFIS) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบอัตโนมัติ แสดงได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเรียนรู้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของกฎฐานฟัซซีด้วย ANFIS

3.1.3.4 ส่วนหาคำตอบที่เป็นไปได้ เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ถึงวิธีการเลือกตัวแบบแถวคอย โดยอาศัยการค้นหาตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้ ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องการ ซึ่งอาศัยการเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเงื่อนไข (What-If Analysis) ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ส่วนการค้นหาตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้

3.1.4 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ (System Implementation)

การศึกษาวิจัยการออกแบบตัวแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช แบ่งขั้นตอนการพัฒนาออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนการพัฒนาขั้นตอนวิธี (Algorithm) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.4.1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้การเก็บข้อมูลในการศึกษาระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งเป็นข้อมูลการให้บริการผู้ป่วยนอก แบบผู้ใหญ่ของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บข้อมูลดังนี้

1) สร้างแบบบันทึกการเก็บข้อมูลการให้บริการสำหรับการวิจัยสำหรับผู้ที่มารับบริการเพื่อใช้ในการบันทึกระยะเวลาการให้บริการ เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการ เลขที่ทั่วไปของผู้รับบริการ (Hospital Number: HN) เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละหน่วยให้บริการ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

2) เสนอหนังสือขออนุมัติต่อผู้บริหารของโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัย และทำหนังสือแจ้งเวียนถึงหน่วยงานย่อยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แผนกผู้ป่วยนอก ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ และศูนย์วิชาการ

3) แนบแบบบันทึกการเก็บข้อมูลไปพร้อมกับชุดประวัติการรักษา (OPD Card) ของผู้รับบริการที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยซึ่งได้จากวิธีการสุ่มแบบโควต้า (Quota Sampling) ซึ่งรายละเอียดและจำนวนการเก็บข้อมูลจะกล่าวในหัวข้อที่ 3.4

3.1.4.2 ขั้นตอนการพัฒนาขั้นตอนวิธี ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้การพัฒนาขั้นตอนวิธีของมอดูล ด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ภาษาวิชวลเบสิก 2010 เอ๊กซ์เพรส (Visual Basic 2010 Express) และส่วนฐานข้อมูล (Database) สำหรับจัดเก็บฐานความรู้ (Knowledge Base) ของมอดูลพัฒนาด้วยระบบแฟ้มข้อมูลแบบเอ็กซ์เอ็มแอล (XML File)

3.1.5 ขั้นตอนการประเมินผลและติดตามผล (System Maintenance and Review)

ขั้นตอนการประเมินผลของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ดังสมการที่ 3-4 โดยประเมินจากผลการจำลองมอดูลผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งแบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- การประเมินความถูกต้องของการทำงานตัวแบบแถวคอย
- การวิเคราะห์ความพอใจในการนำเสนอตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการศึกษา 2 ส่วน ดังนี้

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนามอดูล

3.2.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ มีคุณสมบัติดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางชนิดอินเทล คอร์ไอไฟท์ โพรเซสเซอร์ (Intel Core i5) ความถี่ 1.80 กิกะเฮิรตซ์ (1.80 GHz)
- หน่วยความจำหลัก ขนาด 8.0 กิกะไบต์ (8.0 GB)
- หน่วยความจำรอง ขนาด 500 กิกะไบต์ (500 GB)
- ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ 10 โปร แบบ 64 บิต (Microsoft Windows 10 Pro 64-bit)
- อุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์ เครื่องพิมพ์

3.2.1.2 ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ภาษาวิชวลเบสิก 2010 เอ๊กซ์เพรส (Visual Basic 2010 Express)

3.2.1.3 ระบบจัดเก็บข้อมูล (Database) และกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule-Bases) ของมอดูล ซึ่งจัดเก็บด้วยระบบแฟ้มข้อมูลแบบเอ็กซ์เอ็มแอล (XML Files)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องของตัวแบบแถวคอย ซึ่งใช้การประเมินด้วยวิธี การหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากจำลองสถานการณ์ผ่านมอดูลที่ได้จากการออกแบบในงานวิจัยนี้ และค่าของข้อมูลจากสถานการณ์ของระบบจริงที่ได้จากการเก็บรวบรวม

3.2.2.2 การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานมอดูล โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 หัวข้อในการประเมิน แบบสอบถามจะใช้คำถามปลายปิด และหัวข้อที่ใช้ในการประเมิน 5 ด้าน ยึดตามองค์ประกอบของการใช้งาน (Usability) ตามแนวคิดของนีลเซน (Jakob Nielsen, 2546: www) ได้แก่

- ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)
- ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency)
- ด้านความสามารถในการจดจำได้ (Memorability)
- ด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors)
- ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction)

กำหนดเกณฑ์ในการประเมินซึ่งเป็นการประเมินความพึงพอใจแบบเรทติ้งสเกล (Ratting Scale) โดยใช้เกณฑ์ของลีเคิร์ท (Likert's Scale) มี 5 ระดับ ดังตารางที่ 3.1

ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะที่ผู้ประเมินมีต่อแบบแถวคอยที่นำเสนอ

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจ

เกณฑ์ในการให้คะแนน		ความหมาย
เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	
ดีมาก	4.21 - 5.00	ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
ดี	3.41 - 4.20	ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี
พอใช้	2.61 - 3.40	ระดับคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
น้อย	1.81 - 2.60	ระดับคุณภาพอยู่ในระดับน้อย
ไม่เหมาะสม	1.00 - 1.80	ระดับคุณภาพอยู่ในระดับไม่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

การสร้างและการหาประสิทธิภาพของแบบสอบถามในการประเมินความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อมอดูลที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ โดยการนำแบบสอบถามไปทดสอบหาความเที่ยงตรงจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญจะตรวจสอบข้อคำถามที่ปรากฏในเครื่องมือ แล้วนำมาหาค่า IOC (Item Objective Congruency Index) ซึ่งหมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ และปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้

3.4 การเก็บรวมรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ในระหว่างวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2559 ถึง 24 มิถุนายน พ.ศ. 2559 โดยเก็บข้อมูลในวันทำการปกติแต่ละวัน ตั้งแต่เวลา 08.00 – 16.00 น. เก็บรวบรวมข้อมูล 3 วิธี คือ 1) ได้จากฐานข้อมูลการให้บริการและฐานข้อมูลด้านทรัพยากรที่มีการรวบรวมไว้แล้วของทางโรงพยาบาล 2) ได้จากการสังเกตและการสอบถามจากทั้งผู้ให้บริการ ผู้ป่วยที่รับบริการและญาติผู้ป่วยจากระบบให้บริการแบบผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ 3) บันทึกข้อมูลผ่านแบบบันทึกข้อมูลการให้บริการ รายละเอียดดังภาคผนวก ก. และ 4) จากการตอบแบบสอบถามและสัมภาษณ์แพทย์ผู้ให้บริการ รายละเอียดดังภาคผนวก ข. ทั้งนี้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมประกอบด้วยข้อมูล 2 ชนิด ซึ่งจำแนกตามลักษณะของข้อมูล ดังนี้

3.4.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในส่วนของผู้รับบริการและผู้ให้บริการในเชิงอธิบายลักษณะของข้อมูล เช่น เพศ กลุ่มโรคทางจิตเวชของผู้ป่วย ลักษณะของผู้ป่วย (เช่น เป็นผู้ป่วยใหม่ ผู้ป่วยรักษาต่อเนื่อง หรือผู้ป่วยรับยาเดิม) และพฤติกรรมต่าง ๆ ระหว่างบริการ

3.4.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในส่วนของผู้รับบริการและผู้ให้บริการในเชิงตัวเลข เช่น อายุทั้งผู้ป่วยและผู้ให้บริการ จำนวนผู้ให้บริการและจำนวนปีในการทำงาน จำนวนผู้มารับบริการ ระยะเวลาในการให้บริการ เวลารอคอย อัตราการเข้ามารับบริการในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ระดับความรุนแรงและความเร่งด่วนเพื่อให้การรักษา และจำนวนช่องทางให้บริการในแต่ละหน่วยให้บริการ

สำหรับการเก็บข้อมูลผ่านแบบบันทึกการให้บริการนั้น จะเก็บตามลักษณะของการมารับบริการ ตามที่ทางโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำแนกไว้แล้ว 3 ประเภท โดยมีภูมิลำเนาอยู่ในเขตรับผิดชอบ 4 จังหวัด คือ นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ ด้วยวิธีการสุ่มแบบโควต้า (Quota Sampling) ได้แก่ 1) ผู้รับบริการแบบผู้ป่วยนอกทั่วไป ทั้งผู้ป่วยใหม่และผู้ป่วยเก่า

จำนวน 120 รายต่อวัน หรือร้อยละ 50 ของผู้ป่วยนอกทั่วไป 2) ผู้รับบริการที่ผ่านการคัดกรองทางการพยาบาลแล้วว่าต้องได้รับการรักษาแบบเร่งด่วนทุกราย เฉลี่ยวันละ 15 รายต่อวัน และ 3) ผู้รับบริการที่ผ่านการคัดกรองทางการพยาบาลแล้วว่าต้องได้รับการรักษาแบบฉุกเฉินเฉลี่ยวันละ 10 รายต่อวัน แบ่งการการเก็บข้อมูลออกเป็นสองช่วง คือ ช่วงเช้าและช่วงบ่าย จำนวนเท่า ๆ กัน

ในขั้นตอนการบันทึกระยะเวลาการให้บริการนั้น จะแนบแบบบันทึกไว้กับชุดประวัติรับบริการ (OPD Card) ที่หน้าห้องตรวจแพทย์ จากนั้นเมื่อผู้รับบริการถึงคิวที่ต้องเข้ารับบริการตรวจรักษากับแพทย์ ผู้ช่วยเหลือคนไข้ที่ให้บริการและเรียกคิวรับบริการที่หน้าตรวจแพทย์แต่ละห้องตรวจ จะดึงแบบบันทึกข้อมูลให้บริการที่แนบไว้กับชุดประวัติออก เพื่อบันทึกข้อมูลเวลาเริ่มให้บริการ และบันทึกอีกครั้งเมื่อให้บริการแล้วเสร็จ และเวลาที่บันทึกนั้นจะใช้เวลาจากนาฬิกาชุดเดียวกันที่ผู้วิจัย ติดตั้งไว้ให้

จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลจากการบันทึกผ่านแบบบันทึกแล้ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลดังกล่าวมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์เพื่อหาข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ เกี่ยวกับผู้รับบริการ เช่น เพศ อายุ ภูมิลำเนา จำนวนโรคที่เจ็บป่วยทั้งโรคหลักและโรคร่วม จำนวนครั้งที่มารับบริการ จากฐานข้อมูลของทางโรงพยาบาล โดยประสานขอข้อมูลผ่านศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อใช้เป็นปัจจัยเพิ่มเติมในการศึกษา

ในระหว่างการเก็บข้อมูลระยะเวลาให้บริการนั้น จะมีการสัมภาษณ์แพทย์ที่ให้บริการเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการกับผู้ป่วยทางจิตเวช โดยสัมภาษณ์แพทย์ที่ให้บริการ 3 ท่าน ประกอบด้วยแพทย์ที่ปฏิบัติการด้านสุขภาพจิตมาแล้ว 9 เดือน 3 ปี และ 25 ปี ตามลำดับ

ทั้งนี้ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัย ยังมีการรวบรวมทั้งแบบสังเกตจากพฤติกรรมบริการ การสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบการให้บริการทั้งผู้ให้บริการ ผู้รับบริการและญาติของผู้รับบริการ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วน คือ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากค่าความเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) และการประเมินความพึงพอใจในการนำเสนอตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้ ด้วยการประเมินความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE)

ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) เป็นตัวแปรที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยโดยไม่คำนึงถึงทิศทางบวกหรือลบ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่าง

ค่าที่ได้จากจำลองสถานการณ์ผ่านมอดูลที่ได้จากการออกแบบในงานวิจัยนี้ และค่าของข้อมูลจากสถานการณ์ของระบบจริง โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ แสดงดังสมการที่ 3-4

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|Q_i - F_i| \tag{3-4}$$

เมื่อ F_i คือ ค่าที่ได้จากการจำลองผ่านมอดูล

Q_i คือ ค่าจริง

n คือ จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ

3.5.2 ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เป็นตัวแปรที่แสดงถึงค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยโดยไม่คำนึงถึงทิศทางบวกหรือลบ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากจำลองสถานการณ์ผ่านมอดูลที่ได้จากการออกแบบในงานวิจัยนี้ และค่าของข้อมูลจากสถานการณ์ของระบบจริง โดยค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ แสดงดังสมการที่ 3-5

$$MAPE = \frac{100}{N}\sum_{t=1}^{N}\left[\left|\frac{y(t) - Y(t)}{y(t)}\right|\right] \tag{3-5}$$

เมื่อ t คือ ช่วงเวลาใด ๆ

N คือ จำนวนข้อมูล

$y(t)$ คือ ข้อมูลจริง ณ เวลา t

$Y(t)$ คือ ข้อมูลจำลองผ่านมอดูล ณ เวลา t

การหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์และค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ในงานวิจัยนี้ เพื่อวิเคราะห์ถึงความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์แถวคอย โดยใช้การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงที่ได้จากการเก็บรวบรวม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

ประเมินความพึงพอใจ โดยการถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ (Face Validation) จำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านแถวคอย ผู้บริหารโรงพยาบาล และคณะอนุกรรมการพัฒนาระบบบริการ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติในเชิงพรรณาใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ดังสมการที่ 3-6 วัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังสมการที่ 3-7 เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับความพึงพอใจในการนำเสนอตัวแบบแถวคอยที่เป็นไปได้

- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \tag{3-6}$$

เมื่อ x คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

- ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \tag{3-7}$$

เมื่อ S คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือ คะแนนแต่ละค่าในกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

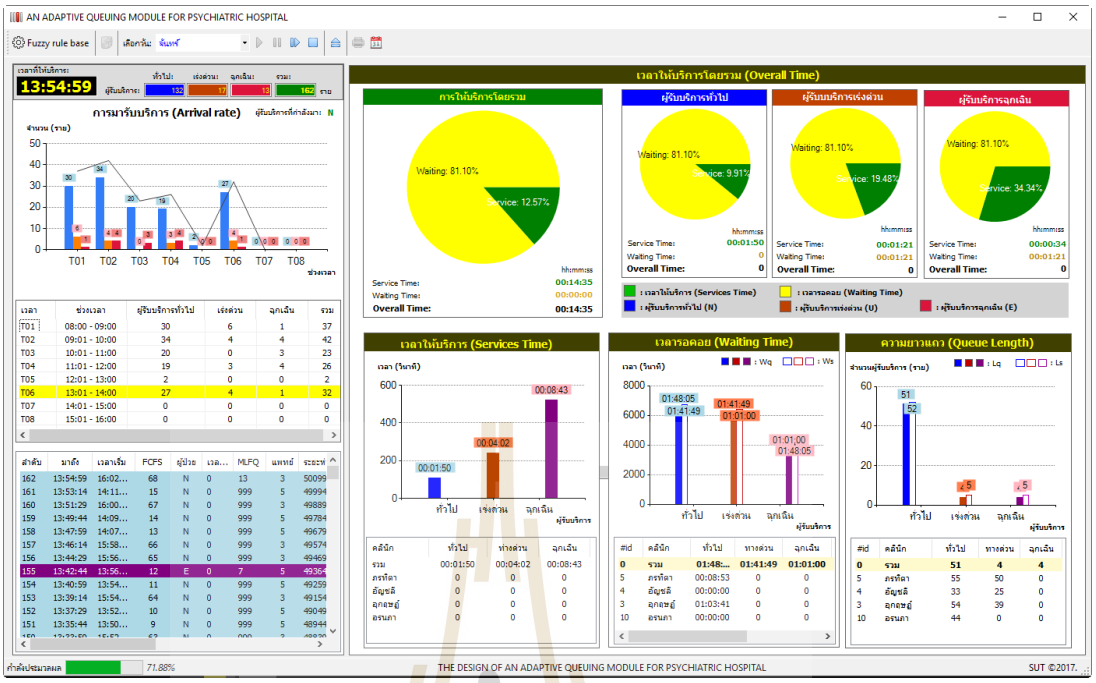
บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ซึ่งแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการออกแบบและพัฒนามอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช และผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการรออกแบบและพัฒนามอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

จากการใช้แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ในการการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ในส่วนของการออกแบบและพัฒนามอดูลซึ่งเป็นระยะการอออกแบบการทำงานของมอดูลใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 ให้กับซอฟต์แวร์เดิมจากงานวิจัยเรื่องการลดระยะเวลาการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง (ประชาสันต์ แว่นไธสง และธรา อั่งสกุล, 2555) ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ปรับปรุงและเพิ่มความสามารถของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้แล้ว แสดงได้ดังรูปที่ 4.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



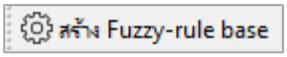
รูปที่ 4.1 หน้าต่างการแสดงผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์ผ่านมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 4 ส่วน ได้แก่

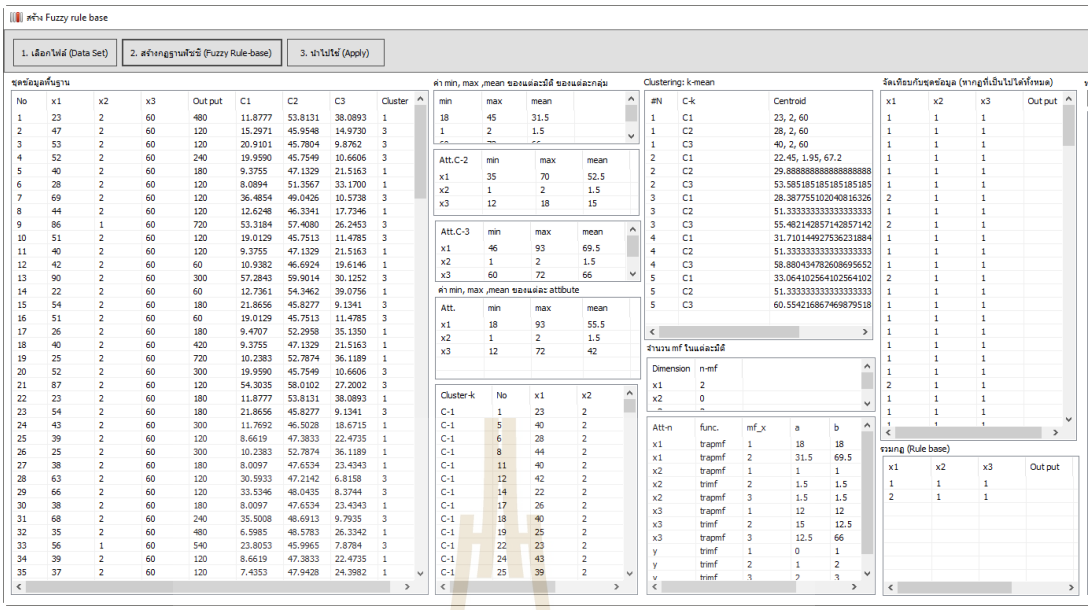
4.1.1 ส่วนเมนูบาร์ (Menu bar) ใช้สำหรับจัดการเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์การให้บริการ แสดงได้ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งแต่ละเมนูมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.2 เมนูบาร์ (Menu bar)

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดเมนูบาร์ (Menu bar)

ชื่อเมนู	ภาพเมนู	ความหมาย
Fuzzy rule-base		เปิดหน้าต่างสำหรับสร้าง Fuzzy rule-base เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการให้บริการเชิงปรับตัวได้
เลือกวัน		เลือกวันบริการที่ต้องการจำลอง ได้แก่ จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ โดยเลือกได้ 1 วันต่อ 1 รอบการจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับอัตราการมาของผู้รับบริการและเวรออกตรวจของแพทย์ ซึ่งกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นไว้แล้ว
รัน		เริ่มการจำลองสถานการณ์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ หรือกดปุ่ม F5 ที่แป้นพิมพ์
หยุดชั่วคราว		หยุดการจำลองสถานการณ์ชั่วคราว ณ ช่วงเวลาหนึ่ง หรือกดปุ่ม F6 ที่แป้นพิมพ์
รันต่อ		เริ่มการจำลองสถานการณ์ต่อจากจุดที่หยุดไว้ชั่วคราว หรือกดปุ่ม F7 ที่แป้นพิมพ์
หยุด		หยุดการจำลองสถานการณ์ ณ เวลาหนึ่ง และจะไม่สามารถรันต่อจากจุดที่หยุดได้ หรือกดปุ่ม Space bar ที่แป้นพิมพ์
ยกเลิก		ยกเลิกการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด หรือกดปุ่ม Esc ที่แป้นพิมพ์

4.1.2 ส่วนการสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) เป็นเมนูซึ่งอยู่ในส่วนของเมนูบาร์ใช้สำหรับเปิดหน้าต่างสำหรับสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) แสดงดังรูปที่ 4.3

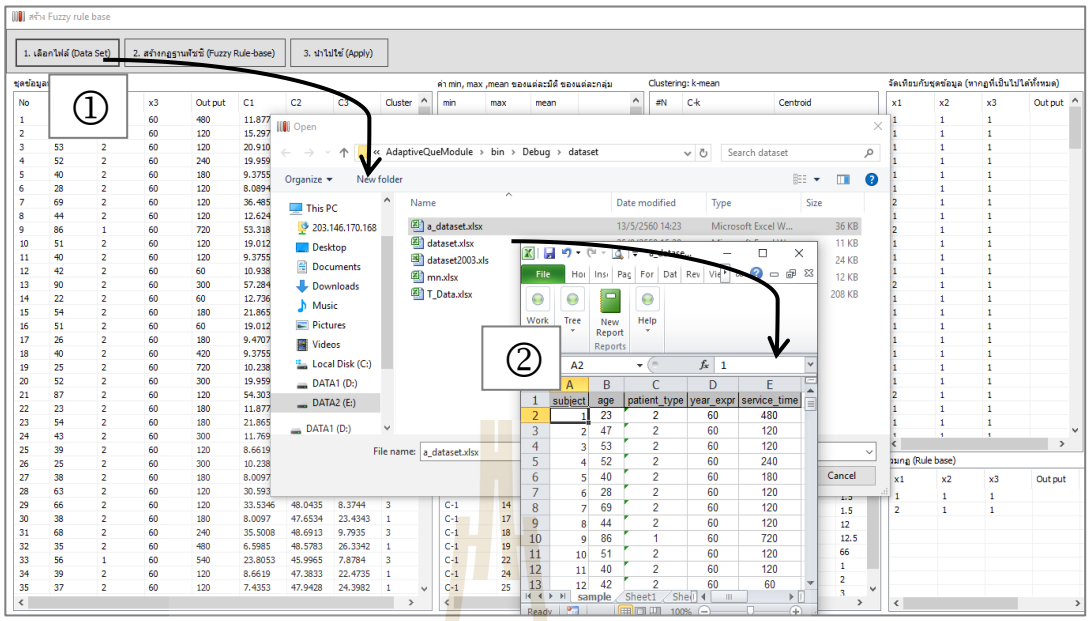


รูปที่ 4.3 หน้าต่างสำหรับสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) สำหรับตัวแบบแถวคอย

จากรูปที่ 4.2 เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการสร้างกฎฐานฟัซซีแบบอัตโนมัติ เพื่อนำกฎฐานฟัซซีที่ได้ไปใช้ในการคำนวณเวลาให้บริการของตัวแบบแถวคอย สำหรับการจำลองสถานการณ์ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนในการสร้างกฎฐานฟัซซีดังนี้

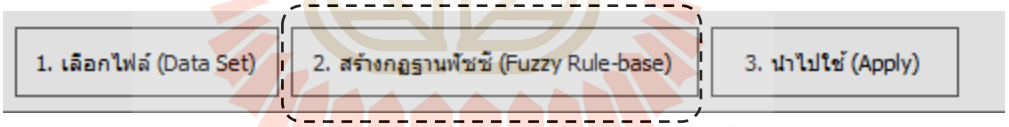
1) คลิกเลือกที่ปุ่ม ไฟล์นำเข้า (Data Set) ในส่วนนี้จะเป็นการเลือกไฟล์ที่มีข้อมูลปัจจัยนำเข้าตามที่ได้ศึกษาไว้ ซึ่งไฟล์ข้อมูลนำเข้านี้จะอยู่ในรูปแบบสเปรดชีต (Spreadsheet) เมื่อเลือกชุดข้อมูลปัจจัยนำเข้าเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลดังกล่าวจะถูกจัดเก็บเข้าไปยังฐานข้อมูล (Database) ของซอฟต์แวร์ เพื่อใช้ในการสร้างกฎฐานฟัซซีต่อไป ดังรูปที่ 4.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



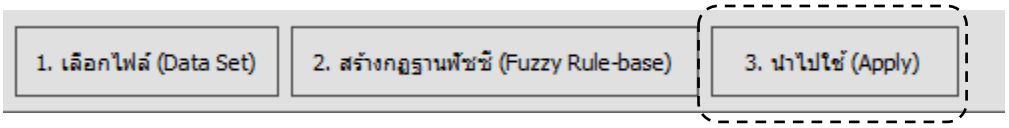
รูปที่ 4.4 การเลือกไฟล์ข้อมูลปัจจัยนำเข้า

2) คลิกเลือกที่ปุ่ม สร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) ในส่วนนี้จะเป็นการสร้างกฎฐานฟัซซีอัตโนมัติจากชุดไฟล์ข้อมูลนำเข้า (Data Set) ดังรูปที่ 4.5



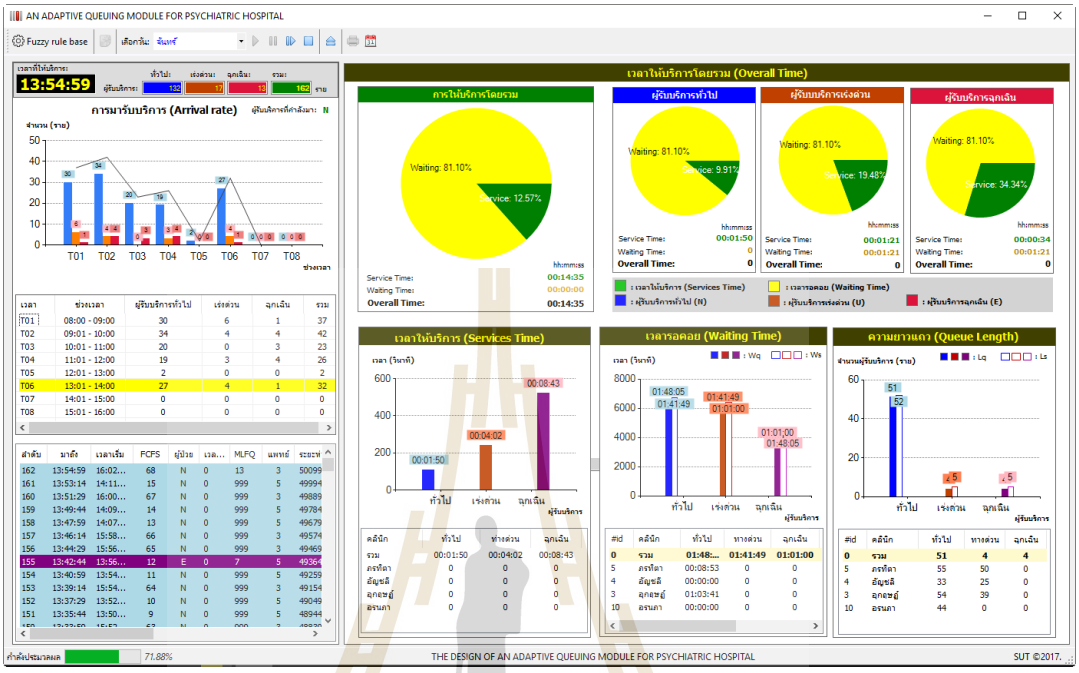
รูปที่ 4.5 การสร้างกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base)

3) คลิกเลือกที่ปุ่ม ประยุกต์ใช้ (Apply) เพื่อบันทึกกฎฐานฟัซซีให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลเอ็กเอ็มแอลไฟล์ (XML File) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการจำลองสถานการณ์ต่อไป



รูปที่ 4.6 การประยุกต์ใช้ (Apply) กฎฐานฟัซซีให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลเอ็กเอ็มแอลไฟล์

4.1.3 ส่วนแสดงผลการจำลองสถานการณ์ ในส่วนนี้เป็นส่วนสำหรับการแสดงผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการของแพทย์กับผู้รับบริการการ แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ส่วนแสดงผลการจำลองสถานการณ์

4.1.4 ส่วนแสดงสถานะความคืบหน้าการจำลองสถานการณ์ จะแสดงความคืบหน้าขณะกำลังจำลองสถานการณ์การให้บริการ โดยแสดงผ่านทางแถบแสดงความคืบหน้า (Progress bar) ซึ่งแสดงผลเป็นร้อยละ ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ส่วนแสดงสถานะความคืบหน้าของการจำลองสถานการณ์

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช นำเสนอข้อมูล 5 ส่วน คือ 1) ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ 2) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์การเข้ามาของผู้รับบริการ

3) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ และ 4) การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ และ 5) การอภิปรายผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้

ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช โดยใช้วิธีสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถามเพื่อคัดเลือกปัจจัย (Feature Selection) จากแพทย์ผู้ให้บริการ พร้อมกับระบุระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการให้บริการ จากแพทย์ทั้งหมด 3 ท่าน ซึ่งมีประสบการณ์ในการตรวจรักษาและให้บริการด้านสุขภาพจิตที่โรงพยาบาลจิตเวนครราชสีมาราชนครินทร์แตกต่างกัน ได้แก่ แพทย์ที่มีประสบการณ์ตรวจรักษา 9 เดือน 3 ปี และ 25 ปี ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดแบบสอบถามแพทย์แสดงดังภาคผนวก ข.

จากการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถามเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาการให้บริการจากแพทย์ 3 ท่าน สามารถสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาให้บริการของแพทย์

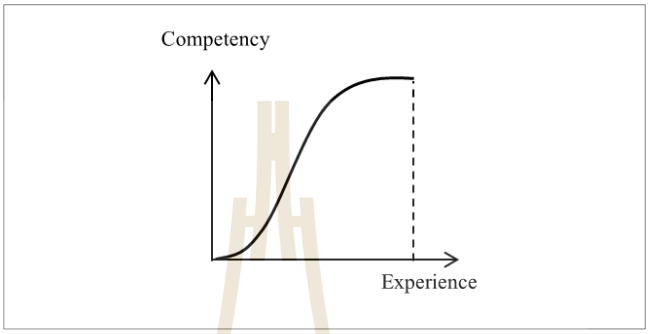
ลำดับ	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาให้บริการของแพทย์
1	ประสบการณ์ทำงานของแพทย์
2	จำนวนโรคที่ป่วย
3	จำนวนครั้งที่มารับบริการ
4	ช่วงอายุของผู้รับบริการ
5	การสื่อสารระหว่างแพทย์กับผู้รับบริการ ได้แก่ ภูมิลำเนา อาชีพ และการศึกษา ของผู้รับบริการ

จากตารางที่ 4.2 สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

4.2.1.1 ประสบการณ์ให้บริการของแพทย์ คือ ประสบการณ์ทำงานของแพทย์ในด้านการให้บริการตรวจรักษาผู้รับบริการทางจิตเวชที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ซึ่งจะส่งผลต่อเวลาการให้บริการตรวจรักษา กล่าวคือ แพทย์ใหม่ หรือแพทย์ที่มีประสบการณ์ไม่เกิน 2 ปี จะใช้มากในการตรวจรักษาไม่ว่าจะเป็นผู้รับบริการรายใหม่หรือผู้รับบริการแบบติดตามอาการก็ตาม ส่วนแพทย์ที่ประสบการณ์ให้บริการประมาณ 2-5 ปี ใช้เวลาน้อยลงกว่าแพทย์ใหม่

เนื่องจากมีประสบการณ์ในการให้บริการมากขึ้น และแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการมากกว่า 5 ปี แล้ว จะใช้เวลาให้บริการน้อยลงและค่อนข้างคงที่

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความสามารถในการให้บริการ (Competency) กับประสบการณ์ทำงาน (Experience) ของแพทย์ จะมีสัมพันธ์กับกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) แบบฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function) ของระบบฟัซซี ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ประสบการณ์ให้บริการของแพทย์

ทั้งนี้แพทย์ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าแพทย์ใหม่จะจดบันทึกอาการป่วยหรืออาการสำคัญต่าง ๆ อย่างละเอียดในชุดประวัติ (OPD Card) อีกทั้งยังต้องปรับตัวให้เข้าบริบทของโรงพยาบาลนั้น ๆ และอยู่ในช่วงเรียนรู้และหาประสบการณ์จึงทำให้ใช้เวลาค่อยข้างนาน ส่วนแพทย์ที่ทำงานมาประมาณ 2-5 ปี จะใช้เวลาน้อยลงกว่าแพทย์ใหม่ การจดบันทึกต่าง ๆ จะจดบันทึกเฉพาะส่วนที่สำคัญ ๆ และแพทย์ที่มีประสบการณ์มากกว่า 5 ปี จะมีประสบการณ์ในการให้บริการและเชี่ยวชาญในการให้บริการ รวมถึงการจดบันทึกอาการสำคัญต่าง ๆ ก็จะจดบันทึกเฉพาะส่วนสำคัญ ๆ และใช้เวลาในการให้บริการค่อนข้างไม่แตกต่างกันมากนัก

4.2.1.2 จำนวนโรคที่ป่วย คือ จำนวนโรคที่ผู้รับบริการได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าป่วย ซึ่งผู้รับบริการแต่ละรายสามารถป่วยได้มากกว่า 1 โรค โดยจะแบ่งเป็นโรคหลัก และโรคร่วม โรคหลักคือโรคที่แสดงอาการป่วยเด่นชัด ส่วนโรคร่วมคือโรคที่ป่วยร่วมแต่ไม่ได้แสดงอาการเด่นชัด ทั้งนี้ผู้รับบริการแต่ละรายจะถูกวินิจฉัยโรคหลัก 1 โรคทุกราย ส่วนโรคร่วมนั้นจะมี 1 โรค หรือหลายโรค หรือไม่มีก็ได้ จำนวนโรคที่ป่วยนี้จะส่งผลต่อเวลาการตรวจของแพทย์ เนื่องจากหากป่วยด้วยโรคหลายโรคก็จะใช้เวลาในตรวจวินิจฉัยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะต้องพิจารณาอื่น ๆ ร่วม เช่น การจ่ายยาก็จะต้องพิจารณาผลข้างเคียงกับโรคร่วมด้วย จากการสอบถามแพทย์ ซึ่งให้ข้อมูลสอดคล้องกันว่าจำนวนที่ผู้รับบริการป่วยจำนวน 1 โรค 2 โรค และ 3 โรค จะใช้เวลาในการให้บริการ

แตกต่างกัน แต่หากมีจำนวนโรคที่ป่วยมากกว่า 3 โรคแล้ว จะใช้เวลาไม่แตกต่างจากกลุ่มผู้รับบริการที่ป่วยจำนวน 3 โรคมากนักซึ่งสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มี 3 โรคได้

จากการวิเคราะห์การเข้ามารับบริการของผู้มารับบริการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวน 26,759 ราย (N=26,759) จำแนกตามจำนวนโรคที่ป่วย โดยแยกตามช่วงเวลาของแต่ละวันที่เข้ามารับบริการ เพื่อให้ทราบการอัตราการเข้ามารับบริการและสามารถนำไปสร้างการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 – 4.7

ตารางที่ 4.3 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	2,651	91.54
	2	221	7.63
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	24	0.83
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	1,473	94.61
	2	71	4.56
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	13	0.83

ตารางที่ 4.4 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	3,117	90.06
	2	284	8.26
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	39	1.13
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	1,403	95.05
	2	66	4.47
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	7	0.47

ตารางที่ 4.5 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	3,232	91.17
	2	279	7.87
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	33	0.93
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	1,458	92.63
	2	103	6.54
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	13	0.83

ตารางที่ 4.6 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	3,724	90.70
	2	331	8.06
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	51	0.02
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	1,604	93.80
	2	98	5.73
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	8	0.47

ตารางที่ 4.7 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	3,157	90.05
	2	306	8.73
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	43	1.23
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	1,048	93.57
	2	67	5.98
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	5	0.45

จากตารางที่ 4.3-4.7 เมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการในแต่ละวันแล้ว จะพบว่าการมาในละช่วงเวลานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามจำนวนโรคที่ป่วยจึงจะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของแต่ละวันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 จำนวนผู้มารับบริการโดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามจำนวนโรค แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	90.81
	2	7.85
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	1.07
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	93.93
	2	5.46
	ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	0.61

4.2.1.3 จำนวนครั้งที่มารับบริการ คือ จำนวนครั้งที่ผู้รับบริการมารับบริการที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวนครั้งของการมาจะส่งผลต่อเวลาให้บริการของแพทย์ เนื่องจากถ้าเป็นการมารับบริการครั้งแรก ก็จะหมายถึงผู้รับบริการรายใหม่ ซึ่งหมายถึงผู้รับบริการจะยังไม่มีข้อมูลหรือไม่มีประวัติการเจ็บป่วยกับทางโรงพยาบาล แพทย์ก็จะต้องใช้เวลาในการซักประวัติและวินิจฉัยโรคโดยละเอียด และหากมารับบริการครั้งต่อไป แพทย์ก็จะมีประวัติไว้บ้างบางส่วนแล้ว ซึ่งจะเป็นการติดตามอาการป่วย (Follow-up) ทำให้ใช้เวลาในการตรวจวินิจฉัยน้อยลง จากการสอบถามแพทย์พบว่าการมาครั้งแรกจะใช้เวลาในการตรวจรักษามากที่สุด ครั้งที่สองเวลาจะลดลงจากครั้งแรกไม่มากนัก ส่วนการมาหลังจากนั้นจะใช้เวลาไม่มากนักและใช้เวลาไม่ต่างกันมากในแต่ละครั้ง

จากการวิเคราะห์การเข้ามารับบริการของผู้มารับบริการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวน 26,759 ราย (N=26,759) จำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ โดยแยกตามช่วงเวลาของแต่ละวันที่เข้ามารับบริการ เพื่อให้ทราบการอัตราการเข้ามารับบริการและสามารถนำไปสร้างการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9 – 4.13

ตารางที่ 4.9 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	167	6.30
	2	87	3.28
	3	93	3.51
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	2,302	86.90
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	63	4.28
	2	37	2.51
	3	44	2.99
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	1,329	90.22

ตารางที่ 4.10 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	145	4.65
	2	120	3.85
	3	92	2.95
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	2,760	88.55
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	39	2.78
	2	33	2.35
	3	23	1.64
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	1,308	93.23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	155	4.79
	2	136	4.21
	3	118	3.65
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	2,824	87.35
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	45	3.09
	2	31	2.13
	3	37	2.54
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	1,345	92.25

ตารางที่ 4.12 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	143	3.84
	2	123	3.30
	3	96	2.58
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	3,363	90.28
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	32	2.00
	2	38	2.37
	3	24	1.57
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	1,510	94.14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.13 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์

ช่วงเวลา	จำนวนโรคที่ป่วย	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	138	4.37
	2	120	3.80
	3	90	2.85
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	2,809	88.98
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	26	2.48
	2	30	2.86
	3	21	2.00
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	971	92.65

จากตารางที่ 4.9-4.13 เมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการในแต่ละวันแล้ว จะพบว่าการมาในละช่วงเวลานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามจำนวนครั้งที่มารับบริการจึงจะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของแต่ละวันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 จำนวนผู้มารับบริการโดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามจำนวนครั้งที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนครั้งที่มารับบริการ	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	1	4.79
	2	3.69
	3	3.11
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	88.41
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	1	2.92
	2	2.44
	3	2.13
	ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	92.50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.1.4 อายุ คือ อายุของผู้รับบริการ ซึ่งแพทย์ได้แบ่งอายุของผู้มารับบริการออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี อายุอยู่ระหว่าง 60 – 70 ปี และกลุ่มที่มีอายุมากกว่า 70 ปี ขึ้นไป ซึ่งการแบ่งกลุ่มช่วงอายุของแพทย์ก็จะสอดคล้องกับการแบ่งกลุ่มของแผนกผู้ป่วยนอกที่ใช้ในการจัดลำดับแถวคอยด้วย ซึ่งหากผู้รับบริการมีอายุมากจะส่งผลให้ใช้เวลาในการตรวจรักษาเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากอายุยิ่งมากก็จะมีโรคร่วมมาก การสื่อสารในระหว่างการให้บริการก็ทำได้ยากและใช้เวลานานขึ้น

จากการวิเคราะห์การเข้ามารับบริการของผู้มารับบริการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวน 26,759 ราย (N=26,759) จำแนกตามอายุที่มารับบริการ โดยแยกตามช่วงเวลาของแต่ละวันที่เข้ามารับบริการ เพื่อให้ทราบการอัตราการเข้ามารับบริการและสามารถนำไปสร้างการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.15 – 4.19

ตารางที่ 4.15 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์

ช่วงเวลา	ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	น้อยกว่า 60	2,037	49.42
	60 – 70	389	9.44
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	223	5.41
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	น้อยกว่า 60	1,160	28.14
	60 – 70	189	4.59
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	124	3.01

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.16 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร

ช่วงเวลา	ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	น้อยกว่า 60	2,374	52.52
	60 – 70	466	10.31
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	277	6.13
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	น้อยกว่า 60	1,069	23.65
	60 – 70	209	4.62
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	125	2.77

ตารางที่ 4.17 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ

ช่วงเวลา	ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	น้อยกว่า 60	2,449	52.21
	60 – 70	488	10.40
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	296	6.31
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	น้อยกว่า 60	1,107	23.60
	60 – 70	215	4.58
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	136	2.90

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.18 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี

ช่วงเวลา	ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	น้อยกว่า 60	2,872	53.89
	60 – 70	533	10.00
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	320	6.00
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	น้อยกว่า 60	1,210	22.71
	60 – 70	229	4.30
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	165	3.10

ตารางที่ 4.19 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลาสำหรับวันศุกร์

ช่วงเวลา	ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	น้อยกว่า 60	2,354	55.98
	60 – 70	478	11.37
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	325	7.73
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	น้อยกว่า 60	728	17.31
	60 – 70	182	4.33
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	138	3.28

จากตารางที่ 4.15-4.19 เมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการในแต่ละวันแล้ว จะพบว่าการมาในละช่วงเวลานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามจำนวนอายุจึงจะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของแต่ละวันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 จำนวนผู้มารับบริการโดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามอายุที่มารับบริการ แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	ช่วงอายุ (ปี)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	น้อยกว่า 60	76.06
	60 – 70	14.84
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	9.10
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	น้อยกว่า 60	75.49
	60 – 70	14.66
	มากกว่า 70 ขึ้นไป	9.85

4.2.1.5 การสื่อสาร คือ การพูดคุย ซักถามอาการป่วย ระหว่างแพทย์กับผู้รับบริการในขณะให้บริการ ซึ่งหากผู้รับบริการใช้ภาษาถิ่นในการสื่อสารก็จะทำให้ใช้เวลาในการให้บริการมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์นั้น มีพื้นที่เขตรับผิดชอบ 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ ซึ่งแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างทางด้านภาษาถิ่นอย่างมาก คือ จังหวัดนครราชสีมา ใช้ภาษาไทยโคราช จังหวัดชัยภูมิใช้ภาษาไทยอีสาน จังหวัดบุรีรัมย์ใช้ภาษาไทยส่วยหรือกุย และจังหวัดสุรินทร์ใช้ภาษาไทยเขมร แต่ทั้งนี้แพทย์ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าผู้รับบริการที่จะใช้ภาษาถิ่นในการสื่อสารนั้นจะพิจารณาเพิ่มอีก 3 ปัจจัย คือ ภูมิลำเนา อาชีพ และการศึกษา ซึ่งปัจจัยที่ 3 ปัจจัยนี้มีรายละเอียดดังนี้

1) ภูมิลำเนา ในการศึกษานี้ศึกษาผู้รับบริการที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตจังหวัดพื้นที่ให้บริการ 4 จังหวัด ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งจากการวิเคราะห์การเข้ามารับบริการของผู้มารับบริการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวน 26,759 ราย (N=26,759) จำแนกตามภูมิลำเนาของผู้ที่มารับบริการ โดยแยกตามช่วงเวลาของแต่ละวันที่เข้ามารับบริการ เพื่อให้ทราบการอัตราการเข้ามารับบริการและสามารถนำไปสร้างการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.21-4.25

ตารางที่ 4.21 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	นครราชสีมา	2,155	81.35
	ชัยภูมิ	109	4.11
	บุรีรัมย์	255	9.63
	สุรินทร์	29	1.09
	อื่น ๆ	101	3.81
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	นครราชสีมา	1,238	84.05
	ชัยภูมิ	46	3.12
	บุรีรัมย์	114	7.74
	สุรินทร์	17	1.15
	อื่น ๆ	58	3.94

ตารางที่ 4.22 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	นครราชสีมา	2,510	80.53
	ชัยภูมิ	138	4.43
	บุรีรัมย์	335	10.75
	สุรินทร์	27	0.87
	อื่น ๆ	107	3.43
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	นครราชสีมา	1,188	84.68
	ชัยภูมิ	37	2.64
	บุรีรัมย์	90	6.41
	สุรินทร์	23	1.64
	อื่น ๆ	65	4.63

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.23 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	นครราชสีมา	2,619	81.01
	ชัยภูมิ	139	4.30
	บุรีรัมย์	337	10.42
	สุรินทร์	31	0.96
	อื่น ๆ	107	3.31
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	นครราชสีมา	1,259	86.35
	ชัยภูมิ	34	2.33
	บุรีรัมย์	99	6.79
	สุรินทร์	19	1.30
	อื่น ๆ	47	3.22

ตารางที่ 4.24 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	นครราชสีมา	3,046	81.77
	ชัยภูมิ	166	4.46
	บุรีรัมย์	349	9.37
	สุรินทร์	52	1.40
	อื่น ๆ	112	3.01
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	นครราชสีมา	1,359	84.73
	ชัยภูมิ	42	2.62
	บุรีรัมย์	124	7.73
	สุรินทร์	21	1.31
	อื่น ๆ	58	3.62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.25 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	นครราชสีมา	2,565	81.25
	ชัยภูมิ	142	4.50
	บุรีรัมย์	310	9.82
	สุรินทร์	29	0.92
	อื่น ๆ	111	3.52
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	นครราชสีมา	938	89.50
	ชัยภูมิ	26	2.48
	บุรีรัมย์	47	4.48
	สุรินทร์	8	0.76
	อื่น ๆ	29	2.27

จากตารางที่ 4.21-4.25 เมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการในแต่ละวันแล้ว จะพบว่าการมาในละช่วงเวลานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามจำนวนภูมิลำเนาจึงจะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของแต่ละวันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 จำนวนผู้มารับบริการ โดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามภูมิลำเนา แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	นครราชสีมา	83.02
	ชัยภูมิ	4.15
	บุรีรัมย์	10.00
	สุรินทร์	1.05
	อื่น ๆ	3.42
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	นครราชสีมา	85.86
	ชัยภูมิ	2.64
	บุรีรัมย์	6.63
	สุรินทร์	1.23
	อื่น ๆ	3.64

2) อาชีพ เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสื่อสาร ซึ่งแพทย์จะให้ความสำคัญและพิจารณาอาชีพที่ส่งผลต่อการสื่อสารที่ผู้รับบริการจะใช้ภาษาถิ่นในการสื่อสาร ออกเป็น 4 ลักษณะอาชีพ คือ ว่างงาน เกษตรกร ค้าขาย และอาชีพอื่น ๆ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาร่วมกับระดับการศึกษาร่วมด้วย เช่น การว่างงานหากว่างงานและมีระดับการศึกษาไม่สูงแล้วก็จะมีโอกาศที่จะใช้ภาษาถิ่นในการสื่อสารมากกว่าผู้รับบริการที่ว่างงานแต่มีระดับการศึกษาสูง

ในการศึกษานี้ ศึกษาผู้รับบริการที่มี 4 ลักษณะอาชีพ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งจากการวิเคราะห์การเข้ามารับบริการของผู้มารับบริการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวน 26,759 ราย (N=26,759) จำแนกตามลักษณะอาชีพดังที่กล่าวมา โดยแยกตามช่วงเวลาของแต่ละวันที่เข้ามารับบริการ เพื่อให้ทราบการอัตราการเข้ามารับบริการและสามารถนำไปสร้างการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.27-4.31

ตารางที่ 4.27 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ว่างงาน	505	19.06
	เกษตรกร	627	23.67
	ค้าขาย	166	6.27
	อื่น ๆ	1,351	51.00
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ว่างงาน	353	23.96
	เกษตรกร	149	10.12
	ค้าขาย	102	6.92
	อื่น ๆ	869	59.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.28 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ว่างงาน	612	19.63
	เกษตรกร	795	25.51
	ค้าขาย	199	6.38
	อื่น ๆ	1,511	48.48
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ว่างงาน	292	20.81
	เกษตรกร	272	12.26
	ค้าขาย	118	8.41
	อื่น ๆ	821	58.52

ตารางที่ 4.29 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ว่างงาน	626	19.36
	เกษตรกร	807	24.96
	ค้าขาย	220	6.80
	อื่น ๆ	1,580	48.87
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ว่างงาน	329	22.57
	เกษตรกร	174	11.93
	ค้าขาย	156	10.70
	อื่น ๆ	799	54.80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.30 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ว่างงาน	746	20.03
	เกษตรกร	913	24.51
	ค้าขาย	6.36	6.36
	อื่น ๆ	49.10	49.10
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ว่างงาน	326	20.32
	เกษตรกร	225	14.03
	ค้าขาย	154	9.60
	อื่น ๆ	899	56.05

ตารางที่ 4.31 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ว่างงาน	635	20.11
	เกษตรกร	801	25.37
	ค้าขาย	171	5.42
	อื่น ๆ	1,550	49.10
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ว่างงาน	182	17.37
	เกษตรกร	126	12.02
	ค้าขาย	92	8.78
	อื่น ๆ	648	61.83

จากตารางที่ 4.27-4.31 เมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการในแต่ละวันแล้วจะพบว่าการมาในละช่วงเวลานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามลักษณะอาชีพจึงจะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของแต่ละวันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.32 จำนวนผู้มารับบริการโดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามลักษณะอาชีพ แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ว่างงาน	19.64
	เกษตรกร	24.30
	ค้าขาย	6.25
	อื่น ๆ	49.31
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ว่างงาน	21.01
	เกษตรกร	12.07
	ค้าขาย	8.88
	อื่น ๆ	58.04

3) ระดับการศึกษา เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสื่อสาร ซึ่งแพทย์จะให้ความสำคัญและพิจารณาระดับการศึกษา 5 ระดับ คือ ไม่ได้รับการศึกษา ประถมศึกษาตอนต้น ประถมศึกษาตอนปลาย มัธยาศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย ส่วนการระดับการศึกษาที่เหนือจากนี้ไป จะมีผลต่อการสื่อสารน้อย

ในการศึกษานี้ ศึกษาผู้รับบริการที่มี 5 รับดับการศึกษา ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งจากการวิเคราะห์การเข้ามารับบริการของผู้มารับบริการโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ จำนวน 26,759 ราย (N=26,759) จำแนกตามระดับการศึกษาดังที่กล่าวมา โดยแยกตามช่วงเวลาของแต่ละวันที่เข้ามารับบริการ เพื่อให้ทราบการอัตราการเข้ามารับบริการและสามารถนำไปสร้างการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.33-4.37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.33 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันจันทร์

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	114	4.30
	ประถมศึกษาตอนต้น	736	27.78
	ประถมศึกษาตอนปลาย	576	21.40
	มัธยมศึกษาตอนต้น	412	15.55
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	374	14.12
	อื่น ๆ	446	16.84
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	116	7.88
	ประถมศึกษาตอนต้น	339	23.01
	ประถมศึกษาตอนปลาย	247	16.77
	มัธยมศึกษาตอนต้น	212	14.39
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	198	13.44
	อื่น ๆ	361	24.51

ตารางที่ 4.34 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันอังคาร

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	107	3.43
	ประถมศึกษาตอนต้น	907	29.10
	ประถมศึกษาตอนปลาย	634	20.34
	มัธยมศึกษาตอนต้น	492	15.78
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	433	13.89
	อื่น ๆ	544	17.45
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	65	4.63
	ประถมศึกษาตอนต้น	313	22.31
	ประถมศึกษาตอนปลาย	247	17.61
	มัธยมศึกษาตอนต้น	211	15.04
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	213	15.18
	อื่น ๆ	354	25.23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.35 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพุธ

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	148	4.58
	ประถมศึกษาตอนต้น	922	28.52
	ประถมศึกษาตอนปลาย	630	19.49
	มัธยมศึกษาตอนต้น	532	16.46
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	442	13.67
	อื่น ๆ	559	17.29
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	69	4.73
	ประถมศึกษาตอนต้น	357	24.49
	ประถมศึกษาตอนปลาย	239	16.39
	มัธยมศึกษาตอนต้น	246	16.87
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	198	13.58
	อื่น ๆ	349	23.94

ตารางที่ 4.36 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันพฤหัสบดี

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	162	4.35
	ประถมศึกษาตอนต้น	1,080	28.99
	ประถมศึกษาตอนปลาย	762	20.46
	มัธยมศึกษาตอนต้น	544	14.60
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	508	13.64
	อื่น ๆ	669	17.96
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	69	4.30
	ประถมศึกษาตอนต้น	354	22.07
	ประถมศึกษาตอนปลาย	286	17.83
	มัธยมศึกษาตอนต้น	250	15.59
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	202	12.59
	อื่น ๆ	443	27.62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.37 จำนวนผู้มารับบริการจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา สำหรับวันศุกร์

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ราย)	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	127	4.02
	ประถมศึกษาตอนต้น	939	29.74
	ประถมศึกษาตอนปลาย	701	22.20
	มัธยมศึกษาตอนต้น	411	13.02
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	384	12.16
	อื่น ๆ	595	18.85
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	56	5.34
	ประถมศึกษาตอนต้น	255	24.33
	ประถมศึกษาตอนปลาย	188	17.94
	มัธยมศึกษาตอนต้น	142	13.65
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	105	10.02
	อื่น ๆ	301	28.72

จากตารางที่ 4.32-4.36 เมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการในแต่ละวันแล้วจะพบว่าการมาในละช่วงเวลานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามระดับการศึกษาจึงจะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของแต่ละวันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.38 จำนวนผู้มารับบริการโดยรวมเฉลี่ยจำแนกตามระดับการศึกษา แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จังหวัดภูมิลำเนา	จำนวน (ร้อยละ)
ช่วงเช้า 08.00-12.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	4.14
	ประถมศึกษาตอนต้น	28.83
	ประถมศึกษาตอนปลาย	20.78
	มัธยมศึกษาตอนต้น	15.08
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	13.50
	อื่น ๆ	17.68
ช่วงบ่าย 13.00-16.00 น.	ไม่ได้รับการศึกษา	5.38
	ประถมศึกษาตอนต้น	21.31
	ประถมศึกษาตอนปลาย	17.31
	มัธยมศึกษาตอนต้น	15.11
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	12.96
	อื่น ๆ	26.00

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ทำให้ทราบถึงอัตราการเข้ามารับบริการของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในแต่ละวัน จากนั้นจึงนำผลการวิเคราะห์อัตราการเข้ามาของปัจจัยต่าง ๆ มาสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการให้สอดคล้องกับอัตราการเข้ามาข้างต้นของแต่ละปัจจัย ซึ่งประสิทธิภาพผลการจำลองสถานการณ์การเข้ามาของแต่ละปัจจัย จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์การเข้ามาของผู้รับบริการ

ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการเปรียบเทียบข้อมูลการเข้ามารับบริการจริงจากข้อมูลของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการให้บริการที่เก็บรวบรวมไว้ ด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ดังสมการที่ 3-4 โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละประเภท และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองการเข้ามารับบริการตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

4.2.2.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละประเภท เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพผลการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการ โดยแยกเป็นรายวัน ดังนี้

1) วันจันทร์ จำแนกตามประเภทของผู้รับบริการและแยกเป็นรายชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการสำหรับวันจันทร์

หน่วย:ราย

ช่วงเวลา	ผู้รับบริการทั่วไป			ผู้รับบริการเร่งด่วน			ผู้รับบริการฉุกเฉิน			รวม		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
08.01-09.00	33	39	6	4	6	2	1	2	1	38	47	9
09.01-10.00	39	38	1	3	4	1	3	1	2	45	43	2
10.01-11.00	20	21	1	2	3	1	2	3	1	24	27	3
11.01-12.00	24	20	4	2	1	1	1	0	1	27	21	6
12.01-13.00	4	1	3	0	0	0	0	0	0	4	1	3
13.01-14.00	31	34	3	4	2	2	2	1	1	37	37	0
14.01-15.00	30	32	2	1	1	1	1	0	1	32	33	1
15.01-16.00	13	10	3	1	0	1	0	1	1	14	11	3

จากตารางที่ 4.39 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของผู้รับบริการทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และในส่วนของผลรวมของผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าน้อยเช่นกัน นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการในวันจันทร์มีค่าใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

2) วันอังคาร จำแนกตามประเภทของผู้รับบริการและแยกเป็นรายชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.40 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการสำหรับวันอังคาร

หน่วย:ราย

ช่วงเวลา	ผู้รับบริการทั่วไป			ผู้รับบริการเร่งด่วน			ผู้รับบริการฉุกเฉิน			รวม		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
08.01-09.00	20	23	3	3	4	1	1	1	0	24	28	4
09.01-10.00	39	38	1	3	3	0	3	3	1	45	44	1
10.01-11.00	19	21	2	4	3	1	2	0	2	25	24	1
11.01-12.00	16	20	4	0	1	1	1	1	0	17	22	5
12.01-13.00	4	1	3	0	1	1	0	0	0	4	2	2
13.01-14.00	36	34	2	3	2	1	1	2	1	40	38	2
14.01-15.00	34	32	2	2	3	1	2	0	1	38	35	3
15.01-16.00	12	10	2	1	2	1	1	1	1	14	13	1

จากตารางที่ 4.40 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของผู้รับบริการทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และในส่วนของผลรวมของผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าน้อยเช่นกัน นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการในวันอังคารมีค่าใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

3) วันพุธ จำแนกตามประเภทของผู้รับบริการและแยกเป็นรายชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.41 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการสำหรับวันพุธ

หน่วย:ราย

ช่วงเวลา	ผู้รับบริการทั่วไป			ผู้รับบริการเร่งด่วน			ผู้รับบริการฉุกเฉิน			รวม		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
08.01-09.00	24	21	3	1	2	1	0	1	1	25	24	1
09.01-10.00	41	38	3	3	4	1	2	3	1	46	45	1
10.01-11.00	24	22	2	3	2	1	2	1	1	29	24	4
11.01-12.00	16	14	2	2	2	0	1	1	0	19	17	2
12.01-13.00	2	4	2	0	1	1	0	0	0	2	5	3
13.01-14.00	20	23	3	3	2	1	2	2	0	25	27	2
14.01-15.00	15	14	1	2	2	0	2	1	1	19	17	2
15.01-16.00	10	7	3	1	1	0	2	1	1	13	9	4

จากตารางที่ 4.41 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของผู้รับบริการทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และในส่วนของผลรวมของผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าน้อยเช่นกัน นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการในวันพุธมีค่าใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

4) วันพฤหัสบดี จำแนกตามประเภทของผู้รับบริการและแยกเป็นรายชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.42 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการสำหรับวันพฤหัสบดี

หน่วย:ราย

ช่วงเวลา	ผู้รับบริการทั่วไป			ผู้รับบริการเร่งด่วน			ผู้รับบริการฉุกเฉิน			รวม		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
08.01-09.00	23	24	1	2	1	1	0	1	1	25	26	1
09.01-10.00	41	44	3	4	3	1	1	3	2	46	50	4
10.01-11.00	19	17	2	2	2	0	3	4	1	24	23	1
11.01-12.00	18	16	2	1	2	1	2	2	0	21	20	1
12.01-13.00	2	1	1	0	1	1	0	1	1	2	3	1
13.01-14.00	26	23	3	2	3	1	2	2	0	30	28	2
14.01-15.00	15	16	1	1	1	0	1	1	0	17	18	1
15.01-16.00	6	5	1	2	3	2	1	1	0	9	9	0

จากตารางที่ 4.42 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของผู้รับบริการทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และในส่วนของผลรวมของผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าน้อยเช่นกัน นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการในวันพฤหัสบดีมีค่าใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

5) วันศุกร์ จำแนกตามประเภทของผู้รับบริการและแยกเป็นรายชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.43 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามารับบริการ สำหรับวันศุกร์

หน่วย:ราย

ช่วงเวลา	ผู้รับบริการทั่วไป			ผู้รับบริการเร่งด่วน			ผู้รับบริการฉุกเฉิน			รวม		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
08.01-09.00	21	23	2	3	2	1	1	1	0	25	26	1
09.01-10.00	32	34	2	2	2	0	3	2	1	37	38	1
10.01-11.00	18	19	1	2	3	1	2	2	0	22	24	2
11.01-12.00	10	12	2	1	1	0	1	1	0	12	14	2
12.01-13.00	5	7	2	1	1	0	1	0	1	7	8	1
13.01-14.00	6	6	0	2	2	0	2	1	1	10	9	1
14.01-15.00	4	5	1	2	3	1	1	2	1	7	10	3
15.01-16.00	2	3	1	1	1	0	0	1	1	3	5	2

จากตารางที่ 4.43 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของผู้รับบริการทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และในส่วนของผลรวมของผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลาก็มีค่าน้อยเช่นกัน นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการในวันศุกร์มีค่าใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

จากการเปรียบเทียบผลการจำลองการเข้ามารับบริการกับข้อมูลการเข้ามารับบริการจริงในแต่ละวันข้างต้น ด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ ซึ่งค่าที่ได้ในแต่ละวันมีค่าน้อย นั่นคือ สามารถจำลองการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการในแต่ละวันได้ใกล้เคียงกับการมารับบริการจริง

4.2.2.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองการเข้ามารับบริการตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพผลการจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการ ตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยวิเคราะห์เป็นค่าเฉลี่ยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4.44 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยจำนวนโรคที่ป่วย

หน่วย:ราย

จำนวนโรคที่ป่วย	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)			ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
1	3,176	3,193	17	1,485	1,501	16
2	284	298	14	81	76	5
ตั้งแต่ 3 โรคขึ้นไป	32	43	11	9	6	3

จากตารางที่ 4.44 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของจำนวนโรคที่ป่วย มีค่าน้อย นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามปัจจัยจำนวนโรคที่ป่วยใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

ตารางที่ 4.45 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยจำนวนครั้งที่มา

หน่วย:ราย

จำนวนครั้งที่มารับบริการ	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)			ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
1	150	162	12	41	51	10
2	117	126	9	34	42	8
3	98	115	17	30	27	3
ตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	2,812	2,825	13	1,293	1,308	15

จากตารางที่ 4.45 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของจำนวนครั้งที่มารับบริการ มีค่าน้อย นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามปัจจัยจำนวนครั้งที่มารับบริการ ใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

ตารางที่ 4.46 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยช่วงอายุ

หน่วย:ราย

ช่วงอายุ	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)			ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
น้อยกว่า 60	2,417	2,430	13	1,055	1,069	14
60 – 70	471	491	10	205	194	11
มากกว่า 70 ขึ้นไป	288	292	14	138	144	6

จากตารางที่ 4.46 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของช่วงอายุที่มารับบริการ มีค่าน้อย นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามปัจจัยอายุที่มารับบริการ ใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

ตารางที่ 4.47 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยภูมิลำเนา

หน่วย:ราย

ภูมิลำเนา	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)			ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
นครราชสีมา	2,376	2,360	16	1,196	1,211	15
ชัยภูมิ	139	147	8	37	44	7
บุรีรัมย์	317	328	11	95	104	9
สุรินทร์	34	42	8	18	24	6
อื่น ๆ	108	119	11	51	62	11

จากตารางที่ 4.47 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของภูมิลำเนาที่มารับบริการ มีค่าน้อย นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามปัจจัยภูมิลำเนาที่มารับบริการ ใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.48 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยลักษณะอาชีพ

หน่วย:ราย

ลักษณะอาชีพ	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)			ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
ว่างงาน	625	618	7	269	258	11
เกษตรกร	789	793	4	169	161	8
ค้าขาย	199	207	8	124	133	9
อื่น ๆ	1,564	1,575	11	807	814	7

จากตารางที่ 4.48 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของลักษณะอาชีพที่มารับบริการ มีค่าน้อย นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามปัจจัยลักษณะอาชีพที่มารับบริการ ใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

ตารางที่ 4.49 เปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการจำลองการเข้ามาด้วยปัจจัยระดับการศึกษา

หน่วย:ราย

ระดับการศึกษา	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)			ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ผลการจำลอง	MAE
ไม่ได้รับการศึกษา	132	129	3	75	72	3
ประถมศึกษาตอนต้น	917	923	6	324	330	6
ประถมศึกษาตอนปลาย	659	648	11	241	238	3
มัธยมศึกษาตอนต้น	478	482	4	212	220	8
มัธยมศึกษาตอนปลาย	428	421	7	183	173	10
อื่น ๆ	563	572	9	362	358	4

จากตารางที่ 4.49 จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ในแต่ละช่วงเวลาของระดับการศึกษา ที่มารับบริการ มีค่าน้อย นั่นคือสามารถจำลองสถานการณ์การเข้ามารับบริการตามปัจจัยระดับการศึกษาที่มารับบริการ ใกล้เคียงกับการเข้ามารับบริการจริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากการเปรียบเทียบผลการจำลองการเข้ามารับบริการกับข้อมูลการเข้ามารับบริการจริงในแต่ละช่วงเวลา ของแต่ละปัจจัยข้างต้น ด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ ซึ่งค่าที่ได้ในแต่ละวันมีค่าน้อย นั่นคือ สามารถจำลองการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการในแต่ละปัจจัยได้ใกล้เคียงกับการมารับบริการจริง

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้

ในส่วนนนี้เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจำลองสถานการณ์ผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ในด้านการจำลองเวลาให้บริการ (Service Time) และเวลารอคอย (Waiting Time) ของแพทย์ที่ให้บริการ ของผู้รับบริการแต่ละประเภท ได้แก่ ผู้รับบริการทั่วไป ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน และผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน ด้วยการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ ดังสมการที่ 3-4 เปรียบเทียบกับข้อมูลเวลาให้บริการจริงของแพทย์ โดยแยกวิเคราะห์ตามประสบการการณ์ให้บริการของแพทย์ 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ในการให้บริการด้านสุขภาพจิตและจิตเวชที่แตกต่างกัน ได้แก่ มีประสบการณ์ให้บริการ 9 เดือน 3 ปี และ 25 ปี ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 9 เดือน

เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์เวลาให้บริการของแพทย์ที่บรรจุเข้าทำงานใหม่ มีประสบการณ์การให้บริการน้อย เปรียบเทียบกับข้อมูลเวลาให้บริการจริงเฉลี่ยรวมของผู้รับบริการแต่ละปรเภท ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้ข้อมูลจากแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการด้านสุขภาพจิตที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เป็นเวลา 9 เดือน ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพแสดงดังตารางที่ 4.50

ตารางที่ 4.50 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองเวลาให้บริการเฉลี่ย สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 9 เดือน

หน่วย: นาที.วินาที

ผู้รับบริการ	เวลาให้บริการ (Services Time)			เวลารอคอย (Waiting Time)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE
ทั่วไป	3.27	4.25	0.58	47.48	45.46	2.02
เร่งด่วน	9.27	11.12	1.45	22.24	20.51	1.33
ฉุกเฉิน	15.17	17.30	2.13	8.10	10.09	1.59

จากตารางที่ 4.50 ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการจำลองระยะเวลาให้บริการสำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 9 เดือน ทั้งในด้านเวลาให้บริการ (Services Time) และเวลารอคอย (Waiting Time) จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของระยะเวลาทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของเวลาบริการรวมก็มีน้อยเช่นกัน นั่นคือ ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองเวลาให้บริการได้ใกล้เคียงกับเวลาให้บริการจริง

4.2.3.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 3 ปี

เป็นการวิคราะห์ประสิทธิการการจำลองสถานการณ์เวลาให้บริการของแพทย์ที่มีประสบการณ์การให้บริการมาแล้วระดับหนึ่ง เปรียบเทียบกับข้อมูลเวลาให้บริการจริงเฉลี่ยรวมของผู้รับบริการแต่ละปรเภท ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้ข้อมูลจากแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการด้านสุขภาพจิตที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เป็นเวลา 3 ปี ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพแสดงดังตารางที่ 4.51

ตารางที่ 4.51 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองเวลาให้บริการ สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 3 ปี

หน่วย: นาที.วินาที

ผู้รับบริการ	เวลาให้บริการ (Services Time)			เวลารอคอย (Waiting Time)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE
ทั่วไป	3.00	3.45	0.45	44.32	42.15	2.17
เร่งด่วน	8.05	9.45	1.40	20.05	18.44	1.21
ฉุกเฉิน	11.50	14.10	2.20	7.02	5.14	1.48

จากตารางที่ 4.51 ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการจำลองระยะเวลาให้บริการสำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 3 ปี ทั้งในด้านเวลาให้บริการ (Services Time) และเวลารอคอย (Waiting Time) จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของระยะเวลาทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของเวลาบริการรวมก็มีน้อยเช่นกัน นั่นคือ ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองเวลาให้บริการได้ใกล้เคียงกับเวลาให้บริการจริง

4.2.3.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 25 ปี

เป็นการวิคราะห์ประสิทธิการการจำลองสถานการณ์เวลาให้บริการของแพทย์ที่มีประสบการณ์การให้บริการมาแล้วนานและมีความเชียวชาญในการให้บริการตรวจรักษา เปรียบเทียบกับข้อมูลเวลาให้บริการจริงเฉลี่ยรวมของผู้รับบริการแต่ละปรเภท ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้ข้อมูลจากแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการด้านสุขภาพจิตที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ เป็นเวลา 3 ปี ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพแสดงดังตารางที่ 4.52

ตารางที่ 4.52 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองเวลาให้บริการ สำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 25 ปี

หน่วย: นาที.วินาที

ผู้รับบริการ	เวลาให้บริการ (Services Time)			เวลารอคอย (Waiting Time)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE
ทั่วไป	1.55	2.48	0.53	36.21	33.43	2.38
เร่งด่วน	5.45	4.30	1.15	17.37	15.54	1.43
ฉุกเฉิน	9.38	7.20	2.18	6.30	4.40	1.50

จากตารางที่ 4.52 ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการจำลองระยะเวลาให้บริการสำหรับแพทย์ที่มีประสบการณ์ให้บริการ 25 ปี จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของระยะเวลาทั้งสามประเภทมีค่าน้อย และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของเวลาบริการรวมก็มีน้อยเช่นกัน นั่นคือ ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองเวลาให้บริการได้ใกล้เคียงกับเวลาให้บริการจริง

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์การให้บริการของแพทย์ดังกล่าวข้างต้น ของผู้รับบริการทั้งสามประเภท จะเห็นได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์มีค่าน้อย ดังนั้น ตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถจำลองเวลาให้บริการได้ใกล้เคียงกับการให้บริการจริงของแพทย์ที่มีประสบการณ์ในการให้บริการที่แตกต่างกัน และสัมพันธ์กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2.4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้

การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ และการแนะนำตัวแบบแถวคอยที่เหมาะสมแก่ผู้ใช้ โดยอาศัยการใช้แบบสอบถาม ประเด็นคำถามโดยภาพรวมแสดงได้ดังตารางที่ 4.53

ตารางที่ 4.53 ประเด็นคำถามและผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวม

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับ
1	ท่านใช้เวลาไม่นานในการเรียนรู้การทำงานของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่	4.13	0.64	ดี
2	ท่านสามารถใช้งานมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการช่วยเหลือ	4.00	0.76	ดี
3	มอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.25	0.46	ดีมาก
4	มอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถแสดงผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการได้อย่างถูกต้องและตรงกับความต้องการ	3.88	0.64	ดี
5	มอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถช่วยในการวางแผนระบบการให้บริการทั้งการจัดการผู้ให้บริการและผู้รับบริการได้เป็นอย่างดี	4.13	0.35	ดี
6	ท่านสามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้โดยง่าย	4.25	0.71	ดีมาก
7	เมื่อท่านกลับมาใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้อีกครั้ง ท่านสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	3.75	0.46	ดี
8	ท่านไม่พบข้อผิดพลาดในการจำลองสถานการณ์ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้	4.13	0.35	ดี
9	ภาษาที่ใช้สื่อความหมายที่ชัดเจน	4.38	0.52	ดีมาก
10	การใช้กราฟฟิกและโทนสีเหมาะสมในการแสดงผล	4.50	0.76	ดีมาก
11	การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู กราฟ มีความเหมาะสม	4.50	0.53	ดีมาก
12	โดยภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้อยู่ในระดับใด	4.13	0.35	ดี
รวม		**4.17**	**0.54**	**ดี**

จากตารางที่ 4.53 จะพบว่าผลการประเมินความสามารถในการใช้งานมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชอยู่ในระดับดี ($\overline{x} = 4.13,\ S.D. = 0.54$)

การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้แยกเป็นรายด้านทั้ง 5 ด้าน (Jakob Nielsen, 2546) คือ 1) ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) 2) ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) 3) ด้านความสามารถในการจดจำ (Memorability) 4) ด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors) และ 5) ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) มีรายละเอียดดังนี้

4.2.4.1 การประเมินด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) ของผู้ใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.54 พบว่าผู้ใช้ใช้เวลาไม่นานในการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.13, S.D. =0.64) และสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือด้วย ซึ่งอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.00, S.D. =0.76)

ดังนั้นสามารถสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่า ผลการประเมินความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.06, S.D. = 0.70)

ตารางที่ 4.54 การประเมินด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{x}$	$S.D.$	ระดับ
1	ท่านใช้เวลาไม่นานในการเรียรู้การทำงานของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่	4.13	0.64	ดี
2	ท่านสามารถใช้งานมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการช่วยเหลือ	4.00	0.76	ดี
รวม		**4.06**	**0.70**	**ดี**

4.2.4.2 การประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) ดังแสดงในตารางที่ 4.55 พบว่าการแสดงผลการจำลองสถานการณ์สามารถแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$=4.25, S.D. =0.46) เห็นว่าสามารถแสดงผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการได้อย่างถูกต้องและตรงกับความต้องการ ในระดับดีมาก ($\bar{x}$=3.88, S.D. =0.64) และเห็นว่าสามารถช่วยในการวางแผนระบบการให้บริการทั้งการจัดการผู้ให้บริการและผู้รับบริการได้อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.13, S.D. =0.35)

ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่าการประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=4.08, S.D. =0.49)

ตารางที่ 4.55 การประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency)

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{x}$	$S.D.$	ระดับ
1	มอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.25	0.46	ดีมาก
2	มอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถแสดงผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการได้อย่างถูกต้องและตรงกับความต้องการ	3.88	0.64	ดี
3	มอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถช่วยในการวางแผนระบบการให้บริการทั้งการจัดการผู้ให้บริการและผู้รับบริการได้เป็นอย่างดี	4.13	0.35	ดี
รวม		**4.08**	**0.49**	**ดี**

4.2.4.3 การประเมินด้านความสามารถในการจดจำ (Memorability) ดังแสดงในตารางที่ 4.56 พบว่าผู้ใช้สามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้โดยง่าย อยู่ในระดับมาก ($\overline{x} = 4.25$, $S.D. = 0.71$) และเห็นว่าเมื่อกลับมาใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้อีกครั้ง สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่ อยู่ในระดับดี ($\overline{x} = 3.75$, $S.D. = 0.46$)

ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่าการประเมินด้านความสามารถในการจดจำได้ (Memorability) โดยรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{x} = 4.00$, $S.D. = 0.59$)

ตารางที่ 4.56 การประเมินด้านความสามารถในการจดจำได้ (Memorability)

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{x}$	$S.D.$	ระดับ
1	ท่านสามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้โดยง่าย	4.25	0.71	ดีมาก
2	เมื่อท่านกลับมาใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้อีกครั้ง ท่านสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	3.75	0.46	ดี
รวม		**4.00**	**0.59**	**ดีมาก**

4.2.4.4 การประเมินด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ผู้ใช้ไม่พบข้อผิดพลาดในการใช้งาน อยู่ในระดับดี ($\overline{x} = 4.13\,,\ S.D. = 0.35$)

ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่าการประเมินด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors) โดยรวม อยู่ในระดับดี ($\overline{x} = 4.13\,,\ S.D. = 0.35$)

ตารางที่ 4.57 การประเมินด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors)

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{x}$	$S.D.$	ระดับ
1	ท่านไม่พบข้อผิดพลาดในการจำลองสถานการณ์ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้	4.13	0.35	ดี
รวม		**4.13**	**0.35**	**ดี**

4.2.4.5 การประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) ดังแสดงในตารางที่ 4.58 พบว่าภาษาที่ใช้สื่อความหมายที่ชัดเจน การใช้กราฟฟิกและโทนสีเหมาะสมในการแสดงผล การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู กราฟ มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดีมาก โดยแยกเป็น ($\overline{x} = 4.38,\ S.D. = 0.52$) ($\overline{x} = 4.50, S.D. = 0.76$) ($\overline{x} = 4.50, S.D. = 0.53$) ตามลำดับ และความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับดี ($\overline{x} = 4.13, S.D. = 0.35$)

ดังนั้นสรุปในภาพรวมทั้งหมด พบว่าการประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) โดยรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{x} = 4.38,\ S.D. = 0.54$)

ตารางที่ 4.58 การประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction)

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	$\overline{x}$	$S.D.$	ระดับ
1	ภาษาที่ใช้สื่อความหมายที่ชัดเจน	4.38	0.52	ดีมาก
2	การใช้กราฟฟิกและโทนสีเหมาะสมในการแสดงผล	4.50	0.76	ดีมาก
3	การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู กราฟ มีความเหมาะสม	4.50	0.53	ดีมาก
4	โดยภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้อยู่ในระดับใด	4.13	0.35	ดี
รวม		**4.38**	**0.54**	**ดีมาก**

ทั้งนี้ยังมีข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นจากผู้ใช้และผู้ประเมินดังนี้

นพ. อุกฤษฎ์ พงศ์ศรีเพียร นายแพทย์ชำนาญการพิเศษ โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมดังนี้

- นอกจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแพทย์กับคนไข้แล้ว นโยบายจากผู้บริหาร (ผู้อำนวยการโรงพยาบาล) ในช่วงเวลานั้น ก็เป็นปัจจัยสำคัญส่งจะส่งผลต่อระบบให้บริการ เช่น การเน้นให้บริการคนไข้บางกลุ่มหรือบางรายโรค จะทำให้การให้บริการคนไข้กลุ่มนี้ใช้เวลามากขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับรายรับหรือรายจ่ายของโรงพยาบาล หรือนโยบายจำกัดจำนวนการจ่ายยาให้กับคนไขในตอนนี้ (ปีงบประมาณ 2558) จะต้องจ่ายยาให้คนไข้ได้ไม่เกิน 1 เดือน ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้คนไข้ต้องกลับมารับบริการที่โรงพยาบาลบ่อยขึ้น ทำให้เกิดความหนาแน่นของคนไข้

- การขอรับรองมาตรฐานสถานพบาบาลจากหน่วยงานรับรองคุณภาพต่าง ๆ เช่น มาตรฐาน ISO มาตรฐาน HA ซึ่งการขอรับรองมาตรฐานเหล่านี้ก็จะส่งผลให้การตรวจรักษาหรือการให้บริการต่าง ๆ มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้น ใช้เวลาในการให้บริการมากขึ้นตามไปด้วย

คุณฐิตารีย์ เอียตระกูลไพบูลย์ และ คุณอุรียา รู้รอบ พยาบาลวิชาชีพ หัวหน้าและรองหัวหน้าแผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม ดังนี้

- ผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการของแพทย์ ทำให้เห็นแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบนัดคนไข้ให้กับแพทย์แต่ละท่าน เพื่อให้สอดคล้องกับการออกตรวจของแพทย์ในแต่ละวัน และอยากระบบแนะนำเพิ่มเติมได้ว่าควรให้แพทย์คนไหนออกตรวจแทนหากแพทย์เจ้าเวรหรือแพทย์เจ้าของไข้นั้นไม่ได้ออกตรวจ เพื่อให้ระบบบริการใช้เวลาในการให้บริการได้ไม่แตกต่างจากแพทย์ที่จะต้องออกตรวจมากนัก

- อยากให้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบที่ให้บริการโดยพยาบาลเพื่อใช้ในการวางแผนจัดอัตรากำลังในแต่ละคลินิกบริการ เช่น คลินิกให้บริการรับยาเดิมซึ่งให้บริการโดยพยาบาล เนื่องจากในปัจจุบัน (ปีงบประมาณ 2558) คนไข้มีเวลารอคอยนานขึ้นและเริ่มมีข้อร้องเรียนเรื่องรอนานจากผู้รับบริการ

นอกนากนี้ให้ความคิดเห็นสอดคล้องกับแพทย์ในเรื่องการขอรับรองมาตรฐานสถานพบาบาลจากหน่วยงานรับรองคุณภาพต่าง ๆ เนื่องจากหน่วยงานที่ให้การรับรองนั้น จะมีการประเมินผลโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เช่น ประเมินทุก ๆ 1 ปี ซึ่งจะส่งผลต่อระบบบริการและเวลาที่ใช้ในการให้บริการแต่ละคลินิกบริการจะใช้เวลาเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ก็เพื่อให้โรงพยาบาลมีคุณภาพในงานให้บริการ และให้บริการประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.5 อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบตัวแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ให้มีความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์แถวคอย ร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์ คืออัตราการให้บริการ (Service Time) ของแพทย์แต่ละท่าน โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการให้บริการ ด้วยวิธีการอนุมานความรู้ด้วยฟัซซี ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หาอัตราการให้บริการด้วยการประมาณค่าฟังก์ชัน (Function Approximation) ระบบกฎฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) ซึ่งเป็นวิธีการอนุมาณแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Sum) จากหลาย ๆ กฎเพื่อเป็นข้อสรุปสุดท้ายเพื่อให้ได้อัตราการให้บริการของแพทย์

แต่ทั้งนี้ชนิดของระบบกฎฟัซซีในการประมาณค่าฟังก์ชัน ระบบกฎที่ใช้จะมี 3 ชนิดใหญ่ ได้แก่ 1) รูปบบ Mamdani 2) รูปแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) ซึ่งใช้ในงานวิจัยนี้ และ 3) รูปแบบบวกมาตรฐาน (Standard Additive Model: SAM)

สำหรับระบบกฎแบบ Mamdani ใช้วิธีการรวมผลการอนุมานของกฎโดยวิธีการซ้อนทับ (Superimposition) จากกฎหลาย ๆ ข้อ ไม่ได้เป็นแบบบวกกันเหมือนกับรูปแบบ TSK และ SAM และเป็นรูปแบบที่มีความนิยมใช้กันในระดับหนึ่ง ส่วนระบบกฎแบบบวกมาตรฐาน (SAM) นี้ ส่วนของข้อตั้งและข้อตามจะเป็นพจน์ภาษาคล้ายกับระบบฟัซซีแบบ Mamdani แต่ส่วนข้อตามของกฎฟัซซีจะถูกแสดงเป็นเป็นฟัซซีเซตซึ่งมีฟังก์ชันสมาชิกแบบทางเดียว (Monotonic Membership Function) ซึ่งค่าอนุมานผลลัพธ์ของแต่ละกฎจะเป็นค่าธรรมดาทั่วไป (Crisp Value) ซึ่งในงานวิจัยนี้การอนุมานผลลัพธ์ในแต่ละกฎฟัซซีจะต้องพิจารณาฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจากปัจจัยที่เกี่ยวหลายตัว รูปแบบนี้จึงไม่เหมาะ แม้ว่าจะมีขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการแปลงค่าฟัซซีให้เป็นค่าธรรมดา (Defuzzification) ใช้เวลาน้อยในการประมวลผลก็ตาม

อย่างไรก็ตาม แม้ว่างานวิจัยนี้จะเลือกใช้วิธีรูปแบบกฎแบบ TSK แต่ก็ได้มีการพิจารณาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีทั้งสอง โดยใช้ค่าเวลาให้บริการเฉลี่ยของแพทย์ ดังตารางที่ 4.59

ตารางที่ 4.59 เปรียบเทียบประสิทธิภาพรูปแบบกฎแบบ TSK และ Mamdani

หน่วย: วินาที

ผู้รับบริการ	เวลาให้บริการแบบ TSK (Services Time)			เวลาให้บริการแบบ Mamdani (Services Time)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE
ทั่วไป	160	191	31	160	189	29
เร่งด่วน	450	538	88	450	540	90
ฉุกเฉิน	720	861	141	720	860	140

จากตารางที่ 4.59 จะพบว่าประสิทธิภาพของรูปแบบกฎทั้งสอง ให้ผลไม่แตกต่างกันมาก คือ ทั้งสองมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยในผู้รับบริการแต่ละประเภท แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีแบบ TSK เนื่องจากมีขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการอนุมานผลลัพธ์ หรือการแปลงค่าฟัซซีให้เป็นค่าธรรมดา (Defuzzification) มีความซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าวิธีแบบ Mamdani

นอกจากนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบความถูกต้องเพิ่มกับซอฟต์แวร์อื่นที่เป็นที่ยอมรับและใช้งานอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ได้แก่ โปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB: Matrix Laboratory) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการคำนวณแบบฟัซซี ที่ให้ค่าผลลัพธ์ได้ความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ โดยใช้ค่าเวลาให้บริการเฉลี่ยของแพทย์ในการเปรียบเทียบ ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.60

ตารางที่ 4.60 เปรียบเทียบประสิทธิภาพรูปแบบกฎแบบ TSK และ MATLAB

หน่วย: วินาที

ผู้รับบริการ	เวลาให้บริการแบบ TSK (Services Time)			เวลาให้บริการด้วย MATLAB (Services Time)		
	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE
ทั่วไป	160	191	31	160	190	30
เร่งด่วน	450	538	88	450	538	88
ฉุกเฉิน	720	861	141	720	862	142

จากตารางที่ 4.60 จะพบว่าประสิทธิภาพของรูปแบบกฎทั้งสองวิธี ให้ผลไม่แตกต่างกันมาก คือ ทั้งสองวิธีมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยในผู้รับบริการแต่ละประเภท ดังนั้น การออกแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช โดยใช้รูปแบบกฎแบบ TSK ให้ผลได้ถูกต้องและยอมรับได้

การอภิปรายผลการการจำลองเวลาให้บริการข้างต้น ทำให้ทราบถึงความถูกต้องของผลการจำลองในขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ได้ใช้ในการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ซึ่งในงานวิจัยนี้ตัวแบบแถวคอยที่ได้จะต้องให้ผลการจำลองอัตราการให้บริการได้ถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยวัดจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) ดังสมการที่ 3-6 แสดงดังตารางที่ 4.61

ตารางที่ 4.61 ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของผลการจำลองสถานการณ์

หน่วย: วินาที

ผู้รับบริการ	เวลาให้บริการ (Services Time)			
	ค่าจริงเฉลี่ย	ค่าจำลองเฉลี่ย	MAE	MAPE
ทั่วไป	160	191	31	19.37
เร่งด่วน	450	538	88	19.55
ฉุกเฉิน	720	861	141	19.58

จากตารางที่ 4.61 ทำให้ทราบถึงเวลาให้บริการที่มีความถูกต้องร้อยละ 80 สำหรับผู้รับบริการแต่ละประเภท คือ ผู้รับบริการทั่วไป ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน และผู้รับบริการกรณีฉุกเฉิน จะต้องมีค่าจำลองไม่น้อยกว่า 128 วินาที 360 วินาที และ 576 วินาที ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการจำลองสถานการณ์ จากตารางที่ 4.61 ด้วยการจำลองเวลาให้บริการแบบ TSK แล้วพบว่า ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ (MAPE) ข้อผู้รับบริการทั่วไปมีค่า MAPE เท่ากับ 19.37 แสดงว่ามีความถูกต้องร้อยละ 80.63 ผู้รับบริการกรณีเร่งด่วน MAPE เท่ากับ 19.55 แสดงว่ามีความถูกต้องร้อยละ 80.45 และผู้รับบริการกรณีฉุกเฉินมีค่า MAPE เท่ากับ 19.58 แสดงว่ามีความถูกต้องร้อยละ 80.42 ดังนั้นตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีความถูกต้องกว่าร้อยละ 80

เนื่องจากการออกแบบและพัฒามอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช เป็นการพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยเรื่อง การลดระยะเวลารอคอยการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง (Reducing the Time of Service for Psychiatric Hospitals using Simulation Technique) (ประชาสันต์ แว่นไธสง และ ธรา อั่งสกุล, 2555) เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์และลดข้อจำกัดต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 ซึ่งสามารถอภิปรายรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.2.5.1 คุณลักษณะของตัวแบบแถวคอยที่ใช้ในการศึกษา (Queuing Model) ในส่วนนี้ได้มีการออกแบบเพื่อลดข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้

1) รูปแบบระบบแถวคอย (Queuing System) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวแบบแถวคอย M/M/1 ในการศึกษา เนื่องจากเป็นการศึกษาการให้บริการของแพทย์ ซึ่งแพทย์แต่ละท่าน จะมีจำนวนผู้รับบริการที่แยกจากกัน กล่าวคือผู้รับบริการจะถูกกำหนดไว้แล้วว่าผู้รับบริการใดจะได้รับกับแพทย์ท่านใด (แพทย์เจ้าของไข้) ซึ่งหน่วยให้บริการในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบตัวแบบแถวคอยแบบ M/M/1 เพิ่มเติมเพื่อให้มีความสามารถและมีความเหมาะสมกับระบบแถวคอยแบบมนุษย์ 3 ส่วน คือ 1) ในส่วนของการเข้ามารับบริการ (λ) ให้สามารถจัดระเบียบแถวคอยแบบลำดับ

ความสำคัญของหน่วยรับบริการที่ใกล้เคียงกับระบบจริง 2) สามารถจำกัดความยาวแถวหรือความจุระบบได้ (K<=60) และ 3) ในส่วนของผู้ให้บริการสามารถกำหนดระยะเวลาประสบการณ์ที่เคยให้บริการด้านสุขภาพจิต โดยระบุเป็นจำนวนเดือนที่ปฏิบัติงานมาแล้ว และส่วนของผู้รับบริการสามารถกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งนี้เพื่อให้ตัวแบบแถวคอยแบบ M/M/1 ในงานวิจัยนี้ สามารถพิจารณาอัตราการให้บริการ (μ) ระหว่างผู้ให้บริการกับผู้รับบริการให้สัมพันธ์กันได้ต่อไป

2) ระเบียบแถวคอย (Queues Discipline) ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบแถวคอยแบบผสมผสานระหว่างแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) และแบบลำดับความสำคัญ (Priority) ซึ่งความสำคัญนี้พิจารณาจากอาการป่วย ได้แก่ แบบเร่งด่วน และแบบฉุกเฉิน ส่วนในผู้รับบริการแบบทั่วไปก็พิจารณาจากอายุของผู้ที่มารับบริการ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อายุเกิน 70 ปี ขึ้นไป และกลุ่มที่อายุระหว่าง 60 – 70 ปี โดยกลุ่มนี้จะมีน้ำหนักความสำคัญน้อยกว่ากลุ่มแรก และยังสามารถเพิ่มน้ำหนักความสำคัญของลำดับการรับบริการ หากผู้รับบริการนั้นมีเวลารอคอยนานในระยะเวลาหนึ่ง ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งระเบียบแถวคอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีลักษณะแบบแถวคอยแบบลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue) นอกจากนั้นแล้วตัวแบบแถวคอยในลักษณะนี้ยังจะช่วยให้เวลารอคอยของผู้รับบริการที่มีลักษณะสำคัญที่ต้องเข้ารับบริการลดลงด้วย

3) ความยาวแถว (Queue Length) เนื่องจากความยาวแถวหรือความจุของระบบ (System Capacity) ได้มีการจำกัดไว้ที่ 40-60 รายต่อวันต่อแพทย์หนึ่งท่าน ซึ่งเป็นเงื่อนไขของทางโรงพยาบาล ซึ่งการกำหนดนี้จะอยู่ในขั้นตอนของการจำลองสถานการณ์ ที่จะพิจารณาว่าการจำลองสร้างผู้มารับบริการนั้นจะให้รับบริการที่แพทย์ใดที่กำลังให้บริการอยู่ ในกรณีที่ครบตามจำนวนแล้ว ระบบจะไม่จำลองผู้รับบริการให้กับแพทย์นั้น ๆ อีก จะพิจารณาให้กับแพทย์ที่เหลืออยู่แทน

4) หน่วยให้บริการ (Servers) ในงานวิจัยนี้คือแพทย์ ซึ่งได้มีการศึกษาและสามารถกำหนดปัจจัยในเรื่องความสามารถหรือระยะเวลาประสบการณ์ในการให้บริการด้านสุขภาพจิตเข้าไปพิจารณาด้วย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

5) เวลาให้บริการ (Service Time) ในงานวิจัยนี้ใช้การหาอัตราการให้บริการแบบกฎฐานฟัซซี (Fuzzy Rule Base) โดยพิจารณาปัจจัยทั้งจากผู้ให้บริการและผู้รับบริการร่วมกัน แตกต่างจากงานวิจัยเดิมที่ใช้อัตราการให้บริการแบบค่าเฉลี่ยทั้งระบบ ซึ่งทำให้ได้อัตราการให้บริการที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และได้ผลการจำลองสถานการณ์ใกล้เคียงการให้บริการจริงมากขึ้นด้วย รวมถึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดสรรการใช้ทรัพยากรแพทย์ที่มีอยู่ให้ออกตรวจได้ตามช่วงเวลาที่เหมาะสมมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.5.2 การศึกษาตัวแบบแถวคอยไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยผู้ใช้เอง ในงานวิจัยนี้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าตัวแปรใด ๆ เนื่องจากค่าตัวแปรต่าง ๆ ถูกนำเข้าและเป็นกฎฐานเพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์แล้ว ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกจำลองสถานการณ์ตามประสบการณ์ของแพทย์ที่ต้องการได้ โดยในการจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งการจำลองออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้าและช่วงบ่าย การเลือกแพทย์เพื่อให้บริการก็สามารถกำหนดได้ว่าจะเป็นช่วงเช้า หรือช่วงบ่าย หรือทั้งสองช่วงเวลา อีกทั้งยังสามารถจำลองสถานการณ์การทำงานของแพทย์ไปพร้อมกันได้ถึง 6 ท่าน (ช่วงเช้าจำลองได้สูงสุด 3 ท่าน ช่วงบ่ายจำลองได้สูงสุด 3 ท่าน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของทางโรงพยาบาล) ซึ่งจะทำให้ผู้สามารถออกแบบการให้บริการได้ว่าแพทย์ใดออกตรวจร่วมกับแพทย์ใดบ้างจึงจะทำให้ระบบบริการเป็นไปได้อย่างเหมาะสม

4.2.5.3 ผู้ช่วยควบคุมแถวคอย ผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า ผู้ช่วยควบคุมแถวคอยหรือผู้ช่วยเหลือคนไข้นั้นจะถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอนว่าแพทย์ 1 ท่านจะต้องมีผู้ช่วยเหลือคนไข้ 1 คน ในงานวิจัยนี้จึงไม่นำมาพิจารณาในการสร้างตัวแบบแถวคอยได้เช่นเดียวกับปัจจัยอื่น เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่ทางโรงพยาบาลได้กำหนดไว้ชัดอย่างชัดเจนแล้ว

4.2.5.4 การมารับบริการของผู้รับบริการทางจิตเวช การมารับบริการของผู้รับบริการทางจิตเวชนั้น เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ได้นำไปพิจารณาในการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับได้ ในการคำนวณหาอัตราการให้บริการ คือปัจจัยจำนวนครั้งที่มารับบริการ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบแถวคอยที่มีผู้ให้บริการและผู้รับบริการโดยมนุษย์ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอแนวคิดใหม่สำหรับการออกแบบตัวแบบแถวคอยสำหรับมนุษย์ โดยเสนอผ่านตัวแบบแถวคอยแบบ M/M/1/60/60 โดยใช้การคำนวณอัตราการให้บริการ (Service Time) ด้วยวิธีกฎฐานแบบฟัซซี (Fuzzy Rule Base) ซึ่งจะทำให้ได้อัตราการให้บริการแบบรายบุคคล (Personalize Service Time) ที่มีค่าใกล้เคียงกับระบบงานจริง นอกจากนี้ยังได้นำเสนอการจัดระเบียบแถวคอยแบบลำดับชั้นแบบเลื่อนชั้นได้ (Multilevel Feedback Queue) สำหรับมนุษย์อีกด้วย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช เพื่อให้ผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการมีความถูกต้องมากขึ้น โดยศึกษาจากการให้บริการของแพทย์ที่มีประสบการณ์ในการให้บริการที่ต่างกัน ดังที่ได้อภิปรายไว้ข้างต้นแล้วนั้น ทั้งนี้เพื่อใช้ศึกษาการจัดตารางการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์และมีจำนวนผู้รอรับบริการ ที่มีความเหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา เพื่อลดปัญหาการรอนานของผู้รับบริการ (ประชาสันต์ แว่นไธสง และธรา อั่งสกุล, 2555) และช่วยลดปัญหาความหนาแน่นของผู้รอรับบริการในระบบ โดยพิจารณาจากเวลาการให้บริการ (Service Time) และเวลารอคอย (Waiting Time) ของแพทย์และผู้รับบริการ

แต่ละเภท ดังตารางที่ 4.50 – 4.52 ซึ่งพบว่าผู้รับบริการแบบทั่วไป จะใช้เวลารอคอยนานที่ สุดเมื่อเทียบกับเวลารอคอยของผู้รับบริการทั้ง 3 ประเภท สำหรับรอคอยรับบริการจากแพทย์ที่ประสบการณ์ทำงาน 9 เดือน 3 ปี และ 25 ปี คิดเป็นเป็นร้อยละ 60.01 ร้อยละ 60.08 และร้อยละ 60.47 ตามลำดับ รองลงมาคือ ผู้รับบริการแบบเร่งด่วน คิดเป็นร้อยละ 28.58 ร้อยละ 28.09 และร้อยละ 29.01 ตามลำดับ ส่วนผู้รับบริการแบบฉุกเฉินนั้น จะใช้เวลารอคอยไม่มากเนื่องจากเมื่อมาถึงแล้วก็จะได้รับบริการเป็นรายแรกเสมอนั่นเอง

ในด้านการเข้ามารับบริการซึ่งเมื่อพิจารณาการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการแต่ละประเภทในแต่ละวันให้บริการ (จันทร์ – ศุกร์) ดังตารางที่ 4.39 – 4.43 พบว่าวันจันทร์ทั้งช่วงช้า (08:00 น. – 12:00 น.) และช่วงบ่าย (13:00 น. - 16:00 น.) จะมีผู้มารับบริการมากและหนาแน่นกว่าวันอื่น ๆ วันอังคารมีการมารับบริการค่อนข้างมากทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย และในวันศุกร์ช่วงบ่ายจะมีจำนวนผู้มารับมารับบริการน้อย เมื่อเทียบกับวันอื่น ๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งทั้งนี้เนื่องจากวันศุกร์ช่วงบ่าย ทางโรงพยาบาลมีนโยบายให้ช่วงเวลาดังกล่าวสำหรับให้เจ้าหน้าที่พัฒนางานด้านวิชาการพัฒนาระบบบริการของโรงพยาบาล จึงรับเฉพาะผู้รับบริการกรณีเร่งด่วนและฉุกเฉินเท่านั้น ส่วนผู้รับบริการกรณีทั่วไปจะพิจารณาเป็นราย ๆ ไป ส่วนในวันให้บริการอื่น ๆ จำนวนผู้รับบริการจะไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งสามารถสรุปจำนวนการเข้ามาของผู้รับบริการในแต่วันได้ดังตารางที่ 4.62 และเมื่อพิจารณาร่วมกับการเข้ามารับบริการตามปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อเวลาการให้บริการ ดังตารางที่ 4.2 ตามที่ได้อภิปรายไว้ข้างต้น พบว่าการมารับบริการในแต่ละวันไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะแตกต่างกันในช่วงเช้าและช่วงบ่ายของแต่ละวัน

ตารางที่ 4.62 จำนวนผู้มารับบริการโดยเฉลี่ยจำแนกตามวันและช่วงเวลาที่มารับบริการ

วัน	ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)		ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)	
	จำนวน (รวม)	ร้อยละ	จำนวน (รวม)	ร้อยละ
จันทร์	134	60.60	87	39.40
อังคาร	111	53.52	96	46.38
พุธ	105	66.90	59	33.10
พฤหัสบดี	101	66.70	58	33.30
ศุกร์	81	78.05	27	21.95

สำหรับการพิจารณาเวลารอคอยของผู้รับบริการในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาร่วมกับความยาวแถวคอย (Queue Length) ของผู้ที่รอรับบริการ เพื่อพิจารณาความหนาแน่นหรือความแออัดของผู้ที่รอรับบริการในระบบให้มีความเหมาะสม เพื่อช่วยให้ระบบมีความปลอดภัยมากขึ้นจากเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ ทางจิตเวช โดยความยาวแถวคอย (Queue Length) โดยจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า W, W_q, L และ L_q ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.3 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.63

ตารางที่ 4.63 ผลการจำลองสถานการณ์เวลารอคอยและจำนวนผู้รอคอยรับบริการ จำแนกแพทย์

ประสบการณ์ให้บริการของแพทย์	ผู้รับบริการ	ผลการจำลองสถานการณ์			
		เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)		จำนวนผู้รอคอยรับบริการเฉลี่ย (ราย)	
		ในระบบ (W)	ในแถว (W_q)	ในระบบ (L)	ความยาวแถว (L_q)
9 เดือน	ทั่วไป	45.46	42.19	33.35	32.35
	เร่งด่วน	20.51	12.21	4.56	3.56
	ฉุกเฉิน	10.09	2.45	3.10	2.10
3 ปี	ทั่วไป	42.15	39.45	24.33	23.33
	เร่งด่วน	18.44	10.39	3.40	2.40
	ฉุกเฉิน	5.14	2.19	2.30	1.30
25 ปี	ทั่วไป	30.43	28.38	20.13	19.13
	เร่งด่วน	15.54	7.46	2.27	1.27
	ฉุกเฉิน	4.40	1.35	1.45	0.45

จากผลการจำลองสถานการณ์ตามตารางที่ 4.63 จะเห็นว่าประสบการณ์การให้บริการของแพทย์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เวลารอคอยเฉลี่ยและมีจำนวนผู้รอรับบริการหรือความยาวแถวของผู้รับบริการแต่ละประเภทจะลดลงด้วย ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการปรับตารางการออกตรวจของแพทย์ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ ซึ่งจากการทดลองปรับตารางการออกตรวจของแพทย์ แล้วจำลองผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อศึกษาถึงความเหมาะที่สามารถนำไปปรับใช้ได้ในระบบบริการจริง ผลจากการทดลองจำลองสถานการณ์ให้บริการในหลาย ๆ ครั้ง โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงการออกตรวจในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของแพทย์ เพื่อศึกษาระยะเวลารอคอยและความยาวแถวคอยของผู้รับบริการในระบบของแต่ละช่วงเวลาในแต่ละวัน

จากการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทราบว่าช่วงเวลาเช้าของทุกวันจะมีปัญหาการรอนานและเกิดคอขวดขึ้นในระหว่างรอรับบริการ ดังแสดงในตารางที่ 4.62 ซึ่งปัจจุบันมีแพทย์ออกตรวจในช่วงเช้า (08.00 – 12.00 น.) และช่วงบ่าย (13.00 – 16.00 น.) วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ซึ่งในช่วงเช้า มีแพทย์ให้บริการจำนวน 3 ท่าน ทุกวัน ส่วนในช่วงเวลาอื่น ๆ ก็จะแตกต่างกันไป และเมื่อพิจารณาถึงประสบการณ์ในการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์ในแต่ละวันแล้ว สามารถแสดงดังตารางที่ 4.64

ตารางที่ 4.64 เวลาออกตรวจของแพทย์ที่ใช้ในปัจจุบัน

ประสบการณ์	จันทร์		อังคาร		พุธ		พฤหัสบดี		ศุกร์	
ให้บริการแพทย์	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
9 เดือน	1	-	-	-	1	1	-	-	1	1
3 ปี	-	1	1	-	2	1	1	1	1	-
25 ปี	2	2	2	2	-	-	2	1	1	1
รวม	**3**	**3**	**3**	**2**	**3**	**2**	**3**	**2**	**3**	**2**

จากข้อมูลการจัดการออกตรวจให้บริการของแพทย์ดังกล่าว เมื่อพิจารณาร่วมกับจำนวนการมารับบริการ ดังตารางที่ 4.62 และการใช้เวลารอคอยของผู้รับบริการกับแพทย์แต่ละท่านที่มีประสบการณ์การให้บริการที่แตกต่างกัน ยังไม่สัมพันธ์กัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีข้อเสนอแนะให้ปรับตารางการตรวจรักษาของแพทย์ของแต่ละวันในช่วงเช้า (08.00 – 12.00 น.) และช่วงบ่าย (13.00 – 16.00 น.) เพื่อลดเวลารอคอยและความหนาแน่นของผู้รับรอรับบริการ รวมถึงเพื่อให้สัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนการออกตรวจของแพทย์นั้นจะส่งผลกระทบต่อส่วนงานอื่น ๆ หลายอย่าง เช่น ส่งผลต่อผู้รับบริการที่ได้นัดไว้ล่วงหน้าแล้ว ซึ่งในผู้ป่วยหลายรายที่มีการนัดล่วงหน้าไว้หลายเดือน ส่งผลต่อการออกตรวจผู้ป่วยใน และผู้ป่วยเด็กทั้งที่นัดไว้แล้วและที่มารับบริการแบบไม่ได้นัดของแพทย์บางท่าน ส่งผลต่อการให้คำให้ปรึกษาผ่านโทรศัพท์ของแพทย์หรือพยาบาลอื่นในเวรอื่น ๆ รวมถึงความสะดวกในการเดินทางของผู้ป่วยเองอาจได้รับผลกระทบนี้เช่นกัน ดังนั้นเมื่อต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงตารางการการออกตรวจของแพทย์จึงต้องคำนึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นตามมาให้มีผลกระทบน้อยที่สุด ทั้งในส่วนของโรงพยาบาลซึ่งเป็นผู้ให้บริการและส่วนของผู้ป่วยที่มารับบริการด้วย งานวิจัยนี้เลือกนำเสนอแนวทางในการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อระบบบริการน้อยที่สุด โดยเสนอให้ปรับเปลี่ยนการ

ออกตรวจของแพทย์ โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาออกตรวจของแพทย์ ที่อยู่ในตารางบริการวันเดียวกัน ดังนี้

1) วันจันทร์ ช่วงเช้าใช้จำนวนแพทย์ 3 ท่านเช่นเดิม แต่ให้เปลี่ยนใช้แพทย์ที่มีประสบการณ์มากกว่า 25 ปี โดยย้ายมาจากช่วงบ่าย 1 ท่าน และให้แพทย์ที่มีประสบการณ์ 9 เดือน จากเดิมที่ตรวจช่วงเช้าให้ตรวจช่วงบ่ายแทน

2) วันอังคาร ให้แพทย์ที่มีประสบการณ์ 3 ปี ออกตรวจช่วงบ่าย และให้แพทย์ช่วงบ่ายที่มีประสบการณ์ 25 ปี มาตรวจแทนในช่วงเช้า 1 ท่าน

3) วันพุธ ให้แพทย์ที่มีประสบการณ์ 3 ปี ช่วงบ่ายมาตรวจช่วงเช้า และให้แพทย์ที่มีประสบการณ์ 9 เดือน ตรวจช่วงบ่างทั้ง 2 ท่าน

4) วันพฤหัสบดี ให้คงไว้ตามเดิม

5) วันศุกร์ ให้คงไว้ตามเดิม

การปรับตารางการออกตรวจของแพทย์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.65

ตารางที่ 4.65 การปรับเวลาออกตรวจของแพทย์

ประสบการณ์ให้บริการแพทย์	จันทร์		อังคาร		พุธ		พฤหัสบดี		ศุกร์	
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
9 เดือน	-	1			-	2			1	1
3 ปี	-	-		1	3	-	1	1	1	-
25 ปี	3	2	3	2	-	-	2	1	1	1
รวม	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**3**	**2**	**3**	**2**

ผลการปรับตารางการออกตรวจของแพทย์ตารางที่ 4.65 จากนั้นจึงจำลองผ่านซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้ผลการจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 4.66

ตารางที่ 4.66 การลดระยะเวลารอคอยโดยรวม

ช่วงเวลา	ผู้รับบริการ	เวลารอคอย (นาที)		เวลาที่ลดได้		ความยาวแถวจำลองเฉลี่ย (ราย)
		เวลาเฉลี่ยจริง	เวลาจำลองเฉลี่ย	นาที	ร้อยละ	
ช่วงเช้า (08.00-12.00 น.)	ทั่วไป	43.05	30.92	12.13	16.39	32.13
	เร่งด่วน	19.87	16.25	3.62	10.02	3.06
	ฉุกเฉิน	7.14	6.04	1.10	8.34	2.67
ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)	ทั่วไป	47.00	38.68	8.32	9.71	23.83
	เร่งด่วน	20.20	16.81	3.39	9.16	2.67
	ฉุกเฉิน	7.33	6.88	0.45	3.16	1.75

จากตารางที่ 4.66 ผลจากการปรับช่วงเวลาการออกตรวจของแพทย์ โดยอาศัยการปรับตามประสบการณ์การทำงานของแพทย์ จะเห็นว่าเวลารอคอยของผู้รับบริการโดยรวมโดยเฉพาะในช่วงเช้าของผู้รับบริการแบบทั่วไปและแบบเร่งด่วนลดลงถึงร้อยละ 16.39 (12.13 นาที) และร้อยละ 10.02 (3.62 นาที) ตามลำดับ ส่วนในช่วงบ่ายก็ลดลงเช่นกัน โดยลดลงร้อยละ 9.71 (8.32 นาที) และร้อยละ 9.16 (3.39 นาที) ตามลำดับ อีกทั้งผลการจำลองยังแสดงให้เห็นถึงจำนวนผู้ที่รอรับบริการฉลี่ยที่อยู่ในระบบหรือความยาวแถวโดยรวมเฉลี่ยไม่มากนัก ซึ่งก็จะส่งผลให้เกิดความปลอดภัยในระบบบริการเพิ่มมากขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงตารางการให้บริการของแพทย์นั้นนอกจากจะต้องคำนึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องทำควบคู่ไปกับระบบนัดผู้ป่วยของโรงพยาบาล ทั้งในด้านที่จะต้องแจ้งเปลี่ยนแปลงการออกตรวจของแพทย์ที่เปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลงการนัดและการกำหนดจำนวนนัดให้สัมพันธ์กับผู้รับบริการอื่น ๆ ที่อยู่ในระบบแต่ไม่ได้พบแพทย์ เช่น ผู้รับบริการรับยาเดิม รวมถึงการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงให้ผู้รับบริการทราบเป็นระยะ ๆ ในระหว่างการให้บริการ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้กล่าวถึง สรุปผลการวิจัย ข้อจำกัดของการวิจัย การประยุกต์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ตัวแบบแถวคอยตามแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ได้แก่ แนวคิดและทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) และแนวคิดเรื่องตรรกะศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เพื่อให้ตัวแบบแถวคอยสามารถจำลองระบบงานที่กำลังสนใจ มีค่าใกล้เคียงกับระบบงานจริงมากที่สุด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์จำลองระบบแถวคอยอื่น ๆ ต่อไปได้

จากการศึกษาการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยนอกของแพทย์ โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ทำให้ทราบถึงแนวทางในการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ รวมถึงพฤติกรรมและปัจจัยต่าง ๆ ทั้งผู้ให้บริการและผู้รับบริการ เพื่อใช้ในการออกแบบตัวแบบแถวคอย

ผู้วิจัยได้ศึกษาและออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ดังกล่าว โดยใช้ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิชวลเบสิก 2010 (Visual Basic 2010) และจัดการไฟล์ข้อมูลแบบเอ็กเอ็มแอล (XML Files) เป็นเครื่องมือในการออกแบบและพัฒนามอดูลดังกล่าว

ผลการวิจัยได้นำเสนอเป็น 5 ส่วน คือ 1) ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ 2) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์การเข้ามาของผู้รับบริการ 3) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำลองสถานการณ์ผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ และ 4) การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ และ 5) การอภิปรายผล โดยการวัดความถูกต้องของตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ที่ออกแบบและพัฒนาใช้การเปรียบเทียบจากชุดข้อมูลจริงที่ได้จากการเก็บรวบรวมส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งวัดความถูกต้องจากซอฟต์แวร์อื่น ๆ ที่ได้รับการยอมรับและใช้อยู่ในปัจจุบันคือโปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB) โดยให้ผลความถูกต้องในการจำลองสถานการณ์แถวคอยอย่างน้อย ร้อยละ 80 ซึ่งความถูกต้องคือ เวลาการให้บริการ (Service Time) โดยเฉลี่ยของแพทย์ที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ใช้การหาอัตราการให้บริการด้วยการประมาณค่าฟังก์ชัน (Function Approximation) ระบบกฎฟัซซีแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) ซึ่งเป็นวิธีการอนุมาณแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted sum) จากหลาย ๆ กฎเพื่อเป็นข้อสรุปสุดท้ายเพื่อให้ได้อัตราการให้บริการของแพทย์ ซึ่งมีขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลน้อย กว่าวิธีระบบกฎแบบ Mamdani และมีความถูกต้องไม่แตกต่างจากระบบกฎแบบ Mamdani มากนัก

5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช มีข้อจำกัดในการศึกษาวิจัย ดังนี้

5.2.1 มอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ แม้จะสามารถใช้ได้กับตัวแบบแถวคอยการให้บริการตรวจรักษาของแพทย์ทั่วไป แต่เนื่องจากใช้การศึกษาจากการให้บริการของแพทย์โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ดังนั้นการนำไปใช้กับการให้บริการของแพทย์ของโรงพยาบาลทางจิตเวชจึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด

5.2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ จะถูกกำหนดไว้แล้ว ซึ่งไม่สามารถเพิ่มหรือลดปัจจัยดังกล่าวจากฐานกฎที่ได้

5.2.3 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ผ่านตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้นี้ ยังรองรับเฉพาะระบบปฏิบัติการของไมโครซอฟต์เท่านั้น

5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย

ในการประยุกต์ใช้ตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลจิตเวชนี้ เหมาะสำหรับประยุกต์ใช้กับโรงพยาบาลทางจิตเวช เพราะมีลักษณะของปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาคล้ายกับโรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเหมาะกับการจำลองสถานการณ์การให้บริการโดยแพทย์

ทั้งนี้หากต้องการประยุกต์ใช้กับงานที่ให้บริการโดยบุคลากรอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แพทย์เช่นเดียวกับที่งานวิจัยนี้ศึกษา จำเป็นต้องมีการศึกษากฎหรือความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

แม้ว่าในการออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตนั้น จะให้ผลได้ถูกต้องมากขึ้นและเป็นที่พอใจ แต่เพื่อให้ผลการศึกษาที่เหมาะสมที่สุดนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลและปัจจัยอื่นอีกหลาย ๆ ส่วนที่เป็นบริบทของโรคทางจิตเวช เพื่อนำมาประกอบการจำลอง

และพิจารณาร่วมด้วย อาทิ โรคทางจิตเวชนั้นมีหลายโรคที่ต้องรักษาอาศัยการพูดคุยควบคู่ไปกับการรักษาด้วยยา เพื่อให้ผู้รับบริการได้ผ่อนคลาย หรือสบายใจขึ้น หรือเพื่อที่แพทย์จะได้สังเกตท่าที หรืออาการต่าง ๆ ที่ยังไม่แสดงออกมาทันที ดังนั้นจะใช้เวลาในผู้รับบริการในกลุ่มนี้ค่อนข้างนาน ซึ่งจะส่งผลต่อระยะเวลาให้บริการโดยรวม และนอกจากระยะการให้บริการโดยแพทย์ต้องใช้เวลานานและถือเป็นปัญหาสำคัญของโรงพยาบาลทางจิตเวชแล้ว การให้บริการโดยพยาบาลก็สำคัญเช่นกัน เนื่องจากในขั้นตอนการให้บริการรักษาอื่น ๆ นั้นจะให้บริการโดยพยาบาลเป็นส่วนใหญ่ จึงควรมีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการด้วยเช่นกัน เพื่อใช้ในการวางแผนจัดอัตรากำลังในแต่ละคลินิกบริการให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งก็จะส่งผลต่อระบบบริการโดยรวมของระบบโรงพยาบาลทางจิตเวชได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในด้านการจำลองสถานการณ์ นอกจากจะพิจารณาหน่วยให้บริการที่เหมาะสมแล้ว ควรพิจารณาควบคู่กับระบบการนัดผู้ที่จะมารับบริการเพื่อให้สามารถประมาณการจำนวนผู้ที่จะมารับบริการตามปัจจัยที่ได้ศึกษาในช่วงเวลานั้น ให้มีความเหมาะสมกับหน่วยให้บริการ เนื่องจากผู้รับบริการทางจิตเวชจะต้องมารับบริการกับทางโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่องอยู่แล้ว เพื่อให้สะดวกต่อการวางแผนอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ในการให้บริการ ซึ่งจะทำให้เกิดการให้บริการเชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กนิษฐา ชื่นตา สิรภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และ คำรณ สุนัติ. (2553). ขั้นตอนวิธีในการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเคฮาร์โมนิกมีนแบบทางเลือก (Alternative K-Harmonic Means Clustering Algorithms). **ในเอกสารการประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11**. หน้า (228-236). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ครรชิต มาลัยวงศ์ และ วิชิต ปุณวัตร์. (2521). **เทคนิคการออกแบบโปรแกรม.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

จิรวรรณ ไพบูลย์วรชาติ และ นัท กุลวานิช. (2557). การเปรียบเทียบวิธีการจัดกลุ่มสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติแบบผสม (Comparison of Clustering Algorithms for Mixtures of Gaussian Distribution). ใน**เอกสารการประชุมสัมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 7**. หน้า (311-326). ชลบุรี: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

จุฑา พิชิตลำเค็ญ. (2558). **พื้นฐานการจำลองสถานการณ์เชิงสุ่ม เพื่อการประยุกต์ใช้กับปัญหาจริง.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จูลิน ลิคะสิริ. (2551). **สารสำคัญของการวิจัยดำเนินการ (Essence of Operations Research).** เชียงใหม่: วิทอินดีไซน์.

ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์. (2551). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

ธรา อั่งสกุล และ จิติมนต์ อั่งสกุล. (2557). ระบบแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวรายบุคคลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (A Personalized System for Travel Attraction Recommendation Using a Clustering Technique and an Anylytic Hierachy Process). **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี (SURANAREE JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE)**. 8(2): 87-109.

นิภาพร ชนะมาร และ พรรณี สิทธิเดช. (2557). การวิเคราะห์ปัจจัยการเรียนรู้ด้วยการคัดเลือกคุณสมบัติและการพยากรณ์ (Learning Attributes Analysis by Feature Selection and Prediction). **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร**. 6 (12): 31-45.

บุญเจริญ ศิริเนาวกุล. (2551). **ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence).** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

บุญเสริม กิจศิริกุล. (2548). **ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence).** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชาสันต์ แว่นไธสง จิติมนต์ อั่งสกุล และธรา อั่งสกุล. (2555). ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์การให้บริการของโรงพยาบาลทางจิตเวชโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์.** หน้า (238-243). ปทุมธานี: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ประชาสันต์ แว่นไธสง. (2555). **การลดระยะเวลารอคอยการให้บริการสำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวชด้วยเทคนิคการจำลอง (Reducing the Time of Service for Psychiatric Hospitals using Simulation Technique).** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พยุง มีสัจ. (2555). **ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม (Fuzzy Systems and Neural Network).** พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ผลิตตำราเรียน: มหาวิทยลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มานพ วราภักดิ์. (2550). **การจำลอง (Simulation).** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานพ วราภักดิ์. (2552). **การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research).** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (2551). **คู่มือการจำลองแบบด้วยโปรแกรม Arena** (ฉบับบปรับปรุง). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

วีระยุทธ พิมพาภรณ์ และพยุง มีสัจ. (2557). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดกลุ่ม โดยวิธีการเลือกลักษณะสำคัญแบบพลวัตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจัดกลุ่มบนปริภูมิย่อย (A Compariative Efficience of Clustering Using Dynamic Feature Selection Optimization of Subspace Clustering Algorithms). **วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ** 10 (2): 43-51.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2537). **การจำลองแบบปัญหา (Simulation).** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

สายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2558). **การทำเหมืองข้อมูล (Data mining).** กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ (2555). **การจำลอง (Simulation).** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

สุทธิมา ชำนาญเวช. (2553). **การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ (Quantitative Analysis for Business).** กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

สุทธิมา ชำนาญเวช. (2552). **การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research)**. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดา. (2557). **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดาต้าไมนิ่ง เบื้องต้น (An Introduction to Data Mining Techniques).** กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์.

อำไพ พรประเสริฐสกุล. (2521). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design).** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

อุมารัตน์ ศิริจรูญวงศ์. (2554). What If Analysis เทคนิคการชี้บ่งอันตรายเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากงาน. **วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** 5 (1): 153-164.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2555). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ** (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

Frederick Hiller, S. and Gerald Lieberman, J. (2005). **Introduction to Operations Research**. แปลโดย พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

Aliakbar Montazer Haghighi, and Dimitar P. Mishev. (2006). A parallel priority queueing system with finite buffers. **J. Parallel Distributed. Computing.** 66 (1): 379 – 392.

Arnold Allen, O. (1990). **Probability, Statistics, and Queueing Theory with Computer Science Applications** (2nd ed.). CA: Academic Press, Inc.

Bin-Da Liu, Chuen-Yau Chen and Ju-Ying Tsao. (2001). Design of Adaptive Fuzzy Logic Controller Based Linguistic-Hedge Concepts and Genetic Algorithms**. IEEE Transaction on Systems, Man, And Cybernetics-Part B: Cybernetics.** 31(1): 32-53.

Behnam Vahdani. (2013**).** Reliable design of a logistics network under uncertainty: A fuzzy possibilistic-queuing model**. Applied Mathematical Modelling.** 37: 3254–3268.

Barak, S. Fallahnezhad M. S. (2012). Cost Analysis of Fuzzy Queuing Systems. **Applied Operational Research.** 2 (2): 25-36.

Breuer, L. and Baum, D. (2005). **An Introduction to Queueing Theory and Matrix-Analytic Methods.** Netherlands: Springer.

Chennakesava Alavals, R. (2000). **Fuzzy Logic and Neural Networks Basic Concepts and Applications.** India: New Age International (P).

Chiang, M. and Mirkin, B. (2010). Intelligent Choice of the Number of Clusters in K-Means Clustering: An Experimental Studey with Different Cluster Spreads. **Journal of Classification** 27(1): 3-41.

Chollette Chude-Olisah, C. (2013). Fuzzy-Based Dynamic Distributed Queue Scheduling for Packet Switched Networks. **Journal of Computer Science and Technology.** 28(2): 357–365.

Cornelius Leondes, T. (1998). **Fuzzy Logic and Expert Systems Applications.** USA: Academic Press.

Donald Gross. (2008). Fundamentals of Queueing Theory (4th ed.). Canada: John Wiley & Sons.

Faouzi Kamoun. (2007). Performance analysis of a non-preemptive priority queuing system subjected to a correlated Markovian interruption process. **Computers & Operations Research**. 35: 3969 – 3988.

George J. Klir and Bo Yuan. (1995). **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications.** USA: Prentice Hall PTR.

Ghaida A. AL-Suhail, Turki Y. Abdallah and Omar Majid. (2012). Fuzzy-Logic Adaptive Queuing For A Heuristic TCP Performance In Mobile Wirless Networks. **International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)**. 4(3): 191-205.

Giovanni Giambene. (2005). **Queuing Theory and Telecommunications Networks and Applications.** New York: Springer Science + Business Media Inc.

H.S. Behera, Reena Kumari Naik and Suchilagna Parida. (2012). Imporved Multilevel Feedback Queue Scheduling Using Dynamic Time Quantum and Its Performance Analysis. **International Journal of Computer Science and Information Technologies.** 3(2): 3801-3807.

Hung Nguyen, T. and Elbert Walker, A. (2000). **A First Course in Fuzzy Logic** (2nd ed.). USA: Chapman and Hall/CRC.

Hunt E. (1995). **The Role of Intelligence in Modern Society** [On-line]. Available: www.psych.utoronto.ca/users/reingold/courses/intelligence/cache/Hunt-full.html

Ian Witten H., and Eibe Frank. (2005). **Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques** (2nd ed.). CA: Diane Cerra.

Iqra Stattar, Muhammad Shadhid and Nida Yasir. (2014). Multi-Level Queue with Priority and Time Sharing for Real Time Scheduling. **International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering.** 5 (8): 14-17.

Jeffrey Whitten, L., Lonnie Bentley, D., and Kevin Dittman, C. (2000). **System Analysis and Design Methods** (5th ed.). New York: McGraw-Hill.

Jiawei Han, and Micheline Kamber. (2006). **Data Mining: Concepts and Techniques** (2nd ed.). CA: Diane Cerra.

John Daigle, N. (2005). **Queueing Theory with Applications to Packet Telecommunication.** USA: Springer Science+Business Media.

John McCarthy, (2007). **WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?** [On-line]. Available: www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html

Jumhong Nie and Derek Linkens, A. (1995). **Fuzzy Neural Control Principle, Algorithms and Appications.** UK: Hall International.

Junjie Wu. (2012). **Advances in K-means Clustering A Data Mining Thinking**. USA: Springer Science+Business Media.

Kanlayanee Latti, Suntharee Siri-angkul, and Tasanee Tipsungnern. (2009). The Effectiveness of Psycho-education Program to Schizophrenia Caregivers in Nakhon Ratchasima Rajanagarindarn Psychiatric Hospital. **Journal of Nakhon Ratchasima Rajanagarindra Psychiatric Hospital.** 9 (2): 31-39.

Lotfi A. Zadeh. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Ressoning-I. **Information Sciences**. 8 (1): 301-357.

Lotfi A. Zadeh. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Ressoning-II. **Information Sciences**. 8 (1): 199-249.

Lotfi A. Zadeh. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Ressoning-III. **Information Sciences**. 9 (1): 43-80.

Lester Lipsky. (2009). **Queueing Theory A Linear Algebraic Approach** (2nd ed.). USA: Springer Science+Business Media.

M. Sivakami Sundari and S. Palaniammal. (2015). Simulation of M/M/1 Queuing System Using ANN. **Malaya Journal of Matematik.** 1: 279-294.

Maria Jose Pardo and David de la Fuente. (2007). Optimal selection of the service rate for a finite input source fuzzy queuing system**. Fuzzy Sets and Systems.** 159 (1): 325-342.

Maria Jose Pardo and David de la Fuente. (2008). Design of a fuzzy finite capacity queuing model based on the degree of customer satisfaction: Analysis and fuzzy optimization. **Fuzzy Sets and Systems.** 159 (1): 3313-3332.

Narayan Bhat, U. (2008). An Introduction to Queueing Theory Modeling and Analysis in Application. New York: Springer Science + Business Media.

Nick Thomopoulos, T. (2012). **Fundamentals of Queuing Systems.** New York: Springer Science + Business Media.

Omar Elloumi and Hossam Afifi. (1997). RED algorithm in ATM networks. **IEEE ATM Workshop 1997. Proceedings**. (pp. 312-319). Lisboa, Portugal: Portugal.

Qingwen Liu. (2005). Queuing With Adaptive Modulation and Coding Over Wireless Links: Cross-Layer Analysis and Design. **IEEE Transactions on Wireless Communications.** 4 (3): 1142-1153.

Qinun Wang. (2002). **Modeling and analysis of high risk patient queue** [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com.

R.J. Li and E. S. Lee. (1989). Analysis of Fuzzy Queues. **Computers Math Applications.** 17 (7):1143-1147.

Robert B. Cooper. (1981). **Introduction to Queueing Theory** (2nd ed.)**.** North Holland: Elsevier Inc.

Runtong Zhang. (1999). Fuzzy Control of Arrivals to Tandem Queues with Two Stations. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems.** 7 (3): 361-367.

Runtong Zhang. (2005). **Fuzzy Control of Queuing Systems**. USA: Springer Science + Business Media.

Mohammed Jamshidi, Nader Vadiee, and Timothy Ross, J. (1993). **Fuzzy Logic and control Software and Hardware Applications.** USA: PTR Prentice-Hall.

Seung-Chul Kim et al. (2000). Flexible bed and allocation and performance in the intensive care unit , **Journal of operations management**. 18: 427-443.

Seung-Chul Kim et al. (2002). Scheduling hospital services: the efficacy of elective surgery quotas. **The International Journal of Management Science**. 30: 335-346

Shaler Stidham, Jr. (2009). **Optimal Design Of Queueing Systems.** USA: CRC Press.

Saman Taghavi Zargar and mohammad Hossein Yaghmaee. (2006). Fuzzy Green: A Modified TCP Equation-Based Active Queue Management Using Fuzzy Logic Approach. **International Journal of Computer Science and Network Security**. 6 (5): 50-58.

Timothy Ross, J. (2004**). Fuzzy Logic with Engineering Applications** (2nd ed.). UAS: John Wiley & Sons.

Wu-chun Feng, Apu Kapadia and Sunil Thulasidasan. (2002). GREEN: Proactive Queue Management over a Best-Effort Network. **GLOBECOM 02-IEEE Global Telecommunications Conference.** 2 (3): 1774-1778.

Yannis Phillis, A., and Runtong Zhang. (1999). Fuzzy Service Control of Queueing Systems. **IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics.** 29 (4): 503-517.

Yung-Chung Wang, Jenn-Shing Wang and Fu-Hsiang Tsai. (2007). Space priority queue with fuzzy set threshold. **Computer Communications.** 30: 2301-2310.

Zafar Zafari, and Javad Tavakoli. (2011). New Approach for Fuzzy Control and Analysis of Queueing System with Flexible Service Time. In **Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists.** (pp. 1139-1143). Hong Kong.

ภาคผนวก ก

แบบสำรวจระยะเวลาให้บริการตรวจรักษาทางจิตเวชแบบผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสำรวจระยะเวลาให้บริการตรวจรักษาทางจิตเวชแบบผู้ป่วยนอก

โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

จุดบริการ: ☐○ห้องตรวจ ○ห้อง ER | **วันที่** ...../...../..... **เลขที่**.....

ผู้ให้บริการ: ○สรวุฒิ ○มงคล ○อุกฤษฏ์ ○อัญชลี ○ภรทิตา ○กรองกาญจน์
○พิชญา ○ศิรินภา ☐แทนแพทย์

เจ้าของไข้ ให้บริการ: ○ผู้ป่วยคนเดียว ○ผู้ป่วยและญาติ ระบุจำนวนญาติ.....คน

ผู้รับบริการ: HN:_____○รายใหม่ ○รายเก่า (รักษาต่อเนื่อง) ○ยาเดิมส่งพบแพทย์

การมา: ○มาเอง ○ญาติมาแทน (ผู้ป่วยไม่มา) ☐ไม่ตรงนัด

ประเภทบริการ: ○ทั่วไป ○ด่วน ○ฉุกเฉิน

คิว: ○ปกติ (ตามลำดับการมา) ○แทรกคิวเป็นลำดับต้น

○แทรกคิวทันที (ห้องตรวจ) ○แทรกคิวทันที (ห้อง ER)

ผู้ช่วยเหลือฯ:

เวลาให้บริการ:

ที่	กิจกรรมบริการ	เวลา (ชั่วโมง:นาที)	ผู้บันทึก
1	ยื่นบัตร/มารับบริการ	☐☐:☐☐	ผู้วิจัย/ผู้ช่วยฯ
2	ได้รับบริการ	☐☐:☐☐	ผู้วิจัย/ผู้ช่วยฯ
3	บริการแล้วเสร็จ	☐☐:☐☐	ผู้วิจัย/ผู้ช่วยฯ

หมายเหตุ:

กรณีแพทย์ไปให้บริการผู้ป่วยฉุกเฉินที่ห้องฉุกเฉิน

ออกเวลา: __ __: __ __ กลับเวลา: __ __: __ __

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการให้บริการตรวจรักษา สุขภาพจิตแบบผู้ป่วยนอกผู้ใหญ่ สำหรับแพทย์โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการให้บริการตรวจรักษาสุขภาพจิต

แบบผู้ป่วยนอกผู้ใหญ่ สำหรับแพทย์โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์

เลขที่แบบสอบถาม.....

คำชี้แจง

แบบสอบถามมี 4 ส่วน ขอความร่วมมือโปรดตอบคำถามให้ครบถ้วน เพื่อประโยชน์ในการวิจัย และขอขอบพระคุณในการอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามนี้

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

1.1 เพศ □ชาย □หญิง 1.2 อายุ …… ปี 1.3 ภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัด ……..

1.4 ท่านให้บริการตรวจรักษาด้านสุขภาพจิตแบบ □จิตเวชเด็ก □ จิตเวชผู้ใหญ่

1.5 ระยะเวลาที่ท่านให้บริการตรวจรักษาด้านสุขภาพจิตแบบผู้ป่วยนอกผู้ใหญ่ ..…ปี…..เดือน

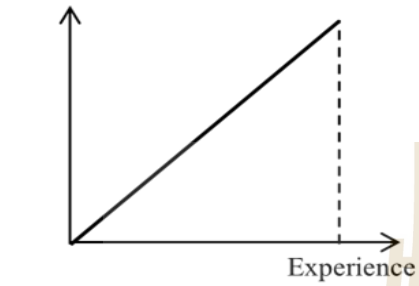
ส่วนที่ 2: เลือกระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการให้บริการตรวจรักษาสุขภาพจิต โดยให้เครื่องหมาย ✓ ที่ระดับความสำคัญของปัจจัย จาก ① (น้อยสุด) ถึง ⑩ (มากสุด) ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม หรือหากปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการให้บริการให้เลือกระดับความสำคัญเป็น ⓪

ปัจจัย	ระดับความสำคัญของปัจจัย ที่มีผลต่อระยะเวลาการให้บริการ	หมายเหตุ
2.1 ปัจจัยด้านผู้ให้บริการ (แพทย์)		
2.1.1 ประสบการณ์ในการให้บริการตรวจรักษาด้านสุขภาพจิต	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.1.3 จำนวนผู้รอรับบริการหน้าห้องตรวจ หรือจำนวนผู้ป่วยที่นัดไว้	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.1.4 เมื่อใกล้ถึงเวลาพักเที่ยงหรือเลิกงาน ยังมีผู้รอรับบริการอีกมาก	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.1.5 การให้บริการที่ผู้ป่วยมาคนเดียว / ผู้ป่วยและญาติ /ญาติมาแทน (ผู้ป่วยไม่มา)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	

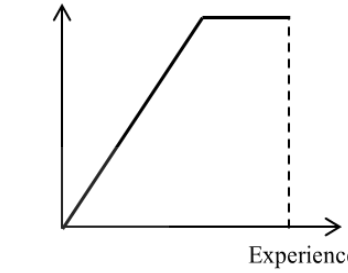
ปัจจัย	ระดับความสำคัญของปัจจัย ที่มีผลต่อระยะเวลาการให้บริการ	หมายเหตุ
2.1.6 ในกรณีที่ผู้รับบริการนั่งรถเข็ญ (ทางด่วน/ฉุกเฉิน)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.1.7 จำนวนและการมีผู้ช่วยเหลือคนไข้หน้าห้องตรวจ	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2 ปัจจัยด้านผู้รับบริการ (ผู้ป่วยและญาติ)		
2.2.1 อายุ	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.2 เพศ หรือสมณะ	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.3 ระดับการศึกษา	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.4 อาชีพ	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.5 สถานภาพการสมรส	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.6 ศาสนา	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.7 เชื้อชาติ/สัญชาติ	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.8 ภูมิลำเนา	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.9 ผู้ป่วยใหม่/ผู้ป่วยเก่า (จำนวนครั้งที่มารับบริการ)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.10 โรคทางจิตที่ป่วย	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.11 จำนวนโรคที่ป่วย รวมถึงโรคร่วมทั้งทางจิตและทางกาย	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.12 การมีญาติมาด้วย	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.13 ผู้ป่วยตรงนัด /ไม่ตรงนัด	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
2.2.14 ภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
- ภาษาประจำถิ่น นครราชสีมา (ภาษาไทยโคราช)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
- ภาษาประจำถิ่น ชัยภูมิ (ภาษาไทยอีสาน-ลาว)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
- ภาษาประจำถิ่น บุรีรัมย์ (ภาษาไทยส่วยหรือกุย)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	
- ภาษาประจำถิ่น สุรินทร์ (ภาษาไทยเขมร)	⓪①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	

ส่วนที่ 3 หากเปรียบเทียบความสามารถในการให้บริการ (Competency) กับประสบการณ์การทำงาน (Experience) ของท่าน ด้วยกราฟ ท่านคิดว่าควรมีลักษณะเช่นไร

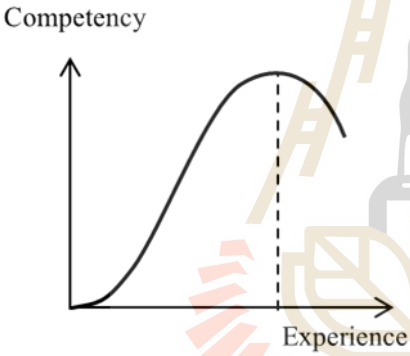
☐แบบที่ 1



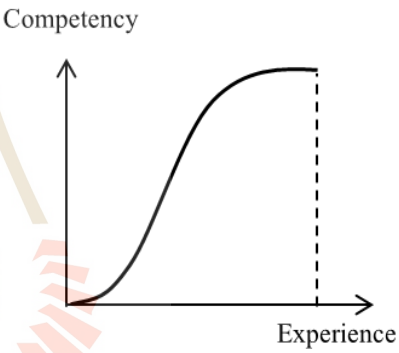
☐แบบที่ 2



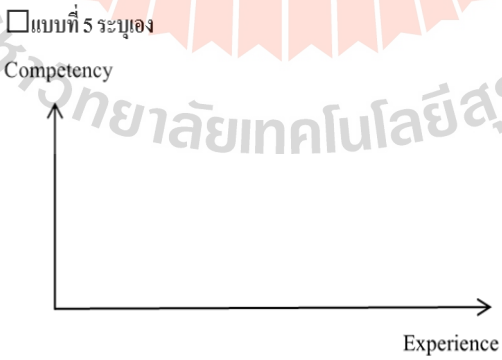
☐แบบที่ 4



☐แบบที่ 3



☐แบบที่ 5 ระบุเอง



ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

……

……

……

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามความพึงพอใจการในการใช้งานตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

การออกแบบมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

(THE DESIGN OF AN ADAPTIVE QUEING MODULE FOR PSYCHIATRIC HOSPITAL)

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบมอดูลตัวแบบแถวคอยเชิงปรับตัวได้ สำหรับโรงพยาบาลทางจิตเวช

2. ผู้วิจัย

นายประชาสันต์ แว่นไธสง

สถานศึกษา: สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

3. คำชี้แจง

แบบสอบถาม มี 3 ส่วน ขอความร่วมมือจากทุกท่านโปรดตอบคำถามให้ครบถ้วน เพื่อประโยชน์ในการวิจัย และขอขอบพระคุณในการอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามนี้

แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

(ให้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่เหมาะสมกับท่านมากที่สุด)

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง 1.2 อายุ……..…..ปี

1.3 สถานภาพปัจจุบัน

☐ แพทย์ ☐ พยาบาล ☐ นักวิชการคอมพิวเตอร์ ☐ อื่น ๆ ระบุ.....

1.4 อายุราชการ ……..ปี

1.5 ระดับการศึกษา ☐ อนุปริญญา/ปวส. ☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

<u>ส่วนที่ 2</u> ความพึงพอใจของผู้ใช้

(ให้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่เหมาะสมกับท่านมากที่สุด)

ที่	ประเด็นคำถาม	ระดับความเห็นต่อซอฟต์แวร์				
		ไม่เหมาะสม	น้อย	พอใช้	ดี	ดีมาก
2.1	ท่านใช้เวลาไม่นานในการเรียรู้การทำงานของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่					
2.2	ท่านสามารถใช้งานมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้เป็นอย่างดีด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการช่วยเหลือ					
2.3	มอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็ว					
2.4	มอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถแสดงผลการจำลองสถานการณ์การให้บริการได้อย่างถูกต้องและตรงกับความต้องการ					
2.5	มอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้สามารถช่วยในการวางแผนระบบการให้บริการทั้งการจัดการผู้ให้บริการและผู้รับบริการได้เป็นอย่างดี					
2.6	ท่านสามารถจดจำรูปแบบและวิธีการใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้โดยง่าย					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้ (ต่อ)

(ให้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นที่เหมาะสมกับท่านมากที่สุด)

ที่	ประเด็นคำถาม	ระดับความเห็นต่อซอฟต์แวร์				
		ไม่เหมาะสม	น้อย	พอใช้	ดี	ดีมาก
2.7	เมื่อท่านกลับมาใช้งานมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้อีกครั้ง ท่านสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่					
2.8	ท่านไม่พบข้อผิดพลาดในการจำลองสถานการณ์ของมอดูลแถวคอยเชิงปรับตัวได้					
2.9	ภาษาที่ใช้สื่อความหมายที่ชัดเจน					
2.10	การใช้กราฟฟิกและโทนสีเหมาะสมในการแสดงผล					
2.11	การจัดวางองค์ประกอบ เช่น เมนู กราฟ มีความเหมาะสม					
2.12	โดยภาพรวมทั้งหมดท่านมีความพึงพอใจมอดูแถวคอยเชิงปรับตัวได้อยู่ในระดับใด					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

****

ประชาสันต์ แว่นไธสง

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายประชาสันต์ แว่นไธสง เกิดเมื่อวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญาตรี (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาวิชาระบบสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2549 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เริ่มทำงานในฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ ในตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่พัฒนาซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการให้บริการผู้มารับบริการกับทางโรงพยาบาล และดูแลระบบฐานข้อมูลผู้รับบริการของโรงพยาบาล ต่อมาในปี พ.ศ. 2553ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท กลุ่มวิชาระบบวิสาหกิจ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2555 จากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีเดียวกัน และได้ลาออกจากงานประจำที่โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชนครินทร์ในปี พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี