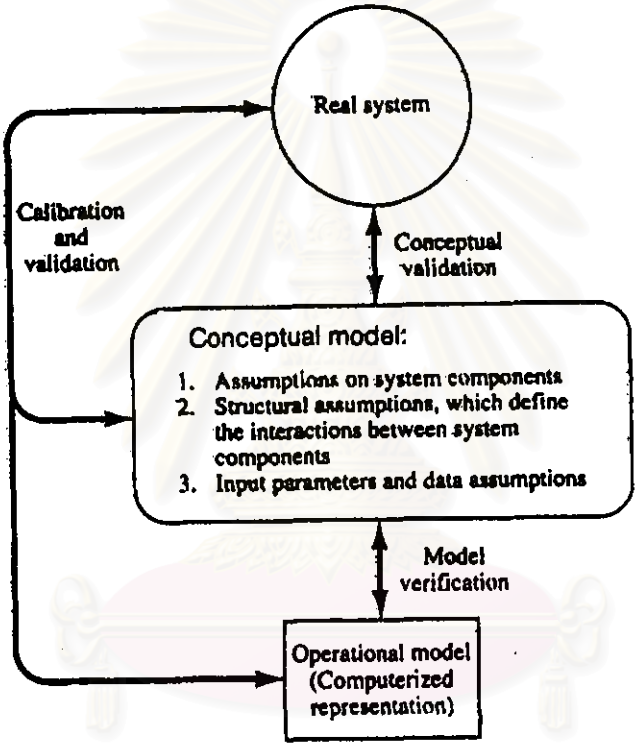
บทที่ 7

การตรวจสอบความถูกต้อง และการทดสอบความน่าเชื่อถือ ของแบบจำลอง Simulation

ขั้นตอนในการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) และการทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validation) ของแบบจำลอง Simulation เป็นขั้นตอนหรือขบวนการหนึ่งเพื่อทำให้แบบจำลองสามารถจำลองสภาพจริงที่เกิดขึ้นภายในระบบ (Real-World System) ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยที่การตรวจสอบความถูกต้องเป็นขบวนการในการค้นหาและขจัดความคลาดเคลื่อนภายในแบบจำลองว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ (Logic of the model) ซึ่งจะเรียกโดยทั่วไปว่า Debugging ขณะที่การทดสอบความน่าเชื่อถือเป็นขบวนการในการทดสอบว่าแบบจำลองสามารถจำลองสภาพที่เกิดขึ้นจริงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ (Level of Confidence) โดยขบวนการในการสร้างแบบจำลอง การตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง Simulation แสดงดังรูปที่ 7.1 ทั้งนี้ขั้นตอนแรกในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยการสำรวจพฤติกรรมภายในระบบ ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบ และการเก็บข้อมูล ถึงอย่างไรก็ตามการศึกษาพฤติกรรมของระบบเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะเข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบได้อย่างแท้จริงจึงจำเป็นต้องมีการสอบถามถึงรายละเอียดของพฤติกรรมภายในระบบจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์ที่เข้าใจลึกซึ้งถึงการดำเนินการ และความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบต่างๆ ภายในระบบ เช่น ผู้ดำเนินการ ช่างเทคนิค วิศวกร และหัวหน้าหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อที่จะนำรายละเอียดที่ได้ มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 ในการสร้างแบบจำลองคือ การสร้างแนวคิดของแบบจำลอง (Conceptual Model) โดยทำการสร้างสมมติฐานของแต่ละส่วนประกอบ และโครงสร้างของระบบที่กำลังศึกษา เพื่อนำมาทำการทดสอบสมมติฐานจากค่า (Values) และตัวแปร (Parameters) ที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองโดยทำการเปรียบเทียบ และทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างแนวคิดของแบบจำลอง (Conceptual Model) กับสภาพที่เกิดขึ้นจริงในระบบ (Real System)

ขั้นตอนที่ 3 คือการตีความผลลัพธ์ของแบบจำลองที่นำมาใช้ในการดำเนินการศึกษาพฤติกรรมของระบบ (Operational Model) ลงในตารางแสดงผล ถึงอย่างไรการดำเนินตามขั้นตอนต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับต่อเนื่องเสมอไป ผู้สร้างแบบจำลองสามารถที่จะทบทวนขั้นตอนหนึ่งขั้นตอนใดได้หลายครั้งในขณะดำเนินการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองที่ทำการพัฒนามีความใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นมากที่สุด



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง การทดสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อของแบบ จำลอง

ที่มา : Banks คณะ (1996)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง Simulation (Verification of Simulation Models)

จุดประสงค์ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง Simulation เพื่อทำการตรวจสอบให้มั่นใจว่าแนวคิดของแบบจำลอง (Conceptual Model) เช่นสมมติฐานของส่วนประกอบภายในระบบ โครงสร้างระบบ ตัวแปร และสัญลักษณ์ย่อต่างๆ มีความถูกต้องเพียงพอที่จะนำมาเป็นแบบจำลองในการดำเนินการศึกษาพฤติกรรมระบบ (Operation Model) ทั้งนี้ข้อแนะนำในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1. ผลที่ได้จากการคำนวณ (Computerized Representation) ได้รับการตรวจสอบจากผู้มีประสบการณ์หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง นอกจากผู้สร้างแบบจำลองเอง
2. ทำการสร้างโครงสร้างของแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมของระบบที่เปลี่ยนแปลงตามเหตุการณ์อย่างสมเหตุสมผล
3. ทำการทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองโดยทำการใส่ข้อมูลที่หลากหลาย แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาพิจารณาค่าทางด้านสถิติ
4. ตรวจสอบข้อมูลหรือตัวแปรที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไปหลังจากสิ้นสุดขบวนการสร้างแบบจำลอง Simulation
5. ให้บันทึกความหมาย และรายละเอียดของแต่ละค่าตัวแปร และสัญลักษณ์ที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองเพื่อช่วยในการเตือนความจำ
6. ถ้าการแสดงผลของแบบจำลองสามารถแสดงโดยภาพเคลื่อนไหวได้ (Animation) การทดสอบความถูกต้องสามารถพิจารณาจากภาพเคลื่อนไหวซึ่งเรียกว่า Automated Guided Vehicles (AGVs) โดยแสดงภาพการเคลื่อนไหวจากส่วนประกอบหนึ่งไปยังส่วนประกอบหนึ่ง โดยถ้ามีส่วนประกอบใดหรือขั้นตอนการดำเนินงานของระบบผิดพลาดก็จะสามารถตรวจสอบได้โดยตลอดในขณะที่ทำการ Simulation
7. Interactive Run Controller (IRC) หรือ Debugger เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง Simulation โดยที่ IRC จะทำการหาจุดบกพร่องหรือข้อผิดพลาดในแบบจำลองที่ทำการสร้างขึ้น ซึ่งการทำงานของ IRC มีรายละเอียดดังนี้

ก) สามารถทดสอบหรือติดตามผลของ Simulation ในขณะที่ดำเนินการอยู่ และสามารถเลือกช่วงเวลาในการพิจารณาได้โดยข้ามขั้นตอนที่ไม่ต้องการ

ข) สามารถตรวจสอบ หรือติดตามผลส่วนประกอบแต่ละส่วนประกอบที่อยู่ในแบบจำลองเช่น ในกรณีที่มีผู้เข้ามาใช้บริการในส่วนใดส่วนหนึ่ง Simulation จะหยุดการทำงานและแสดงผลที่ได้ในส่วนประกอบนั้น โดยค่าที่แสดงผลประกอบด้วย เวลาที่เข้ามาใช้บริการ ความล่าช้า และจำนวนคนที่เข้ามารอใช้บริการ

ค) สามารถตรวจสอบหรือติดตามผลเฉพาะส่วนประกอบที่สนใจพิจารณา เช่น เมื่อ Simulation หยุดการทำงานสามารถแสดงผลสถานะของระบบ (ว่างหรือไม่ว่าง) จำนวนคนมารอใช้บริการ จำนวนช่วงเปิดให้บริการ และอื่น ๆ

ง) Simulation สามารถหยุดการทำงาน หรือพักชั่วคราว ซึ่งไม่เพียงแต่แสดงผลของข้อมูลที่สนใจ แต่สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ เข้าไปใหม่ได้โดยให้ Simulation สามารถทำงานได้ต่อไป

8. การแสดงการทำงานของระบบเป็นรูปภาพจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งให้การตรวจสอบความถูกต้อง และการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองให้ประสบผลสำเร็จ (Bortscheller และ Sauhier,1992) ซึ่งการแสดงผลการทำงานของระบบเป็นรูปภาพจะเป็นการง่ายต่อการเข้าใจ และนำเสนอรูปแบบการทำงานของระบบ

ทั้งนี้ในการตรวจความถูกต้องในโปรแกรม ARENA สามารถคำนวณการตรวจสอบภายใต้ตัวเลือก COMMAND ซึ่งมีประโยชน์ในการติดตามและตรวจสอบความถูกต้องของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแบบจำลองที่สร้าง คำสั่งหลักๆ ของตัวเลือก COMMAND ประกอบด้วยคำสั่งดังต่อไปนี้ คำสั่ง "STEP" เป็นคำสั่งที่ทำให้ส่วนที่ควบคุมการทดลอง (Run Controller) ทำการลำดับเหตุการณ์ (Event) เพิ่มครั้งละ 1 ขั้น เพื่อพิจารณา Entity มีการเคลื่อนที่ผ่าน Block ใดๆ มีลำดับเหตุการณ์อย่างไรบ้าง คำสั่ง "SHOW" และ "VIEW" เป็นคำสั่งเพื่อดูลักษณะของตัวแปรในระบบมีสถานะอย่างไรบ้างในขณะเวลาที่พิจารณา และคำสั่ง "SET TRACE" เป็นคำสั่งที่สั่งให้ตัวควบคุมการทดลองตรวจสอบ Entity ที่เข้าสู่ระบบ ตั้งแต่เริ่มต้นจนออกจากระบบ โดยสนใจเฉพาะ Entity ที่กำหนดให้เท่านั้น ตัวอย่างการตรวจสอบภายใต้ตัวเลือก COMMAND แสดงดังรูปที่ 7.2

```
                    System Trace Beginning at Time:     .000

 Seq#   Label          Block      System Status Change
-------------------------------------------------------------------------------
TIME: 0.0   ENTITY: 2
    1                  CREATE     Next creation scheduled at time 6.01894
    2                  QUEUE      Entity 2 sent to next block
    3                  SEIZE      Seized 1 unit(s) of MACHINE
    4                  DELAY      Delayed by 4.2856 until time 4.2856
                                  NQ(Buffer) =     .0000
                                  NR(Machine) =    1.000

TIME: 4.2856  ENTITY: 2
    5                  RELEASE    MACHINE available incr by 1 to 1
    6                  COUNT      Counter JOBSDONE incremented by 1 to 1
                       DISPOSE    Disposed entity 2
                                  NQ(Buffer) =     .0000
                                  NR(Machine) =    .0000

TIME: 6.01894  ENTITY: 3
    1                  CREATE     Next creation scheduled at time 8.12828
    2                  QUEUE      Entity 3 sent to next block
    3                  SEIZE      Seized 1 unit(s) of MACHINE
    4                  DELAY      Delayed by 3.80339 until time 9.82233
                                  NQ(Buffer) =     .0000
                                  NR(Machine) =    1.000

TIME: 8.12828  ENTITY: 2
    1                  CREATE     Next creation scheduled at time 10.5094
    2                  QUEUE      Entity 2 sent to next block
    3                  SEIZE      Could not seize resource MACHINE
                                  Entity 2 added to queue BUFFER at rank 1
                                  NQ(Buffer) =     1.000
                                  NR(Machine) =    1.000

TIME: 9.82233  ENTITY: 3
    5                  RELEASE    MACHINE available incr by 1 to 1
                                  Entity 2 removed from queue BUFFER
                                  Resource allocated to entity 2
                                  Seized 1 unit(s) of MACHINE
    6                  COUNT      Counter JOBSDONE incremented by 1 to 2
    7                  DISPOSE    Disposed entity 3
                                  NQ(Buffer) =     .0000
                                  NR(Machine) =    1.000

TIME: 9.82233  ENTITY: 2
    4                  DELAY      Delayed by 4.62926 until time 14.4516
                                  NQ(Buffer) =     .0000
                                  NR(Machine) =    1.000
```

รูปที่ 7.2 ตัวอย่างในการ SET TRACE โดยโปรแกรม ARENA

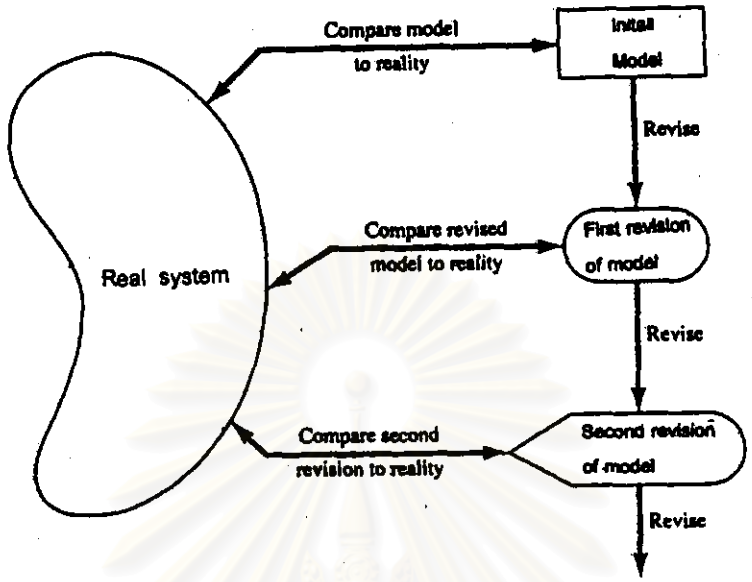
ที่มา : Pegden และคณะ (1995)

7.2 การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง Simulation (Validation of Simulation Model)

การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง คือขั้นตอนโดยรวมในการเปรียบเทียบพฤติกรรมที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นในระบบซึ่งได้จากการปรับเทียบ (Calibration) แบบจำลองหลายรอบดังแสดงในรูปที่ 7.3 โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับสภาพจริงที่เกิดขึ้น แล้วทำการปรับปรุงข้อมูลพฤติกรรมของระบบที่บรรจุอยู่ภายในแบบจำลองเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบที่เกิดขึ้นจริงอีกครั้ง และทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้แบบจำลองที่สามารถสะท้อนพฤติกรรมในระบบได้ใกล้เคียงที่สุด ซึ่งในการทดสอบสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ คือ Subjective และ Objective โดย Subjective จะเป็นทดสอบโดยใช้วิจารณญานผู้ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับระบบที่กำลังศึกษา โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติ แต่ Objective เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่แบบจำลองที่วิเคราะห์ได้กับระบบที่เกิดขึ้นจริงซึ่งจะพิจารณาไปมาหลายรอบในส่วนของแนวคิดแบบจำลอง (Conceptual Model) เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องและแม่นยำ

ทั้งนี้ในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจะต้องทำการทบทวนแบบจำลองซ้ำไปมาหลายครั้งเพื่อให้ได้ความถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ค่าใช้จ่าย และเวลา ดังนั้นผู้สร้างแบบจำลองต้องมีการกำหนดระดับการยอมรับความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างแบบจำลองกับสภาพจริงที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ถ้าหากงบประมาณในการศึกษามีจำกัด แบบจำลองจะไม่สามารถให้ความแม่นยำได้สูงและอาจสะท้อนความเป็นจริงได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หรืออาจไม่สามารถนำมาใช้ในการจำลองสภาพที่เกิดขึ้นจริงได้เลย ขั้นตอนที่แพร่หลายที่นำมาใช้ในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองมีอยู่ 3 ขั้นตอนดังนี้คือ (Naylor และ Finger,1967)

1. การสร้างแบบจำลองที่มี Face Validity ที่สูง
2. การทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมติฐาน
3. ทำการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้ (Input-Output Transformations) จากแบบจำลองและผลลัพธ์ที่ได้จากระบบที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 7.3 ขั้นตอน และขบวนการในการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้สามารถจำลองระบบที่เกิดขึ้นจริงได้ใกล้เคียง และมีประสิทธิภาพ

โดยวิธีการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทั้ง 4 วิธีที่จะกล่าวดังต่อไปนี้ เป็นรายละเอียดของการทดสอบความน่าเชื่อถือทั้ง 3 ขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

7.2.1 Face Validity

Face Validity เป็นการสร้างแบบจำลอง Simulation ให้ประสบความสำเร็จ เพื่อให้แบบจำลองมีความสมเหตุสมผล ในมุมมองจากผู้เกี่ยวข้องและมีประสบการณ์ในระบบที่กำลังศึกษา โดยแบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือสูงจะประกอบด้วย สมมุติฐาน โครงสร้างแบบจำลองและข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ หากผู้ใช้แบบจำลองมีความรู้เชี่ยวชาญกับระบบที่ทำการจำลองศึกษา จะมีผลทำให้แบบจำลองที่ได้มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากสามารถชี้ข้อบกพร่องของแบบจำลองที่ทำการสร้าง ดังนั้นขั้นตอนในการทดสอบความน่าเชื่อถือดังกล่าว ผู้ที่มีความรู้และเชี่ยวชาญควรมีส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มต้นในการปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อที่แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้ หรือผู้มีอำนาจตัดสินใจ

Sensitivity Analysis สามารถนำมาทดสอบ Face Validity ของแบบแบบจำลอง การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง เพื่อพิจารณาว่าแบบจำลองสามารถให้ผลลัพธ์เป็นไปตามความแนวโน้มที่ได้คาดไว้หรือไม่ เช่นในขบวนการในระบบแถวคอยของการเข้ามาใช้บริการของผู้ใช้บริการ ซึ่งอาจทำการเพิ่มหรือลดอัตราการเข้ามาใช้บริการ และระยะเวลาในการให้บริการ หลังจากนั้นพิจารณาดูว่าค่าอัตราส่วนการใช้ประโยชน์ของช่องให้บริการ จำนวนผู้มารอใช้บริการ และความล่าช้าที่เกิดขึ้นมีมากขึ้น หรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปหรือไม่

7.2.2 การทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมติฐาน (Validation of Model Assumptions)

การทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมุติฐานสามารถทดสอบได้ 2 ลักษณะคือ สมมุติฐานของโครงสร้าง และสมมุติฐานของข้อมูล ทั้งนี้สมมุติฐานของโครงสร้างจะพิจารณาว่าระบบมีการดำเนินการอย่างไร จากนั้นทำการย่อหรือจำลองระบบจากสิ่งที่เกิดขึ้นจริงๆ เช่น ในระบบแถวคอยของการให้บริการผู้โดยสาร ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระ ผู้โดยสารจะเข้ามาต่อแถวรอรับบริการตรวจบัตรโดยสารในแต่ละช่องบริการที่เปิดให้บริการเท่านั้น ซึ่งผู้โดยสารอาจเปลี่ยนแถวไปใช้บริการช่องให้บริการใหม่ที่มีจำนวนผู้โดยสารรอสั้นกว่า และการเปิดช่องให้บริการแก่ผู้โดยสารอาจเป็นไปได้ทั้งแบบคงที่ และเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ โดยที่การกำหนดสมมุติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างอาจได้จากการสังเกตุจากสภาพจริงของระบบที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พิจารณา แล้วปรึกษากับผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีประสบการณ์เพื่อให้แบบจำลองมีความเหมาะสมและตรงกับความต้องการของผู้ที่นำไปใช้

สมมุติฐานของข้อมูลจะศึกษาบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และได้ทดสอบหรือวิเคราะห์ทางด้านสถิติแล้ว จากตัวอย่างการเข้ามาใช้บริการของผู้โดยสาร ณ บริเวณตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระ ข้อมูลที่จะทำการเก็บมีดังนี้

1. ระยะห่างของเวลาการเข้ามาของผู้โดยสารแต่ละคน (Interarrival Time) ตลอดช่วงเวลาที่เคาน์เตอร์เปิดให้บริการประมาณ 3 ถึง 4 ชั่วโมง
2. ระยะเวลาให้บริการแก่ผู้โดยสาร

หากที่ข้อมูลที่นำมาทดสอบมีหลายชุดในแต่ละหลายช่วงเวลา จะต้องทำการทดสอบความเหมือนกันของข้อมูล (Homogeneity of Data) โดยวิธีการด้านสถิติ เช่นระยะเวลาที่ให้บริการแก่ผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันหรือไม่ หากข้อมูลไม่แตกต่างก็สามารถรวมเป็นชุดเดียวกันได้ ทั้งนี้การทดสอบสมมุติฐานของข้อมูลประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเลือกลักษณะการแจกแจงที่เหมาะสมกับพฤติกรรมที่ต้องการศึกษา
2. ประมาณค่าตัวแปรของลักษณะการแจกแจงที่ตั้งสมมุติฐาน
3. ทดสอบความน่าเชื่อถือของลักษณะการแจกแจงของแบบจำลองโดยวิธีการทดสอบ Goodness-of-fit เช่น วิธีการทดสอบแบบ chi-square หรือการทดสอบแบบ Kolmogorov-Smirnov และการทดสอบโดยใช้กราฟ

7.2.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformations

การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformations เป็นการทดสอบแบบ Objective ซึ่งทำการพิจารณาศึกษาว่าแบบจำลองจะสามารถให้ความถูกต้องแม่นยำมากน้อยเท่าใด โดยได้จากการป้อนข้อมูลจริงที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบที่ศึกษา โดยสามารถกระทำได้ 2 แนวทาง แนวทางแรก เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง แบบจำลองที่สร้างขึ้น กับระบบที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้มีความมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถจำลองระบบที่เกิดขึ้นจริงได้ใกล้เคียง แนวทางที่ 2 ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการให้บริการของส่วนบริการเดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้สร้างแบบจำลองต้องการที่จะนำแบบจำลองที่จำลองระบบที่เกิดขึ้นจริง ณ สภาพปัจจุบัน มาใช้ในการจำลองเหตุการณ์ในอนาคต ทั้งนี้ในการนำแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบันมาใช้ในการคาดการณ์หรือจำลองเหตุการณ์ในอนาคต อาจจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองเล็กน้อย แต่อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานที่แตกต่างไปจากเดิมมาก ถ้าหากเกิดขึ้นในการดำเนินการของการทำงานในสภาพจริง โดยการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มากหรือน้อยประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปร เช่น อัตราการเข้ามาของผู้โดยสาร ระยะเวลาการให้บริการ โดยไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแจกแจงของการเข้ามาใช้บริการ หรือให้บริการ และจำนวนช่องให้บริการ

2. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแจกแจงทางสถิติ เช่นการเปลี่ยนแปลงเฉพาะรูปแบบการแจกแจงของเวลาในการให้บริการ
3. การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ซึ่งเกิดจากการปรับโครงสร้างแบบจำลอง เช่น พฤติกรรมการเข้ามาต่อแถวคอยใช้บริการ หรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะการทำงานของระบบจากส่วนประกอบหนึ่งไปยังส่วนประกอบหนึ่ง
4. การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ซึ่งเกิดจากการออกแบบระบบใหม่หมด เช่น การเปลี่ยนการให้บริการของเคาน์เตอร์ให้บริการผู้โดยสารจากการใช้พนักงานให้บริการ เปลี่ยนมาเป็นระบบคอมพิวเตอร์ หรือจากการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยให้การทำงานที่มีอยู่เดิมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในการทดลองความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยวิธี Input-Output Transformations จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการเก็บจากระบบที่เกิดขึ้น เช่น อัตราส่วนการใช้ประโยชน์ ความล่าช้าเฉลี่ย และจำนวนคนมากสุดที่มารอใช้บริการ ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ข้อมูลที่ป้อน และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

Input Variables	*Model Output Variables, Y*
D = decision variables X = other variables	Variables of primary interest to management (Y_1, Y_2, Y_3) Y_1 = teller's utilization
Poisson arrivals at rate = 45/hour $X_{11}, X_{12}, \ldots$	Y_2 = average delay Y_3 = maximum line length
Service times, $N(D_2, 0.2^2)$ $X_{21}, X_{22}, \ldots$	Other output variables of secondary interest Y_4 = observed arrival rate
D_1 = 1 (one teller) D_2 = 1.1 minutes (mean service time) D_3 = 1 (one line)	Y_5 = average service time Y_6 = sample standard deviation of service times Y_7 = average length of time

ที่มา : Banks และคณะ (1996)

ซึ่งการทดลองความน่าเชื่อถือจะใช้วิธีการทดสอบทางสถิติของสมมติฐานหลัก(Null Hypothesis) ดังแสดงในสมการที่ 7.1

H_0 : ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ได้จากระบบจริง

H_1: ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ได้จากแบบจำลองมีค่าไม่เท่ากับความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ได้จากระบบจริง

(7.1)

โดยจากสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ปรากฏว่าการทดสอบปรากฏว่า H_0 เป็นที่ยอมรับ แสดงว่าการทดสอบดังกล่าวไม่มีเหตุผลพอที่จะปฏิเสธสมมุติฐาน ในทางกลับกันถ้า H_0 ไม่เป็นที่ยอมรับ แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่มีความน่าเชื่อถือที่จะใช้ในการคาดการณ์ได้ และต้องหาวิธีในการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ จากสมมุติฐานที่ได้กำหนดไว้ในข้างต้นสามารถนำมาทดสอบโดยวิธีทางสถิติที่เหมาะสม ซึ่งการทดสอบนี้ เรียกว่า t-test โดยจะประกอบด้วยการทดสอบแบบ Two-sided test และการทดสอบแบบ One-sided test ดังแสดงในสมการที่ 7.2

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \qquad (7.2)$$

โดยที่

t_0 = ค่าทดสอบทางด้านสถิติด้วยวิธี t test

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ต้องการทดสอบสมมุติฐานซึ่งได้จากจำลอง

μ = ตัวแปรที่กำหนดไว้เป็นค่าทดสอบสมมุติฐาน

s = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากแบบจำลอง

n = จำนวนตัวอย่าง

โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) มีค่าเท่ากับ α สามารถหาค่า t จากตารางสำหรับการทดสอบแบบ Two-sided test จะมีค่า $t_{\alpha/2,n-1}$ (โดยที่ n-1 หมายถึง Degree of Freedom) และใช้ค่า $t_{\alpha,n-1}$ หรือ $-t_{\alpha,n-1}$ สำหรับการทดสอบแบบOne-sided test ทั้งนี้ ถ้าเป็นการทดสอบแบบTwo-sided test $|t_0| > t_{\alpha/2,n-1}$ สมมุติฐานจะไม่ยอมรับ แต่ถ้าค่า $|t_0| < t_{\alpha/2,n-1}$ สมมุติฐานเป็นที่ยอมรับ แต่ในกรณีที่เป็นการทดสอบแบบ One-sided test $t_0 > t_{\alpha,n-1}$ หรือค่า $t_0 < -t_{\alpha,n-1}$ สมมุติฐานไม่เป็นที่ยอมรับ แต่ถ้าไม่เป็นดังกรณีดังกล่าว สมมุติฐานก็เป็นที่ยอมรับ ทั้งนี้ค่า α ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานแทนความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานในขณะที่สมมติฐานเป็นความจริง ซึ่งปกติจะกำหนด

ให้มีค่าเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่า โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนในการทดสอบ โดยปฏิเสธสมมติฐานในขณะที่สมมติฐานเป็นจริงเท่ากับ 0.05

7.2.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Validation โดยใช้ Historical Input Data

ในการทดสอบความน่าเชื่อถือจากวิธีการในหัวข้อ 7.2.3 ข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองจะพยายามจำลองพฤติกรรมของระบบที่เกิดขึ้นจริง เช่น รูปแบบการแจกแจงของการเข้ามาใช้บริการและให้บริการ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย (Means) ของสมมุติฐานที่ตั้งไว้ของระบบที่เกิดขึ้นจริงในสมการที่ 7.1 แต่สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Validation โดยใช้ Historical Input Data จะทำการป้อนข้อมูลใส่เข้าไปในแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลจริงทั้งหมด แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากระบบที่เกิดขึ้นจริง โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลองประกอบด้วย ระยะห่างของการเข้ามาใช้บริการ และระยะเวลาของการให้บริการ โดยแต่ละค่าของข้อมูลจะถูกเก็บไว้ใน Arrays หรือแฟ้มข้อมูลเพื่อไว้ในการอ่าน ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้บริการคนที่ n เข้ามาใช้บริการเมื่อเวลา $t_n=\sum_{i}^{n} A_i$ (A_i คือระยะห่างของการเข้ามาใช้บริการ) ผู้ใช้บริการคนที่ n+1 จะเข้ามาใช้เวลาที่ t_n+A_{n+1} โดยเวลาที่เข้ามาใช้บริการไม่จำเป็นต้องมีการ Random Numbers ในทำนองเดียวกันถ้าผู้เข้ามาใช้บริการได้รับบริการที่เวลา t_n' จะสิ้นสุดการให้บริการที่เวลา $t_n' + S_n$ (S_n คือ เวลาในการให้บริการของผู้โดยสารแต่ละคน)

ในการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธีดังกล่าว ผู้สร้างแบบจำลองต้องการที่จะจำลองสภาพที่เกิดขึ้นจริงในระบบให้เหมือนจริงมากที่สุด เนื่องจากถ้าแบบจำลองที่สร้างมีความใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นจริง จะมีผลทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความแม่นยำสูง เช่น ความล่าช้าของผู้ใช้บริการและอัตราส่วนอรรถประโยชน์ ดังนั้นในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างและทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจำเป็นต้องเก็บข้อมูลทุกประเภท เช่น ข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง (A_n,S_n,...) และข้อมูลที่แสดงการทำงานของระบบที่เกิดขึ้นจริง เช่น ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ ซึ่งต้องทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บข้อมูลระยะห่างของการเข้ามาของผู้ใช้บริการ (A_n) และระยะเวลาในการให้บริการ (S_n) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บจริง มิฉะนั้นการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองอาจเกิดการผิดพลาดได้ ถึงกระนั้นการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธีนี้สามารถกระทำได้ยากสำหรับแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นข้อมูลระดับปฐมภูมิ แต่ในบางระบบสามารถนำเครื่องนับ

อัตโนมัติหรือเครื่องมืออื่นๆ มาช่วยในการเก็บข้อมูลบางประเภท โดยตัวอย่างการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง และจากระบบที่เกิดขึ้นจริงแสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและจากระบบที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้วิธี Historical Input Data

Input Data Set	*System Output,* Z_{ij}	*Model Output,* W_{ij}	*Observed Difference,* d_j	*Squared Deviation from Mean,* $(d_j - \bar{d})^2$
1	Z_{i1}	W_{i1}	$d_1 = Z_{i1} - W_{i1}$	$(d_1 - \bar{d})^2$
2	Z_{i2}	W_{i2}	$d_2 = Z_{i2} - W_{i2}$	$(d_2 - \bar{d})^2$
3	Z_{i3}	W_{i3}	$d_3 = Z_{i3} - W_{i3}$	$(d_3 - \bar{d})^2$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
K	Z_{iK}	W_{iK}	$d_K = Z_{iK} - W_{iK}$	$(d_K - \bar{d})^2$
			$\bar{d} = \frac{1}{K}\sum_{j=1}^{K} d_j$	$S_d^2 = \frac{1}{K-1}\sum_{j=1}^{K}(d_j - \bar{d})^2$

ที่มา : Banks และคณะ (1996)

จากตาราง 7.3 แสดงการเปรียบเทียบผลต่าง ($\bar{d}$) ของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (W_{ij})และจากระบบที่เกิดขึ้นจริง (Z_{ij}) โดยที่ j หมายถึงจำนวนชุดข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง ตั้งแต่ลำดับ 1 ถึง K โดยที่แต่ละค่า Z_i และ W_i ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากผู้ใช้บริการ ดังนั้นค่าความแตกต่าง $d_j = Z_{ij} - W_{ij}$ มีการแจกแจงแบบ Normal (จากทฤษฎี Central Limit Theorem) ด้วยค่าเฉลี่ย μ_d และความแปรปรวน σ_d^2 การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติที่เหมาะสมคือการทดสอบด้วยวิธีการ t-test ซึ่งมีสมมุติฐานหลักดังนี้คือ ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากแบบจำลองและจากระบบที่เกิดขึ้นจริงไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในสมการที่ 7.5

$$H_0: \mu_d = 0 \quad \text{และ}$$

$$H_1: \mu_d \neq 0 \qquad (7.5)$$

โดยในการทดสอบจะทำการเปรียบเทียบแต่ละค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและระบบที่เกิดขึ้นจริง เพื่อทำการหาค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง $\bar{d}$ และความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง S_d^2 จากนั้นสามารถหาค่า t ได้จากสมการที่ 7.6

$$t_0 = \frac{\bar{d} - \mu_d}{S_d / \sqrt{K}} \qquad (7.6)$$

ในการทดสอบสมมุติฐานซึ่งมีค่าวิกฤติ $t_{\alpha/2,K-1}$ จากตารางการแจกแจงแบบ t ด้วยระดับนัยสำคัญ α และ Degrees of Freedom เท่ากับ K-1 ถ้าหากค่า $|t_0| > t_{\alpha/2,K-1}$ แสดงว่าสมมุติฐานไม่เป็นที่ยอมรับและสรุปได้ว่าแบบจำลองไม่น่าเชื่อถือ แต่ถ้า $|t_0| < t_{\alpha/2,K-1}$ แสดงว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 และสรุปได้ว่า การทดสอบสมมุติฐานไม่มีหลักฐานพอที่จะแสดงว่าแบบจำลองไม่มีความน่าเชื่อถือ

จากวิธีการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง Simulation ดังที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น ผู้ที่ทำการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องเลือกวิธีการในการทดสอบความน่าเชื่อถือที่เหมาะสมที่สุดกับแบบจำลองที่ทำการสร้างเพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากถ้าต้องการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยใช้การทดสอบทุกวิธีที่สามารถกระทำได้ในแบบจำลองทั้งหมดที่ทำการสร้างจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาแบบจำลองนานมาก เสียค่าใช้จ่ายสูง และสามารถกระทำได้ยากมาก อย่างไรก็ดีเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจึงจำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบที่สร้างกับระบบที่เกิดขึ้นจริง (Objective Statistic Test) ควรดำเนินการดังนี้ (Van Horn,1969)

1. พัฒนาแบบจำลองให้สามารถตรวจสอบได้โดยง่าย (High face validity) เพื่อรับคำชี้แนะจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์ เพื่อให้สามารถทราบถึงพฤติกรรมของระบบ โครงสร้างแบบจำลอง ข้อมูลที่ป้อนเข้าไป และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง รวมทั้งควรจะศึกษาหาความรู้ ประสบการณ์ จากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา
2. ทำการทดสอบวิธีการทางด้านสถิติของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในแบบจำลอง เช่น ข้อมูลมีลักษณะเดียวกันหรือไม่ (Homogeneity) ข้อมูลที่นำมาเป็นข้อมูลที่ได้จากการสุ่ม (Randomness) และใช้วิธี Goodness-of-fit เพื่อใช้ในการหาลักษณะการแจกแจงที่เหมาะสม
3. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและระบบที่เกิดขึ้นจริงโดยใช้วิธีการทดสอบค่าเฉลี่ย (Means of Statistical Tests)

4. หลังจากพัฒนาแบบจำลองเสร็จสิ้นแล้ว ให้เก็บข้อมูลจากระบบที่เกิดขึ้นจริงใหม่เพื่อนำข้อมูลมาทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (ทำซ้ำวิธีการจากข้อ 2 ถึง 4)
5. สร้างแบบจำลองใหม่ (หรือปรับแก้แบบจำลองเดิม) โดยใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแล้วทำการเก็บข้อมูลใหม่ และใช้ข้อมูลดังกล่าวในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองใหม่ที่สร้างขึ้น (ไม่แนะนำให้ใช้วิธีนี้ยกเว้นในกรณีที่ไม่สามารถใช้วิธีอื่นได้)
6. พิจารณาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องทำอะไรเลย จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้มาใช้จำลองระบบที่เกิดขึ้นจริง (ไม่แนะนำให้ใช้วิธีดังกล่าว)

7.3 การสำรวจความล่าช้าภายในอาคารผู้โดยสารระหว่างประเทศ ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ

ในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการของส่วนให้บริการต่างๆ ภายในอาคารผู้โดยสาร จะพิจารณาใน 2 ลักษณะคือ ความล่าช้า และความแออัด โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการ จะพิจารณาในส่วนของความล่าช้าของผู้โดยสาร เริ่มตั้งแต่ผู้โดยสารเข้าแถวมารอรับบริการ จนกระทั่งรับบริการเสร็จเรียบร้อย ทั้งนี้ในการสำรวจข้อมูลความล่าช้าของผู้โดยสารเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการให้บริการแก่ผู้โดยสาร อาคารผู้โดยสารระหว่างประเทศ จะทำการสุ่มสำรวจผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ ซึ่งข้อมูลที่ทำการบันทึกจะประกอบด้วย เวลาที่ผู้โดยสารเข้ามารอใช้บริการ เวลาที่ผู้โดยสารได้รับบริการ และเวลาที่ผู้โดยสารรับบริการเสร็จสิ้น (ดังแสดงในภาคผนวก ก.)

นอกจากนี้ความล่าช้าที่ได้จากการสำรวจ ยังสามารถสะท้อนถึงระดับการให้บริการของส่วนให้บริการต่างๆ ณ ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ โดยจากการสำรวจข้อมูลของสายการบินที่เดินทางระยะไกล (NG008) ซึ่งทำการสำรวจวันที่ 1 มีนาคม 2541 สายการบินที่เดินทางระยะสั้น (SQ880) ทำการสำรวจวันที่ 2 กันยายน 2541 และสายการบินไทย ด่านตรวจหนังสือเดินทาง และด่านตรวจคนเข้าเมือง ทำการสำรวจวันที่ 1 มีนาคม 2541 นำมาพิจารณาระดับการให้บริการของส่วนให้บริการต่างๆ เทียบกับระยะเวลาการกำหนดระดับการให้บริการโดยใช้แบบจำลองวัดระดับความพึงพอใจ (P-R Model)

ตารางที่ 7.3 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของส่วนให้บริการต่างๆ ที่ได้จากการสำรวจ ณ วัน เวลา ที่ทำการสำรวจ เทียบกับระดับการให้บริการของอาคารผู้โดยสาร ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ (จากแบบจำลองวัดระดับความพึงพอใจ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงว่า ระดับการให้บริการของเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะไกล และระยะสั้นอยู่ในระดับ "ดี" และสายการบินไทยอยู่ในระดับ "พอใช้" ส่วนระดับการให้บริการของด่านตรวจหนังสือเดินทางอยู่ในระดับ "ดี" และด่านตรวจคนเข้าเมืองอยู่ในระดับ "ไม่พอใจ" โดยผลที่วิเคราะห์ได้เป็นเพียงการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของส่วนให้บริการต่างๆ ณ วัน เวลา ที่ทำการสำรวจเท่านั้น ทั้งนี้ในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการภายในอาคารผู้โดยสาร จะทำการพิจารณาในชั่วโมงออกแบบ (ปกติจะออกแบบที่ชั่วโมงผู้โดยสารใช้บริการสูงสุดที่ 30) หรือช่วงเวลาที่ต้องการประเมินระดับการในการให้บริการเป็นพิเศษ

ตารางที่ 7.3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของส่วนให้บริการต่างๆ ภายในอาคารผู้โดยสารระหว่างประเทศ ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ

บริเวณจุดให้บริการ	ระดับการให้บริการของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ (นาที)			ความล่าช้าของผู้โดยสารจากการสำรวจ (นาที)	ระดับการให้บริการที่ได้
	ระดับ 1 *ดี*	ระดับ 2 *พอใช้*	ระดับ 3 *ไม่พอใจ*		
เคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระ	< 6.8	6.8 – 14.8	> 14.8		
- *สายการบินที่เดินทางระยะไกล*				6.40	ดี
- *สายการบินที่เดินทางระยะสั้น*				3.97	ดี
- *สายการบินไทย*				11.33	พอใช้
ด่านตรวจหนังสือเดินทาง	< 8.0	8.0 – 11.4	> 11.4	2.97	ดี
ด่านตรวจคนเข้าเมือง	< 3.7	3.7 – 6.2	> 6.2	11.07	ไม่พอใจ

7.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองในการประเมินประสิทธิภาพการให้บริการ อาคารผู้โดยสารระหว่างประเทศ ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ

แบบจำลองประเมินประสิทธิภาพการให้บริการแก่ผู้โดยสารภายในอาคารผู้โดยสารที่ได้พัฒนาขึ้นในหัวข้อที่ 6.4 ประกอบด้วยแบบจำลองในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสาร ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระสายการบินที่เดินทางระยะไกล เคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระสายการบินที่เดินทางระยะสั้น เคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระสายการบินไทย ด่านตรวจหนังสือเดินทาง และด่านตรวจคนเข้าเมือง ทั้งนี้หลังจากแบบจำลองดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) เพื่อค้นหาและขจัดความคาดเคลื่อนภายในแบบจำลองว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ (Logic of the model) โดยเรียกทั่วไปว่า Debugging ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองได้สร้างถูกต้องหรือไม่ (Model Right) ส่วนหลังจากที่แบบจำลองได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Validation) ซึ่งเป็นขั้นตอนในการทดสอบความสามารถของแบบจำลองในการจำลองสภาพที่เกิดขึ้นจริงได้ใกล้เคียงและเป็นที่ยอมรับ (Right Model)

ทั้งนี้ขั้นตอนในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสาร ภายในอาคารผู้โดยสาร ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ จะทำการทดลองอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ การพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติ การทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมุติฐาน และการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้ (Input–Output Transformations) จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง โดยขั้นตอนเหล่านี้เป็นขั้นตอนในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่แพร่หลายและเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (Naylor และ Finger,1967)

จากที่ได้นำเสนอในบทที่ 5 การศึกษาได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมติฐาน เช่น ลักษณะการกระจายตัวของผู้มาใช้บริการ และลักษณะการกระจายตัวของการให้บริการ ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมของผู้มาใช้บริการและให้บริการ โดยทดสอบความน่าเชื่อถือของลักษณะการแจกแจงด้วยวิธี Goodness-of-Fit ดังนั้นในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองประเมินประสิทธิภาพการให้บริการภายในอาคารผู้โดยสาร ในบทนี้จะพิจารณาการทดสอบเฉพาะวิธีการทดสอบความน่า

เชื่อถือที่เหลือ คือ การพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติ และการทดสอบวิธี Input – Output Transformations

7.4.1 เคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระ

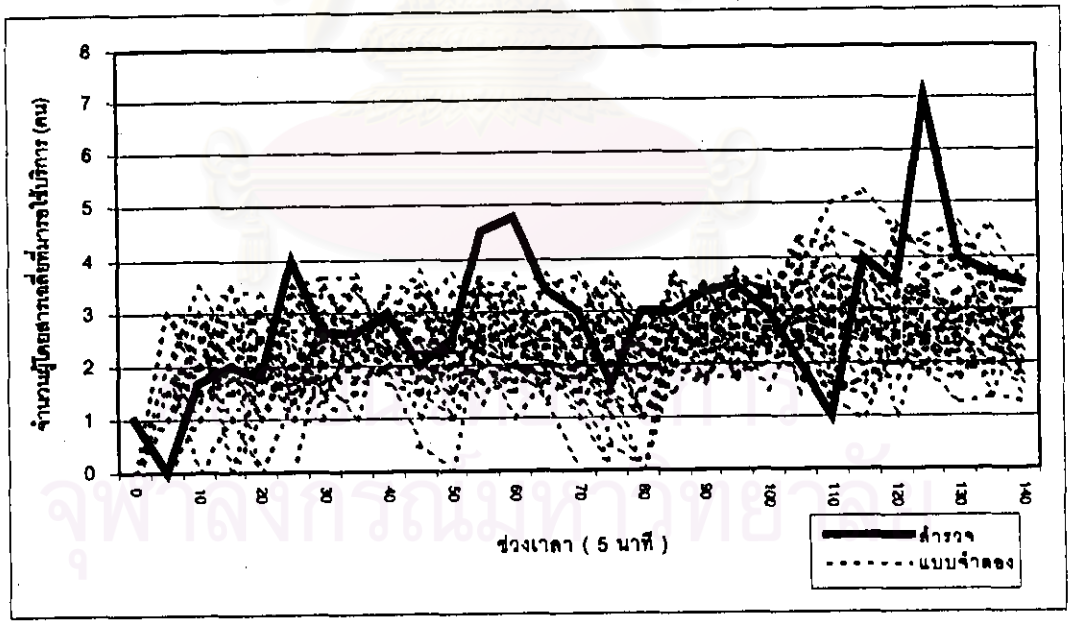
7.4.1.1 เคาน์เตอร์สายการบินที่เดินทางระยะไกล

จากแบบจำลองประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสาร เคาน์เตอร์สายการบินที่เดินทางระยะไกล ตามที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 6.4.1.1 โดยเที่ยวบินที่นำมาพิจารณาคือเที่ยวบิน NG008 ของสายการบิน Lauda Air เดินทางจากกรุงเทพไปยังเวียนนา ณ วันที่ 1 มีนาคม 2541 ผู้โดยสารที่เดินทางมีจำนวน 205 คน ซึ่งจากผลการประมวลผล (Run) ของแบบจำลอง ใช้ระยะเวลาในการประมวลผล 140 นาที และจำนวนรอบในการประมวลผลเท่ากับ 30 รอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองจากโปรแกรม ARENA โดยรวม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกคือ ผลลัพธ์ที่เป็นการประมวลผลสรุปการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ARENA (ARENA Simulation Results) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการเฉลี่ยในแต่ละช่องให้บริการ อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละช่องให้บริการ และจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการทั้งหมดในช่วงเวลาที่พิจารณา (แสดงในภาคผนวก ง.1) ส่วนที่สองคือผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้าง Block Diagram ในแบบจำลอง โดยทำการบันทึกค่าหรือผลลัพธ์ต่างๆที่ต้องการในขณะที่แบบจำลองอยู่ระหว่างการประมวลผล ซึ่งแบบจำลองในส่วนดังกล่าวนี้จะทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ในทุก 5 นาที ค่าที่ทำการบันทึกประกอบด้วย จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการในแต่ละช่องให้บริการ ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร

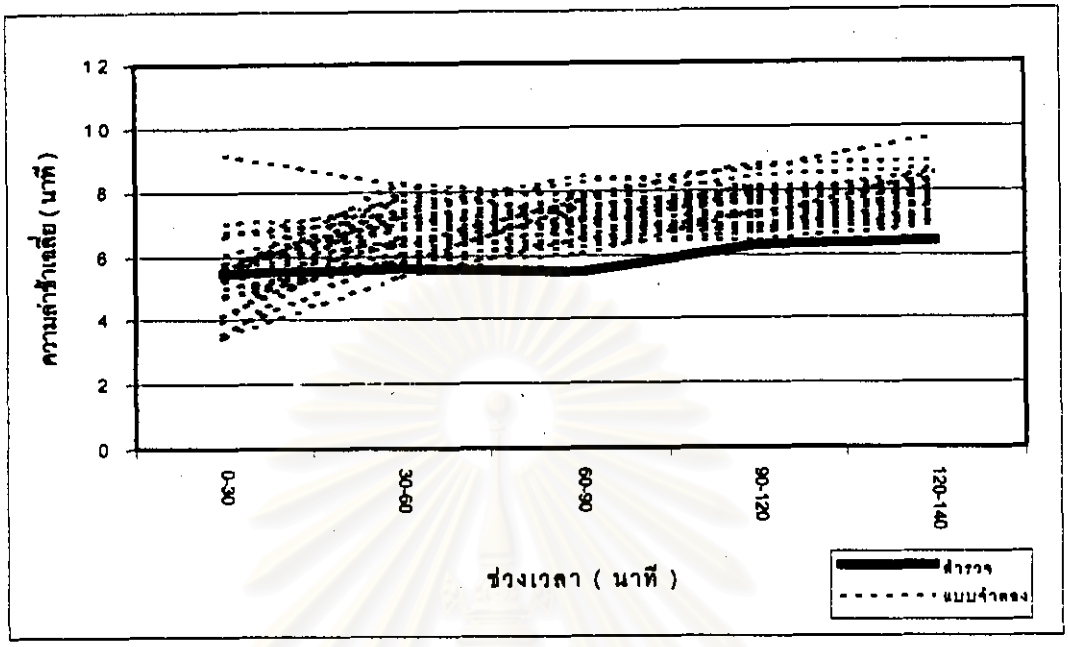
หากวิเคราะห์ผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติจากรูปที่ 7.4 ซึ่งแสดงถึง จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลของแบบจำลองในแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บมาจากภาคสนาม จะสังเกตุว่าจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากแบบจำลองจะมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากภาคสนาม ซึ่งจะมีผู้โดยสารมารอใช้บริการเฉลี่ยประมาณ 2-3 คน ในแต่ละช่องให้บริการ โดยรูปที่ 7.5 แสดงถึงความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลของแบบจำลองในแต่ละครั้ง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจได้จากภาคสนาม (เปรียบเทียบทุกช่วงเวลา 30 นาที) ทั้งนี้ความล่าช้าเฉลี่ยของ

ผู้โดยสารจากการประมวลผลของแบบจำลองโดยเฉลี่ยในทุกช่วงเวลาพิจารณา 30 นาที (ก่อนกำหนดการเครื่องออก 60-180 นาที) สามารถแบ่งได้ประมาณ 5 ช่วง โดยมีความล่าช้าเฉลี่ยเท่ากับ 5.51 6.83 7.14 7.56 และ 7.86 นาที ตามลำดับ และความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการสำรวจจริงจากภาคสนามมีความล่าช้าเฉลี่ยเท่ากับ 5.48 5.62 5.45 6.30 และ 6.40 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7.5

จากผลลัพธ์ที่ได้เมื่อพิจารณาจากรูป 7.4 และ 7.5 แบบจำลองมีระดับความน่าเชื่อถือ ที่จะสามารถนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสารในส่วนของเคาน์เตอร์สายการบินที่เดินทางระยะไกล ถึงแม้ในบางช่วงเวลาที่พิจารณาปรากฏว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง และจากข้อมูลที่เก็บจากภาคสนามมีความคลาดเคลื่อนกันบ้าง แต่ก็อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เช่น ในกรณีช่วงเวลาการประมวลผลที่ 125 นาที จำนวนผู้โดยสารโดยเฉลี่ยที่สามารถใช้บริการจากข้อมูลที่เก็บจากภาคสนามมีจำนวนมากกว่าจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากแบบจำลองมาก ซึ่งมีสาเหตุจากการที่ในระบบที่เกิดขึ้นจริง (Real World System) มีจำนวนคนรอใช้บริการมากถึง 7 คน แต่ยังไม่มีการเปิดช่องให้บริการเพิ่มขึ้น (จาก 1 ช่องเป็น 2 ช่อง) จึงทำให้ค่าที่ได้จากแบบจำลองและจากระบบที่เกิดขึ้นจริงมีค่าแตกต่างกันมาก เนื่องจากในแบบจำลองได้มีการกำหนดเงื่อนไขในการเปิดช่องให้บริการเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้บริการมากกว่า 3-5 คน



รูปที่ 7.4 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งของแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะไกล



รูปที่ 7.5 เวลาที่ผู้โดยสารมารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งโดยแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสาร และสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะไกล

ขั้นตอนต่อไปในการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองคือการทดสอบด้วยวิธี Input-Output Transformation โดยในงานวิจัยนี้จะนำค่าความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากแบบจำลอง และจากระบบที่เกิดขึ้นจริงหรือจากที่สำรวจได้ในภาคสนามตลอดช่วงเวลาการประมวลผลทั้งหมด โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ โดยมีสมมติฐานแสดงในสมการที่ 7.7

H_0 : ความล่าช้าของผู้โดยสารจากแบบจำลองตลอดช่วงเวลาการประมวลผลมีค่าเท่ากับความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ได้จากระบบที่เกิดขึ้นจริง

H_1: ความล่าช้าของผู้โดยสารจากแบบจำลองตลอดช่วงเวลาการประมวลผลมีค่าไม่เท่ากับความล่าช้าเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ได้จากระบบที่เกิดขึ้นจริง

(7.7)

โดยที่ข้อมูลจากภาคสนามพบว่าความล่าช้าของผู้โดยสารที่มารอใช้บริการ (μ_0) ตลอดช่วงเวลาที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 6.40 วินาที ดังนั้นในการตั้งสมมติฐานหลักจึงแสดงดังสมการที่ 7.8

$$H_0: E(Y) = 6.40 \text{ นาที}$$
$$H_1: E(Y) \neq 6.40 \text{ นาที} \qquad (7.8)$$

โดย E(Y) เท่ากับความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการประมวลผลของแบบจำลอง

การทดสอบสมมติฐานจะดำเนินการภายใต้ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant,α) เท่ากับ 0.05 และมีจำนวนตัวอย่าง (n) เท่ากับ 30 และจากการทดสอบ Two-Sided Test ค่าวิกฤติ t ($t_{0.025,29}$) มีค่าเท่ากับ 2.04 ในขณะที่ t_0 มีค่าเท่ากับ

$$t_0 = \frac{7.86 - 6.40}{0.72/\sqrt{30}} = 11.1$$

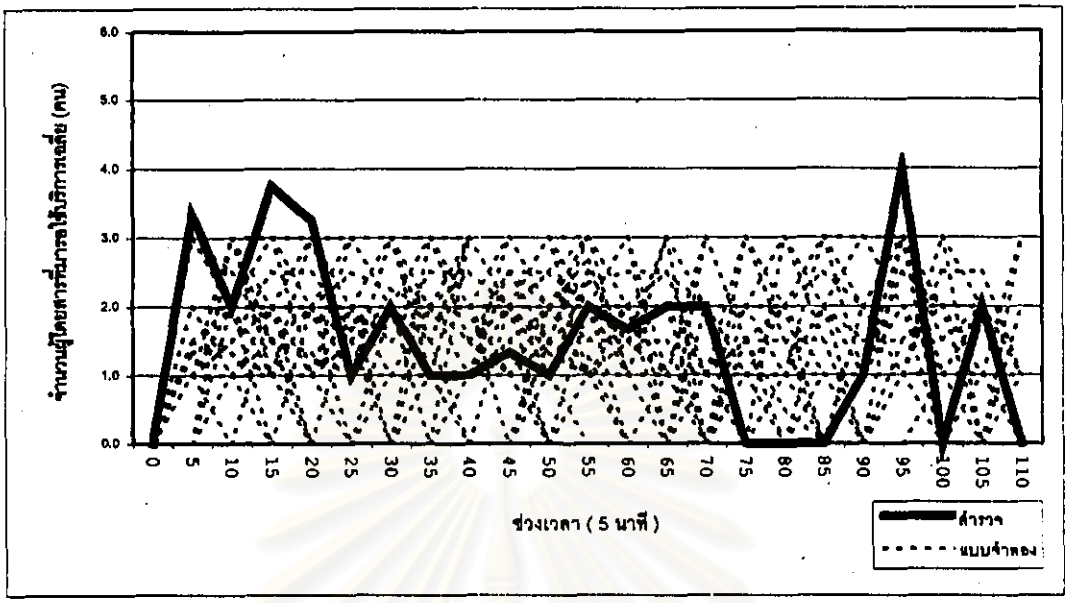
การทดสอบแบบ Two-sided test ข้างต้นปรากฏว่า $|t_0| > t_{\alpha/2,n-1}$ จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หมายความว่าความล่าช้าที่วิเคราะห์ได้โดยแบบจำลองแตกต่างจากค่าที่สำรวจได้ในภาคสนามอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะไกล

ถึงแม้การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformation ปรากฏว่าการทดสอบสมมติฐานจะไม่เป็นที่ยอมรับ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้อยู่ในระดับที่ต่ำ และหากพิจารณาถึงผลการทดสอบความน่าเชื่อถือด้วยวิธีพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติ การทดสอบวิธี Input-Output Transformations และการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมุติฐาน (นำเสนอแล้วในบทที่ 5) แบบจำลองที่ได้มีศักยภาพที่จะใช้ในการคาดการณ์หรือประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระ สายการบินที่เดินทางระยะไกลอยู่ในเกณฑ์หรือระดับที่น่าเชื่อถือ

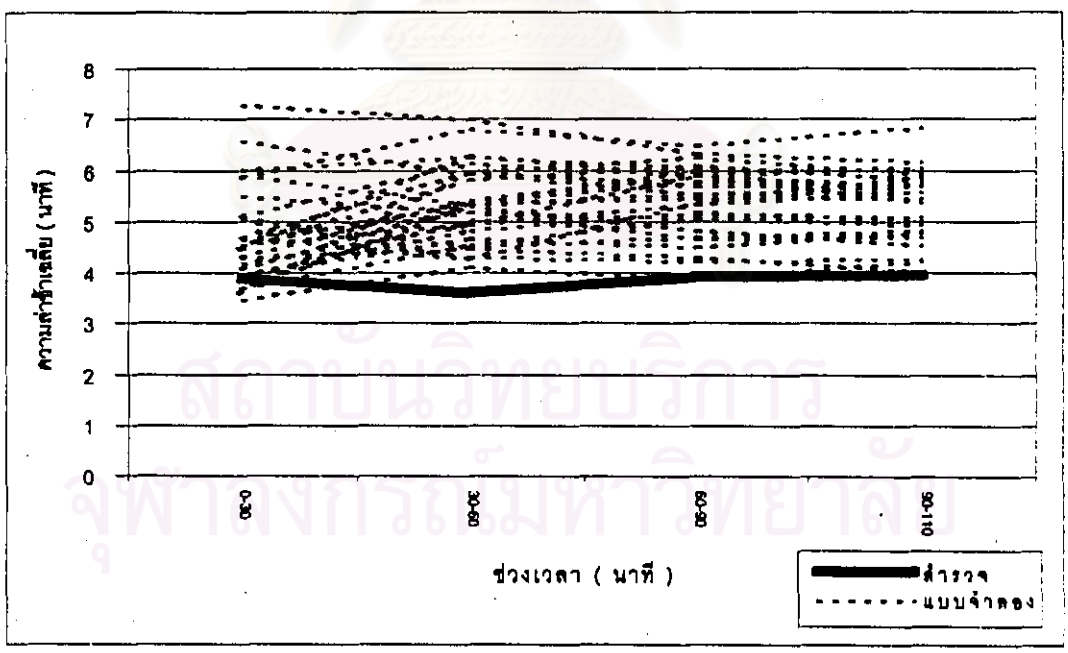
7.4.1.2 เคาน์เตอร์สายการบินที่เดินทางระยะสั้น

แบบจำลองประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสารในส่วนของเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะสั้น ตามที่นำเสนอในหัวข้อ 6.4.1.2 ได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์บริการที่ได้รับจากสายการบิน Singapore Airlines เที่ยวบิน SQ880 เดินทางจากกรุงเทพไปยังสิงค์โปร์ ณ วันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2541 มีกำหนดการเครื่องออก 00.30 น. โดยมีผู้โดยสารที่เดินทางทั้งหมด 60 คน ซึ่งจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 112 นาที และใช้จำนวนรอบในการประมวลผล 30 รอบ โดยผลลัพธ์ส่วนแรกได้จากการประมวลผลสรุปจากโปรแกรม ARENA จะแสดงในภาคผนวก ง.2 และผลลัพธ์ส่วนที่ 2 จะบันทึกค่าหรือผลลัพธ์ต่างๆที่ต้องการในขณะที่แบบจำลองอยู่ระหว่างการประมวลผล โดยทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ในทุก 5 นาที ค่าที่ทำการบันทึกประกอบด้วย จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการในแต่ละช่องให้บริการ ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร

รูปที่ 7.6 แสดงจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการในแต่ละช่วงเวลาในการประมวลผลแต่ละครั้ง จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองแต่ละครั้งมีพฤติกรรมที่แตกต่างกันมาก ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่เกิดจากการเลือกตัวแปรสุ่ม (Random Number) จากรูปแบบการกระจายตัวของผู้โดยสารซึ่งได้มีการศึกษาในหัวข้อที่ 5.1.1.3 โดยผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการเป็นแบบ Poisson Distribution แต่ทั้งนี้จำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการในช่วงเวลาทั้งหมด 112 นาที มีจำนวนแค่ 60 คน ซึ่งมีอัตราการเข้ามาใช้บริการน้อยมาก ดังนั้นการเข้ามาของผู้โดยสารที่เข้ามาแบบสุ่ม (Random) และจำนวนน้อยจึงเป็นผลให้ในการประมวลผลของแบบจำลองแต่ละครั้งมีผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันมาก และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7.7 ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารซึ่งเฉลี่ยจากการประมวลผลของแบบจำลองแต่ละครั้งในทุกช่วงเวลา 30 นาที (ก่อนกำหนดการเครื่องออกประมาณ 180-60 นาที) โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 4.78 5.41 5.45 และ 5.44 ตามลำดับ และความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการสำรวจภาคสนามมีความล่าช้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 3.62 3.92 และ 3.97 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้ความล่าช้าจากแบบจำลองและจากการสำรวจภาคสนามให้ค่าที่แตกต่างกันมากพอสมควร



รูปที่ 7.6 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งโดยแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสาร และสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะสั้น



รูปที่ 7.7 เวลาที่ผู้โดยสารมารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งโดยแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสาร และสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะสั้น

ส่วนการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformation ซึ่งมีสมมติฐานหลักดังสมการที่ 7.7 จะได้ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารที่มารอใช้บริการจากการสำรวจตลอดช่วงเวลาที่พิจารณาเท่ากับ 3.97 นาที ซึ่งที่ค่า $t_{Critical}$ ($t_{0.025,29}$) มีค่าเท่ากับ 2.04 และค่าสถิติในการทดสอบ (t_0) มีค่าเท่ากับ 12.20 (ความล่าช้าเฉลี่ยจากแบบจำลองเท่ากับ 5.44 นาที และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 นาที) การทดสอบสมมติฐานบอกค่า $|t_0|>t_{\alpha/2,n-1}$ แสดงถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หมายความว่าความล่าช้าที่วิเคราะห์ได้โดยแบบจำลองแตกต่างจากค่าที่สำรวจได้ในภาคสนามอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินที่เดินทางระยะสั้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธีพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติและการทดสอบวิธี Input–Output Transformations โดยหากพิจารณาจากผลลัพธ์เบื้องต้น ค่าที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจจากภาคสนามมีความแตกต่างกันมาก รวมทั้งการทดสอบวิธี Input–Output Transformations สมมติฐานไม่เป็นที่ยอมรับ และความล่าช้าที่ประมาณการจากแบบจำลองสูงกว่าข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนามถึง 95 % จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองไม่มีมีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระสายการบินที่เดินทางระยะสั้นได้

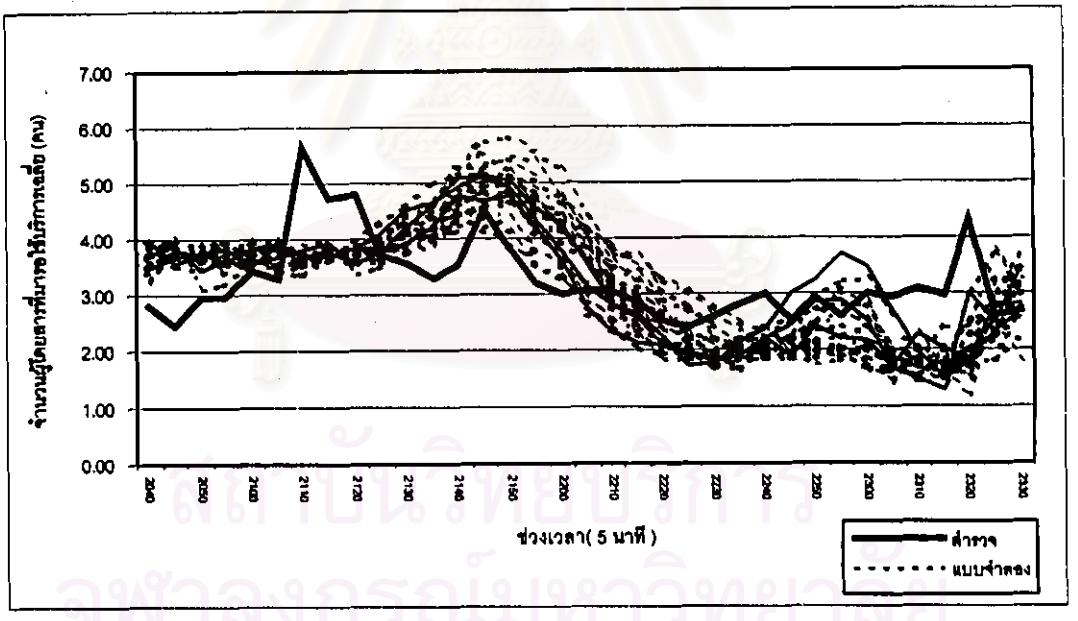
ทั้งนี้ความไม่น่าเชื่อถือของแบบจำลองที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุจากอัตราการเข้ามาใช้บริการของผู้โดยสารของข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง กับข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองมีความแตกต่างกันมาก ถ้าจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการมีอัตราที่ใกล้เคียงกัน อาจเป็นผลให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองแต่ละครั้งมีแนวโน้มหรือพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกันมากขึ้น และจะทำให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้นกว่าเดิมด้วย

7.4.1.3 เคาน์เตอร์สายการบินไทย

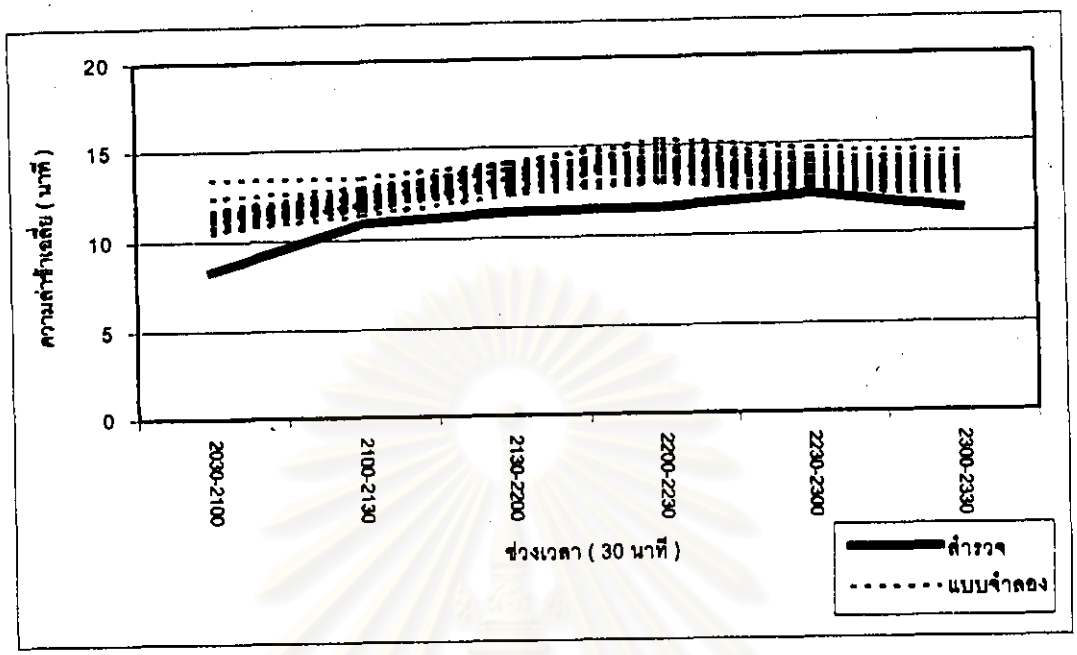
การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสาร ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินไทย ตามที่เสนอในหัวข้อ 6.4.1.3 ใช้ข้อมูลจากการสำรวจเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2541 เวลา 20.30-23.30 โดยจำลองเวลาในการเปิดให้บริการรวม 180 นาที และจำนวนรอบในการประมวลผล 30 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองจากโปรแกรม ARENA โดยรวม แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ผลลัพธ์ที่เป็นการประมวลผลสรุปการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ARENA (ARENA Simulation Results) (แสดงในภาค

ผนวก ง.3) และผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้าง Block Diagram ในแบบจำลอง โดยทำการบันทึกค่าหรือผลลัพธ์ต่างๆที่ต้องการในขณะที่แบบจำลองอยู่ระหว่างการประมวลผล ซึ่งทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ในทุก 5 นาที

รูปที่ 7.8 แสดงถึงจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการ ซึ่งได้จากการประมวลผลแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม จะสังเกตุว่าจำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการแต่ละช่วงเวลาจากแบบจำลอง และจากการสำรวจมีความแตกต่างกันไม่มากเท่าไหร่ ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีศักยภาพที่จะใช้ในการทำนายหรือคาดการณ์สภาพจริงที่เกิดขึ้นได้ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7.9 ซึ่งแสดงถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นของผู้โดยสารระหว่างแบบจำลองและข้อมูลจากการสำรวจในแต่ละช่วงเวลา ปรากฏว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกันน้อยมาก โดยค่าเฉลี่ยความล่าช้าของผู้โดยสารจากแบบจำลอง และจากการสำรวจแสดงดังตารางที่ 7.4



รูปที่ 7.8 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งของแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินไทย



รูปที่ 7.9 เวลาที่ผู้โดยสารมารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งโดยแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสาร และสัมภาระของสายการบินไทย

ตารางที่ 7.4 ตารางเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ยของการประมวลผลแต่ละครั้งจากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจ ณ บริเวณเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระการบินไทย

เวลา	ความล่าช้าของผู้โดยสาร(นาที)	
	แบบจำลอง	สำรวจ
20.30-21.00 น.	11.45	8.33
21.00-21.30 น.	12.25	10.87
21.30-22.00 น.	13.49	11.38
22.00-22.30 น.	14.01	11.50
22.30-23.00 น.	13.39	12.17
23.00-23.30 น.	13.19	11.33

การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยวิธี Input-Output Transformation โดยตั้งสมมติฐานหลักดังสมการที่ 7.7 โดยที่ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการสำรวจตลอดช่วงเวลา 180 นาที มีค่าเท่ากับ 11.33 นาที ค่า ค่า $t_{Critical}$ ($t_{0.025,29}$) มีค่าเท่ากับ 2.04 โดยมีสถิติการทดสอบ (t_0) มีค่าเท่ากับ 18.52 (ความล่าช้าเฉลี่ยจากแบบจำลองเท่ากับ 13.19 นาที และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 นาที) จากผลการทดสอบ $|t_0|>t_{\alpha/2,n-1}$ แสดงถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หมายความว่าความล่าช้าที่วิเคราะห์ได้โดยแบบจำลองแตกต่างจากค่าที่สำรวจได้ในภาคสนามอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระของสายการบินไทย แต่ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้อยู่ในระดับที่ต่ำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนความความล่าช้าเฉลี่ยที่ประมาณการจากแบบจำลอง สูงกว่าข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนามเพียง 16 % เท่านั้น

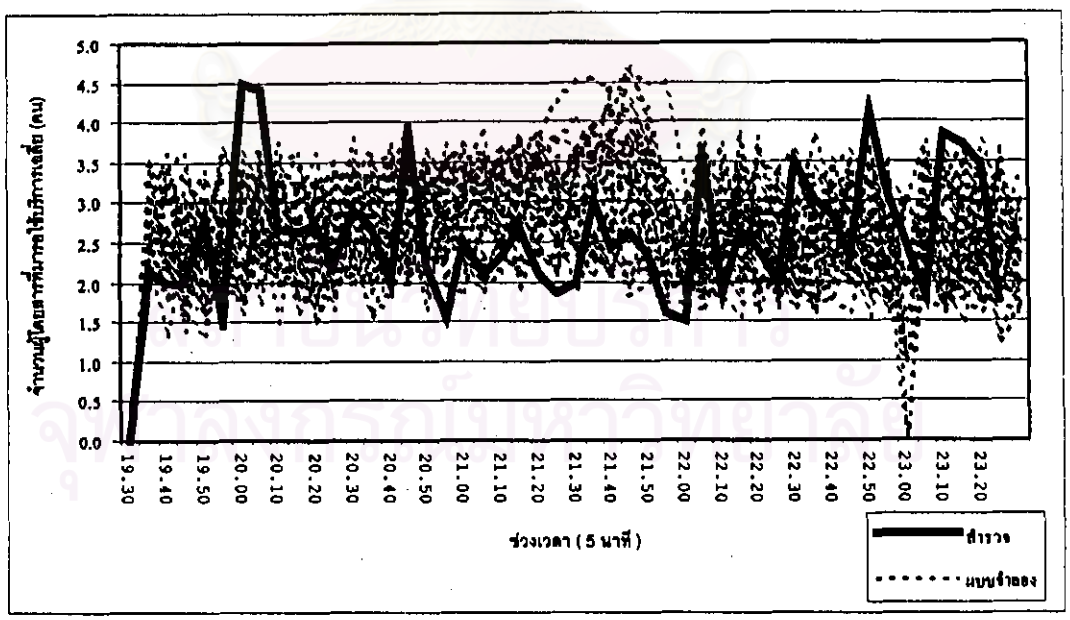
7.4.2 ด่านตรวจหนังสือเดินทาง

การพิจารณาทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองในการประเมินประสิทธิภาพของด่านตรวจหนังสือเดินทาง ใช้ข้อมูลจากการสำรวจบริเวณด่านตรวจหนังสือเดินทาง อาคารผู้โดยสารระหว่างประเทศที่ 2 เมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2541 ระหว่างเวลา 19.30-23.30 น. ตามที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 6.4.2 โดยจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการประมวลผลรวม 240 นาที และจำนวนรอบในการประมวลผลมีค่าเท่ากับ 30 รอบ

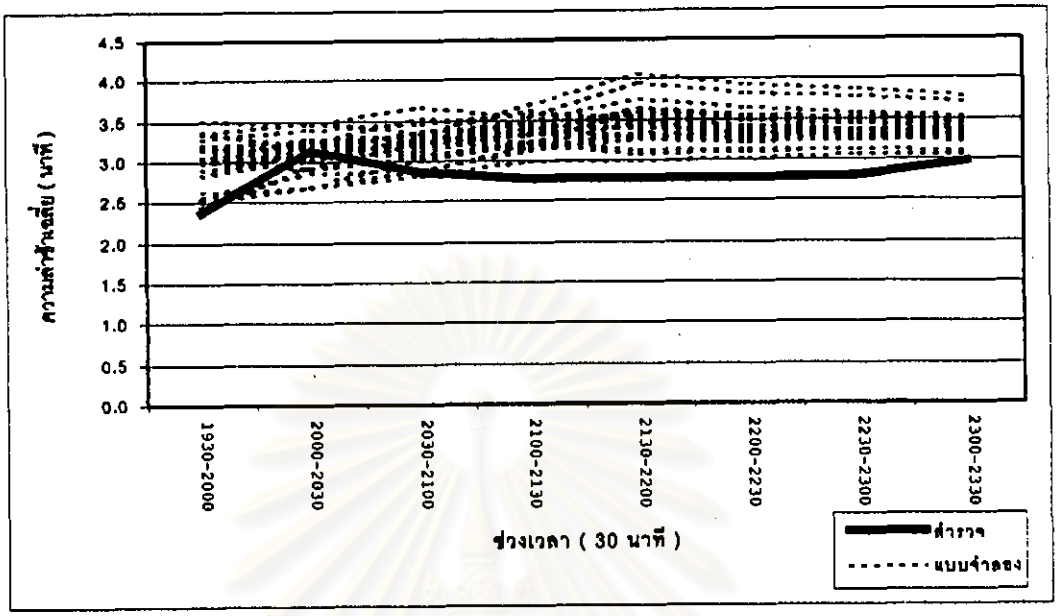
ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองจากโปรแกรม ARENA โดยรวม ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ผลลัพธ์ที่เป็นการประมวลผลสรุปการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ARENA (ARENA Simulation Results) ประกอบด้วยข้อมูลความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการเฉลี่ย อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละช่องให้บริการ และจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการทั้งหมดในช่วงเวลาที่พิจารณา (แสดงในภาคผนวก ง.4) และผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้าง Block Diagram ในแบบจำลอง โดยทำการบันทึกค่าหรือผลลัพธ์ต่างๆที่ต้องการในขณะที่แบบจำลองอยู่ระหว่างการประมวลผล ซึ่งแบบจำลองในส่วนดังกล่าวนี้จะทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ในทุก 5 นาที โดยค่าที่ทำการบันทึกประกอบด้วย จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการในแต่ละช่องให้บริการ ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร

รูปที่ 7.10 แสดงจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากประมวลผลแต่ละครั้งของแบบจำลองเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจจากภาคสนาม จากการวิเคราะห์ปรากฏว่าผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการของทั้งสอง มีค่าที่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันคือจำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการในแต่ละช่วงเวลาจะอยู่ระหว่าง 2-4 คน แสดงว่าการจำลองพฤติกรรมระบบที่เกิดขึ้นจริงของแบบจำลองในบริเวณดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7.11 แสดงถึงความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารที่ได้จากการประมวลผลในแต่ละครั้งจากแบบจำลองเทียบกับจากการสำรวจในทุกช่วงเวลา 30 นาที (เริ่มนับตั้งแต่เวลา 19.30-23.30 น.) ซึ่งมีช่วงเวลาในการพิจารณาทั้งหมด 8 ช่วง โดยค่าความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลาจากแบบจำลองเฉลี่ยจากการประมวลผลในแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจ แสดงในตารางที่ 7.5

จากตารางที่ 7.5 และรูปที่ 7.11 แสดงให้เห็นว่าความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากแบบจำลองมีความแตกต่างกับความล่าช้าของผู้โดยสารจากการสำรวจไม่มากนัก และเมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับจำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการจากแบบจำลอง และจากการสำรวจดังแสดงในรูปที่ 7.10 ทำให้มีความเชื่อมั่นว่าแบบจำลองที่ทำการสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการในบริเวณด่านตรวจหนังสือเดินทางมีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่นำมาใช้ในการพิจารณา



รูปที่ 7.10 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งของแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณด่านตรวจหนังสือเดินทาง



รูปที่ 7.11 เวลาที่ผู้โดยสารมารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งโดยแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณด่านตรวจหนังสือเดินทาง

ตารางที่ 7.5 ตารางเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ยของการประมวลผลแต่ละครั้งจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ณ บริเวณด่านตรวจหนังสือเดินทาง

เวลา	ความล่าช้าของผู้โดยสาร(นาที)	
	แบบจำลอง	สำรวจ
19.30-20.00	3.02	2.37
20.00-20.30	3.11	3.13
20.30-21.00	3.23	2.87
21.00-21.30	3.35	2.77
21.30-22.00	3.47	2.78
22.00-22.30	3.42	2.78
22.30-23.00	3.40	2.80
23.00-23.30	3.37	2.97

การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformation โดยตั้งสมมติฐานดังสมการ 7.7 สมมติฐานหลักในการทดสอบคือ ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารตลอดช่วงเวลาที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 2.97 นาที (ค่าความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการสำรวจ) โดยที่ค่า $t_{Critical}$ ($t_{0.025,29}$) มีค่าเท่ากับ 2.04 และค่าสถิติในการทดสอบ (t_0) มีค่าเท่ากับ 13.69 (ความล่าช้าเฉลี่ยจากแบบจำลองเท่ากับ 3.37 นาที และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16 นาที) การทดสอบสมมติฐานปรากฏว่าค่า $|t_0|>t_{\alpha/2,n-1}$ แสดงถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หมายความว่าความล่าช้าที่วิเคราะห์ได้โดยแบบจำลองแตกต่างจากค่าที่สำรวจได้ในภาคสนามอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของด่านตรวจหนังสือเดินทาง แต่ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้อยู่ในระดับที่ต่ำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนความความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารที่ประมาณการจากแบบจำลอง สูงกว่าข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนามเพียง 14 %

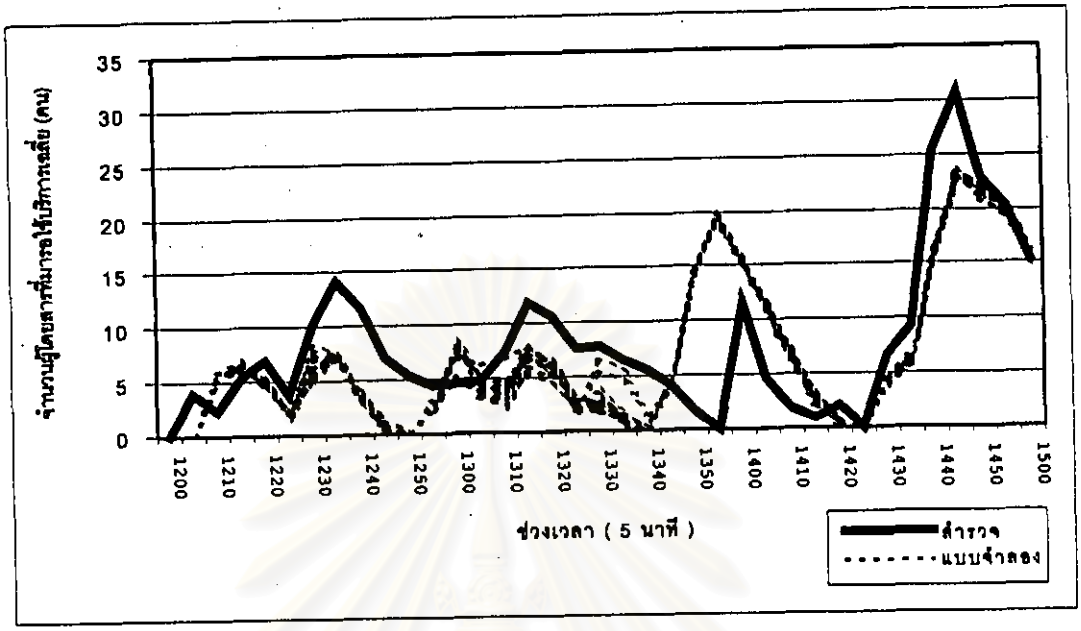
ดังนั้นหากพิจารณาการทดสอบความน่าเชื่อถือตามขั้นตอนดังนี้คือ การพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติ การทดสอบวิธี Input–Output Transformations และการทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมุติฐาน (ดังกล่าวแล้วในบทที่ 5) แบบจำลองที่ได้มีศักยภาพที่จะใช้ในการคาดการณ์หรือประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการบริเวณด่านตรวจหนังสือเดินทาง ถึงแม้การทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformation จะปรากฏว่าการทดสอบสมมติฐานจะไม่เป็นที่ยอมรับเช่นเดียวกับการทดสอบสมมติฐานในส่วนให้บริการอื่นๆ ข้างต้น

7.4.3 ด่านตรวจคนเข้าเมือง

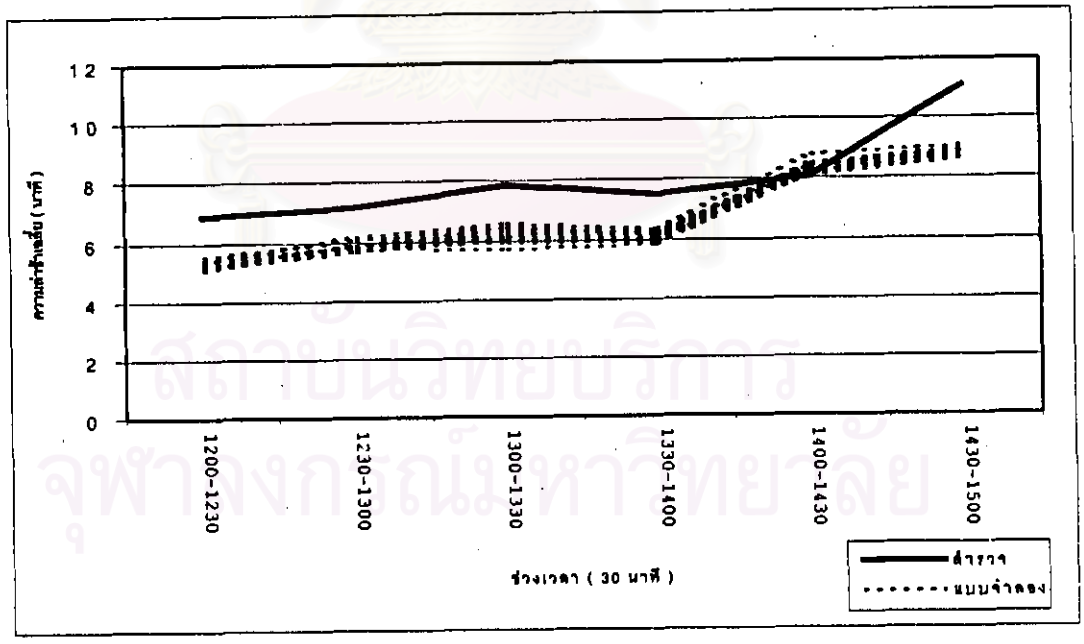
แบบจำลองที่ทำการสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสาร ณ บริเวณด่านตรวจคนเข้าเมือง อาคารผู้โดยสารระหว่างประเทศที่ 1 ได้สำรวจข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2541 ระหว่างเวลา 12.00-15.00 น. ตามที่เสนอในหัวข้อในหัวข้อ 6.4.3 โดยจำลองเวลาในการให้บริการรวม 180 นาที และจำนวนรอบในการประมวลผลมีค่าเท่ากับ 30 รอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองจากโปรแกรม ARENA โดยรวม ประกอบด้วยผลลัพธ์ที่เป็นการประมวลผลสรุปการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ARENA (ARENA Simulation Results) แสดงในภาคผนวก ง.5 และผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้าง Block Diagram ในแบบจำลอง โดยทำการบันทึกค่าหรือผลลัพธ์ต่างๆ ที่ต้องการในขณะที่แบบจำลองอยู่ระหว่างการประมวลผล ซึ่งแบบจำลองนี้จะทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ในทุก 5 นาที โดยค่าที่ทำการบันทึกประกอบด้วย จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการในแต่ละช่องให้บริการ ความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร

รูปที่ 7.12 ซึ่งแสดงถึงจำนวนเฉลี่ยของผู้โดยสารที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลในแต่ละครั้งของแบบจำลองเปรียบเทียบกับจำนวนผู้โดยสารจากการสำรวจจะสังเกตุว่าจำนวนเฉลี่ยผู้โดยสารที่ได้จากแบบจำลองจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงไปตามจำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ ณ ช่วงเวลาต่างๆ มีความใกล้เคียงกับจำนวนเฉลี่ยของผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการจริง แต่มีบางช่วงเวลาที่มีความแตกต่างกันมากคือ ช่วงเวลา 14.00 น. หรือระยะเวลาการประมวลผลที่ 120 นาที จำนวนเฉลี่ยผู้โดยสารที่ได้จากแบบจำลองมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้โดยสารที่เก็บจากสำรวจ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวปริมาณผู้โดยสารที่คาดการณ์จากตารางการบินจะมีจำนวนที่สูงมากเมื่อเทียบจากปริมาณผู้โดยสารที่เข้าใช้บริการจากการสำรวจดังแสดงในรูปที่ 6.19 จากเหตุผลดังกล่าวในการประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสารในส่วนของด่านตรวจคนเข้าเมืองจะมีความคาดเคลื่อนจากการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสาร สืบเนื่องจากในการพิจารณาผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการจากการคาดการณ์จะพิจารณาปริมาณผู้โดยสารลง (PAX) จะประกอบไปด้วยผู้โดยสารขาเข้าและผู้โดยสารเปลี่ยนเครื่อง (Transfer) โดยในการพิจารณาปริมาณผู้โดยสารไม่สามารถแยกจำนวนผู้โดยสารให้เหลือเฉพาะจำนวนผู้โดยสารลงได้เท่านั้น เนื่องจากข้อมูลของรายละเอียดที่ทำการบันทึกจากเที่ยวบินนั้นๆ และส่งต่อไปยังหน่วยงานพิธีการบิน การท่าอากาศยานฯ เพื่อทำการบันทึกลงในรายงานประจำวันไม่ได้มีการแยกประเภทประเภทของผู้โดยสาร โดยที่พนักงานต้อนรับในเที่ยวบินนั้นๆ ก็จะทราบเพียงแต่จำนวนผู้โดยสารทั้งหมดเช่นกัน เว้นแต่เคาน์เตอร์ขายบัตรโดยสารของสายการบินจึงมีรายละเอียดดังกล่าว แต่ข้อมูลนี้ก็ไม่ได้จัดส่งไปยังหน่วยงานของการท่าอากาศยานฯ (โดยสามารถพิจารณารายละเอียดดังกล่าวเพิ่มเติมในหัวข้อ 6.2.1)

จากเหตุผลดังกล่าวในการพิจารณาความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากการประมวลผลแบบจำลองในแต่ละครั้งก็จะมีค่าสูงกว่าค่าความล่าช้าของผู้โดยสารจากการสำรวจดังแสดงในรูปที่ 7.13 น ถึงอย่างไรก็ตาม ความล่าช้าเฉลี่ยจากแบบจำลองจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ที่จะใช้ในการคาดการณ์ระบบที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นจากการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจากวิธีดังกล่าว แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือและศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสาร ถึงแม้จะมีความคาดเคลื่อนในการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารแต่ความคาดเคลื่อนดังกล่าวก็มีผิดพลาดน้อยมากดังแสดงในรูปที่ 6.19 โดยความล่าช้าเฉลี่ยจากการประมวลผลโดยแบบจำลองและจากการสำรวจในแต่ละช่วงเวลาทุก 30 นาที แสดงในตารางที่ 7.6



รูปที่ 7.12 จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยที่มารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งของแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณด่านคนเข้าเมือง



รูปที่ 7.13 เวลาที่ผู้โดยสารมารอใช้บริการจากการประมวลผลแต่ละครั้งโดยแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม ณ บริเวณด่านตรวจคนเข้าเมือง

ตารางที่ 7.6 ตารางเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ยของการประมวลผลแต่ละครั้งจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ณ บริเวณด่านตรวจคนเข้าเมือง

เวลา	ความล่าช้าของผู้โดยสาร(นาที)	
	แบบจำลอง	สำรวจ
12.00-12.30	5.32	6.90
12.30-13.00	5.93	7.15
13.00-13.30	6.24	7.83
13.30-14.00	6.11	7.53
14.00-14.30	8.45	8.10
14.30-15.00	8.88	11.07

ส่วนการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformation โดยตั้งสมมติฐานหลัก (H_0) คือความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารจากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 11.07 นาที (ความล่าช้าของผู้โดยสารจากการสำรวจ) โดยที่ค่า $t_{Critical}$ ($t_{0.025,29}$) มีค่าเท่ากับ 2.04 และค่าสถิติในการทดสอบ (t_0) มีค่าเท่ากับ -109 (ความล่าช้าเฉลี่ยจากแบบจำลองเท่ากับ 8.88 นาที และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.11 นาที) การทดสอบสมมติฐานบอกค่า $|t_0|>t_{\alpha/2,n-1}$ แสดงถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หมายความว่าความล่าช้าที่วิเคราะห์ได้โดยแบบจำลองแตกต่างจากค่าที่สำรวจได้ในภาคสนามอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของด่านตรวจคนเข้าเมือง อย่างไรก็ดี แบบจำลองที่ได้มีความสามารถเพียงพอที่จะใช้ในการคาดการณ์หรือประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการของด่านตรวจคนเข้าเมือง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนความความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสารที่ประมาณการโดยแบบจำลอง สูงกว่าข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนามเพียง 20 % และผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองจะถูกต้องขึ้นหากสามารถแยกข้อมูลผู้โดยสารเปลี่ยนเครื่องออกจากผู้โดยสารลงเครื่อง

7.5 บทสรุป

แบบจำลองการประเมินประสิทธิภาพการให้บริการของอาคารผู้โดยสาร ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ ที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองประเภท Simulation ซึ่งพัฒนาจากโปรแกรมเชิงพาณิชย์ "ARENA" และได้แยกการพิจารณาส่วนให้บริการเป็นอิสระต่อกัน ส่วนให้บริการที่ได้รับการ

ประเมินประสิทธิภาพประกอบด้วย เคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารและสัมภาระ ด่านตรวจหนังสือเดินทาง และด่านตรวจคนเข้าเมือง

ข้อมูลสำคัญที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย พฤติกรรมของผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการ และลักษณะของการให้บริการ จากนั้นสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้สามารถจำลองสภาพจริง ทั้งนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมี 2 ลักษณะคือ จำนวนผู้โดยสารที่มารอใช้บริการ และความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร

แบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาจำเป็นต้องได้รับการประเมินและตรวจสอบความถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผล และหลังจากที่ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว จะทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเพื่อประเมินว่าแบบจำลองสามารถจำลองสภาพจริงที่เกิดขึ้นในระบบได้หรือไม่ โดยในการวิจัยนี้การทดสอบความน่าเชื่อถือจะพิจารณาตามขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอนดังนี้คือ การพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นจากวิจารณญานของผู้ทำการวิเคราะห์โดยไม่มีการทดสอบทางสถิติ การทดสอบความน่าเชื่อถือของสมมติฐาน (Validation of Model Assumptions) และการทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Input-Output Transformations

ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง แสดงว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้งานได้ ยกเว้นในส่วนของเคาน์เตอร์ตรวจบัตรโดยสารสายการบินที่เดินทางระยะสั้น โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง เทียบกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 14 ถึง 20 % ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในระดับต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย