การศึกษาผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ

ปฏิภาณ แซ่หลิ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ)
คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
2553

การศึกษาผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ

ปฏิภาณ แซ่หลิ่ม

คณะสถิติประยุกต์

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.กาญจ์นภา อมรัชกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....ประธานกรรมการ

(ดร.จักรินทร์ ศุขหมอก)

.....กรรมการ

(ดร.ศิวิกา ตุษฎีโหนด)

.....กรรมการ

(ดร.ระวี สุวรรณเดโชไชย)

.....คณบดี

(ดร.เลอสรรค์ โบสุวรรณ)

16 มิถุนายน 2553

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ
ชื่อผู้เขียน	นายปฏิภาณ แซ่หลิ่ม
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ)
ปีการศึกษา	2553

ผู้วิจัยศึกษาตัวแบบการจองเกินแบบสถิต จากมุมมองทางสถิติหากผู้จองมีอิสระต่อกันในการมาแสดงตนและความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนเท่ากัน จำนวนผู้จองที่มาแสดงตนควรเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงทวินาม อย่างไรก็ตามงานวิจัยบางส่วนรวมทั้งการปฏิบัติงานจริงของสายการบินมักสมมุติให้จำนวนผู้จองที่มาแสดงตนเป็นผลคูณระหว่างระดับการจองเกินกับอัตราการมาแสดงตน นั่นคือสายการบินใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาผลกระทบดังกล่าว จากผลการทดลองสรุปได้ว่าตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนของผู้จองลดลง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติแยกตามการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตนเป็นสามการแจกแจง สรุปได้ว่า ตัวแบบการจองเกินที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเบต้ามาตรฐานมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับตัวแบบเชิงเส้นที่มีการแจกแจงอื่น ประสิทธิภาพของตัวแบบขึ้นกับค่าใช้จ่ายจากการจองเกิน กล่าวคือหากค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีความจุเหลือเท่ากับค่าใช้จ่ายเมื่อมีผู้จองมาเกินความจุ ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนดจะมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงปกติ แต่ประสิทธิภาพของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงปกติจะมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด หากค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีความจุเหลือไม่เท่ากับค่าใช้จ่ายเมื่อมีผู้จองมาเกินความจุ

ABSTRACT

Title of Thesis	The Business Effect of Misspecification in Overbooking Models
Author	Mr. Patipan Sae-Lim
Degree	Master of Science (Applied Statistics and Information Technology)
Year	2010

We study static overbooking models. From probability viewpoint, the random show demand follows the binomial distribution, provided that certain conditions hold. However, some overbooking modules actually implemented in practice assume that the show demand is the product of the overbooking level and the random show-up rate. The decision model the airlines employ is misspecified. In this article, we explore the consequences of the modeling error. Through numerical experiments, we find that the performance of the model with misspecification decreases as the show-up probability decreases. Among our three choices of show-up rate distributions, the beta model performs best. When spoilage cost is equal to oversale cost, the performances of both deterministic and normal models are approximately the same. The normal show-up model performs better than the deterministic model, when spoilage cost is unequal to oversale cost.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ท่านอ.ดร.กาญจ์นภา อมรัชกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านมีส่วนสำคัญเป็นอันดับแรกที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ท่านอาจารย์ได้กรุณาสละเวลาในการให้คำปรึกษา เริ่มจากแนวคิดของการสร้างงานวิจัย ให้ความรู้ด้านทฤษฎีและเนื้อหาในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนควบคุมดูแล แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จ ผู้เขียนขอขอบพระคุณและสำนึกในบุญคุณยิ่ง

ขอขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งได้แก่ ผศ.ดร.จักรินทร์ ศุขหมอก อ.ดร.ศิวิกา ดุษฎีโหนด และ อ.ดร.ระวี สุวรรณเดโชชัย ที่ช่วยให้คำแนะนำ รวมทั้งแนวคิดที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณท่าน อ. ดร.ศิวิกา ดุษฎีโหนด ที่ได้บอกแหล่งงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติให้แก่ผู้เขียน ทำให้ผู้เขียนสามารถหาแหล่งเผยแพร่งานวิจัยให้เป็นไปตามกฎเกณฑ์การจัดทำวิทยานิพนธ์ของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านของคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหาร-ศาสตร์ ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้และให้คำปรึกษาในทุกด้าน รวมถึงเจ้าหน้าที่ของคณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ โดยเฉพาะพี่นิลาวัลย์ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เป็นอย่างดี พี่ดุษฎีที่ดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องทุนการศึกษาให้แก่ผู้เขียนมาโดยตลอดและพี่สายพิณที่ตรวจรูปแบบการพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณคณาจารย์จากภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้องค์ความรู้พื้นฐานที่ดีทางด้านสถิติแก่ผู้เขียน ขอบคุณพี่วรรณพรในคำแนะนำสำหรับวิทยานิพนธ์ และขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนของผู้เขียนที่ส่งกำลังใจมาให้อย่างสม่ำเสมอ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และพี่น้องของผู้เขียน ที่ส่งแรงใจ สนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนมาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี

ปฏิภาณ แซ่หลิ่ม

มิถุนายน 2553

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (3)

ABSTRACT (4)

กิตติกรรมประกาศ (5)

สารบัญ (6)

สารบัญตาราง (8)

สารบัญภาพ (9)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.4 นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง 4

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

บทที่ 2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 10

3.1 ตัวแบบการจองเกิน 10

3.2 การวิเคราะห์ตัวแบบเทียบสมรรถนะ 14

3.3 การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงเส้น 16

3.4 แผนการทดลองเชิงตัวเลข 25

บทที่ 4 ผลการวิจัย 27

4.1 สรุปค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น 27

4.2 สรุปผลระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ 28

4.3 แสดงผลการทำงานของกระบวนการทำซ้ำ 29

4.4 ผลการทดลองเชิงตัวเลข 35

บทที่ 5 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย 42

5.1 สรุปผล 43

5.2 อภิปรายผล 44

5.3 ข้อเสนอแนะ 44

บรรณานุกรม 45

ภาคผนวก 47

ประวัติผู้เขียน 50

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สรุปกลุ่มงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

3.1 สรุปค่าพารามิเตอร์ในแต่ละแผนการทดลอง 26

4.1 สรุปค่าของพารามิเตอร์เริ่มต้น 27

4.2 ผลของระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ 28

4.3 แสดงระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น ในสัปดาห์ที่ 1 30

4.4 แสดงจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนและอัตราการมาแสดงตนในสัปดาห์ที่ 1 31

4.5 แสดงระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น ในสัปดาห์ที่ 2 33

4.6 แสดงจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนและอัตราการมาแสดงตนในสัปดาห์ที่ 2 34

4.7 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพ 39

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 ระบบการจัดการรายได้ 21

3.2 กระบวนการทำซ้ำ 24

4.1 แสดงพฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของระดับการจองเกินในตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด 36

4.2 แสดงพฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายในตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด 37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันช่องทางการคมนาคมทางอากาศขยายตัวอย่างรวดเร็ว จากสถิติพบว่าอัตราการเติบโตของสายการบินในไทยในปี 2552 เมื่อเทียบกับ 2 ปีที่ผ่านมาขยายตัวประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขดังกล่าวแสดงถึงการเติบโตของธุรกิจสายการบิน บริษัททำอากาศยานไทย (ทอท.) กล่าวว่าอัตราการเติบโตนี้เกิดจากสายการบินเร่งใช้กลยุทธ์ทางธุรกิจเพื่อสร้างข้อได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจ

กลยุทธ์หนึ่งที่สายการบินทั้งของประเทศไทยและของต่างชาตินำมาใช้คือ การสร้างตัวแบบการจองเกิน (Overbooking Model) ซึ่งเป็นหนึ่งในส่วนงานของระบบการจัดการรายได้ (Revenue Management System) การจองเกินคือมาตรการที่สายการบินเปิดให้จองที่นั่งก่อนเครื่องออกมากกว่าจำนวนที่นั่งจริงในเครื่องบิน (Capacity) นโยบายการจองเกินออกแบบมาเพื่อชดเชยกับรายได้ที่สายการบินอาจสูญเสียเนื่องจากความไม่แน่นอนของพฤติกรรมของผู้จองที่นั่ง (Kasilingam, 1996: 221) กล่าวคือผู้จองที่นั่งอาจยกเลิกตั๋วก่อนวันที่เที่ยวบินออกเดินทาง (Cancellations) บางทีอาจไม่มาแสดงตัวในวันที่เครื่องบินออก (No-Shows) หรือจำนวนที่มาแสดงตัวอาจน้อยกว่าจำนวนที่นั่งที่จองไว้ (Variable Tendering) หากเหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นจะทำให้มีบางที่นั่งบนเครื่องบินไม่มีผู้โดยสาร ส่งผลให้สายการบินสูญเสียรายได้บางส่วนไป ในอดีตพฤติกรรมเหล่านี้ลูกค้าต้องเสียค่าปรับให้แก่สายการบิน แต่ปัจจุบันสายการบินไม่คิดค่าปรับดังกล่าว เนื่องจากเกรงว่าจะสูญเสียลูกค้าในระยะยาว (Rothstein, 1985: 239)

งานวิจัยหลายชิ้นสรุปว่าการใช้ตัวแบบการจองเกินส่งผลให้สายการบินมีรายได้สุทธิมากขึ้น ตลอดจนผู้ที่อยู่ในวงการธุรกิจสายการบินเปิดเผยว่าการนำกลยุทธ์การจองเกินมาใช้ทำให้ธุรกิจ

สายการบินมีรายได้เพิ่มขึ้นถึงหนึ่งพันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ (Bailey, 2007) สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นของการจองเกินที่สายการบินควรคำนึง

การตัดสินใจขั้นแรกเมื่อใช้ตัวแบบการจองเกินคือ ควรตั้งระดับการจองเกิน (Overbooking Limit) เป็นจำนวนเท่าไหร่เพื่อให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินมีค่าต่ำที่สุด กล่าวคือหากในวันที่เครื่องบินออกเดินทาง ผู้จองที่นั่งไว้มาแสดงตัวน้อยกว่าความจุบนเครื่องบิน สายการบินต้องมีค่าเสียโอกาสจากการมีที่นั่งบนเครื่องบินเหลือ ในทางกลับกันหากวันนั้นผู้จองที่นั่งไว้มาแสดงตัวมากกว่าความจุบนเครื่องบิน นั่นหมายความว่ามีผู้ที่จองไว้บางส่วนไม่ได้ขึ้นเครื่องบินตามที่ได้จองไว้ สายการบินต้องจ่ายค่าปรับหรือมีของรางวัลบางอย่างมอบให้กับผู้จองที่นั่งเหล่านั้นเพื่อชดเชยเวลาที่สูญเสียไปกับการรอเที่ยวบินถัดไป ดังนั้นการหาระดับการจองเกินที่ถูกต้องภายใต้ผลรวมของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดจึงเป็นวัตถุประสงค์หลักของสายการบินหากมีการใช้มาตรการการจองเกิน

รูปแบบการพิจารณาฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนที่ต่างกัน จะนำมาซึ่งระดับการจองเกินที่ต่างกัน งานวิจัยกลุ่มหนึ่งพิจารณาจำนวนผู้จองที่นั่งแล้วมาแสดงตน (Show-Ups) จากผลคูณของอัตราการแสดงตน (Show-Up Rate) ที่สายการบินเก็บจากข้อมูลจริงกับระดับการจองเกิน นั่นคือการมาแสดงตัวของผู้จองที่นั่งขึ้นอยู่กับระดับการจองเกินที่เปลี่ยนไปในแบบเชิงเส้น

แม้ว่ารูปแบบการพิจารณาจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนแบบที่กล่าวข้างต้นจะนิยมใช้กันในทางปฏิบัติ ในทางสถิติจะเห็นว่าจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนมีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution) และมีระดับการจองเกินเป็นพารามิเตอร์เมื่อจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนเข้าเงื่อนไขต่อไปนี้คือ

1) ผู้จองที่นั่งแต่ละคนมีอิสระต่อกันในการมาแสดงตน

2) ผู้จองที่นั่งแต่ละคนมีความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนเท่ากัน

ทั้งนี้งานวิจัยของ Thompson (1961) พบว่าจำนวนผู้จองเหมาะสมตามการแจกแจงทวินามและเมื่อเงื่อนไขตรงตามทั้ง 2 ประการที่ได้กล่าวไป รูปแบบการพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับการจองเกินกับจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนตามความสัมพันธ์เชิงเส้นนั่นผิดสมมุติฐานทางสถิติ (Misspecification)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าตัวแบบการจองเกินที่สายการบินส่วนใหญ่และงานวิจัยบางส่วนใช้กันผิดหลักสมมุติฐานทางสถิติ ผู้วิจัยต้องการทราบว่าผลกระทบต่อค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของสายการบินเมื่อใช้มาตรการจองเกินที่ผิดหลักทางสถิติจะเป็นอย่างไร ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบเพื่อหาระดับการจองเกินขึ้นมา 2 ตัวแบบคือ

1. ตัวแบบการจองเกินเทียบสมรรถนะ (Benchmark Model) เป็นตัวแบบที่ถูกต้องตามหลักสมมุติฐานทางสถิติหากการมาของผู้จองสอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าว ตัวแบบนี้กำหนดให้จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตัวเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงทวินามโดยมีระดับการจองเกินและความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนเป็นพารามิเตอร์

2. ตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้น (Linear Model) เป็นตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติหากรูปแบบการมาของผู้จองสอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าว ตัวแบบนี้กำหนดให้จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตัวเป็นผลคูณระหว่างอัตราการมาแสดงตนกับระดับการจองเกิน งานวิจัยนี้พิจารณาอัตราการมาแสดงตนเป็นตัวแปรสุ่ม แบ่งอัตราการมาแสดงตนเป็น 3 การแจกแจง คือ การแจกแจงเชิงกำหนด (Deterministic Distribution) การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐาน (Standard Beta Distribution) เนื่องจากทั้ง 3 การแจกแจงนี้ใช้กันในงานวิจัยที่ผ่านมา

หลังจากได้ระดับการจองเกินจากทั้ง 2 ตัวแบบแล้ว ผู้วิจัยจะศึกษาผลกระทบจากค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น แน่นอนว่าผู้บริหารของสายการบินต้องการให้สายการบินได้รับกำไรสูงสุดและการใช้มาตรการการจองเกินก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ทางหนึ่งที่ทำให้การใช้ตัวแบบการจองเกินนั้นเกิดประโยชน์สูงสุด คือการทำให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินนั่นต่ำที่สุดเท่าที่เป็นได้โดยเลือกใช้วิธีการหาระดับการจองเกินที่ถูกต้องตามหลักสถิติ เพื่อให้สายการบินที่นำระบบการตัดสินใจด้านบริหารจัดการรายได้มาใช้นั้นเกิดประโยชน์ในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 หาค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายเหมาะที่สุด (Optimal) จากการใช้ตัวแบบเทียบสมรรถนะ ซึ่งเป็นตัวแบบการจองเกินที่ถูกต้องตามหลักสถิติเมื่อสมมุติฐานการมาแสดงตนของผู้จองตรงกับเงื่อนไขของงานวิจัย

1.2.2 หาค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายจากการใช้ตัวแบบเชิงเส้น ซึ่งเป็นตัวแบบการจองเกินที่ผิดหลักสถิติเมื่อสมมุติฐานการมาแสดงตนของผู้จองตรงกับเงื่อนไขของงานวิจัย

1.2.3 เปรียบเทียบค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายจากการใช้ตัวแบบดังกล่าวผ่านการทดลองเชิงตัวเลข (Numerical Experiment)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ด้านทฤษฎีและเนื้อหา

1.3.1.1 การสร้างตัวแบบการจองเกินของงานวิจัยนี้ พิจารณาตามลักษณะของตัวแบบการจองเกินแบบสถิต (Static Overbooking Model) และกำหนดให้ความจุบนเครื่องบินคงที่

1.3.1.2 ศึกษาเปรียบเทียบค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการใช้ตัวแบบการจองเกินทั้งสองตัวแบบ คือตัวแบบเทียบสมรรถนะและตัวแบบเชิงเส้น โดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้ต่างๆ ดังนี้

1) การจัดการรายได้ ในส่วนของการหาฟังก์ชันค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายของตัวแบบการจองเกิน

2) ทฤษฎีความน่าจะเป็น ตลอดจนการทำความเข้าใจเกี่ยวกับตัวแปรสุ่มและการหาค่าคาดหมายของตัวแปรสุ่ม

3) เทคนิคการหาค่าที่เหมาะที่สุด (Optimization) เพื่อหาระดับการจองเกินที่ทำให้ ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบการจองเกินต่ำที่สุด

1.3.2 ด้านข้อมูล

งานวิจัยนี้ขออนุเคราะห์ข้อมูลจากสายการบินแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยพิจารณาการจองเกินของสายการบินเที่ยวบินเที่ยวเดียว (Single Leg)

1.4 นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

1.4.1 การจองเกิน หมายถึง การจัดสรรทรัพยากร (ที่นั่ง) ล่วงหน้าเป็นจำนวนที่มากกว่าจำนวนทรัพยากรที่ธุรกิจนั้นมี

1.4.2 ระดับการจองเกิน หมายถึง ระดับสูงสุดของทรัพยากรที่กำหนดไว้รองรับจำนวนการจองทั้งหมด

1.4.3 จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตน คือ จำนวนผู้จองที่มายืนยันสิทธ์ที่จะใช้ทรัพยากรดังกล่าว ในวันที่มีการใช้ทรัพยากรเหล่านั้น

1.4.4 อัตราการมาแสดงตน คือ สัดส่วนระหว่างจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตน ต่อระดับการจองเกิน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ทำให้ผู้บริหารตระหนักถึงความจำเป็นในการเลือกใช้ตัวแบบให้ถูกต้องตามหลักทางสถิติและสามารถประเมินกำไรที่สูญเสียไปจากค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นของการเลือกใช้ตัวแบบที่ผิดหลักทางสถิติ

1.5.2 ทำให้องค์กรที่ได้ใช้กลยุทธ์การจองเกิน สามารถหาระดับการจองเกินที่ถูกต้องตามหลักสถิติ

1.5.3 ทำให้ธุรกิจบริการ (Service Sector) ในประเทศไทยที่สามารถนำกลยุทธ์การจองเกินมาปรับใช้ตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของการใช้ตัวแบบการจองเกิน เช่น ธุรกิจโรงแรม ธุรกิจทัวร์ ธุรกิจเช่ารถ เป็นต้น เหล่านี้อาจส่งผลให้ตลาดธุรกิจบริการดังกล่าวขยายตัว

บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการรายได้เป็นกลยุทธ์ที่ใช้เพิ่มกำไรให้กับธุรกิจบริการ ภาพรวมของการจัดการรายได้พบได้ในงานวิจัยของ McGill and van Ryzin (1999) และ Chiang, et al. (2007) งานวิจัยกลุ่มนี้สรุปว่าในปี 1966 ธุรกิจสายการบินของประเทศสหรัฐอเมริกาเริ่มนำการจัดการรายได้มาใช้เพราะช่วงเวลานั้นสายการบินปรับปรุงระบบการจองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Reservation System, SABRE) ช่วงเวลาดังกล่าวการจัดการรายได้ยังไม่เป็นที่รู้จักมาก กระทั่งในปี 1978 การแข่งขันของธุรกิจสายการบินในสหรัฐอเมริกาทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นเนื่องจากสายการบินสามารถแบ่งกลุ่มลูกค้า (Market Segmentation) ได้ ตลอดจนระบบสารสนเทศด้านการจองพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมาส่งผลให้ธุรกิจบริการนำกลยุทธ์ด้านการจัดการรายได้มาใช้เพื่อสร้างกำไรกันมากขึ้น กลยุทธ์ของการจัดการรายได้ ประกอบไปด้วย การกำหนดราคา (Pricing) การจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) การพยากรณ์ (Forecasting) การจองเกิน เป็นต้น

งานวิจัยนี้ศึกษากลยุทธ์ของการจัดการรายได้ในส่วนของการจองเกิน ธุรกิจสายการบินเป็นธุรกิจบริการแรกที่ได้เริ่มนำตัวแบบการจองเกินมาใช้เพื่อลดความเสี่ยงเพราะในอดีตการยกเลิกตั๋วของผู้จองที่นั่งต้องเสียค่าปรับ (Penalty) แต่เนื่องจากบริษัทสายการบินเกรงว่าจะสูญเสียลูกค้าในระยะยาว ต่อมาจึงไม่ต้องเสียค่าปรับอีกต่อไป (Rothstein, 1985: 237) ธุรกิจบริการอื่น เช่น ธุรกิจโรงแรม ได้มีการนำเอาตัวแบบการจองเกินมาใช้ในการจองห้องพักของลูกค้า ซึ่งพบได้ในงานวิจัยของ Toh and Dekay (2002) และ Hadjinicola and Panayi (1997)

โดยทั่วไปวิธีการหาระดับการจองเกินด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์มีสองประเภทคือ วิธีการหาระดับการจองเกินด้วยตัวแบบสถิตและวิธีการหาระดับการจองเกินด้วยตัวแบบพลวัต (Dynamic Overbooking Model)

ต่อไปจะกล่าวถึงงานวิจัยที่หาระดับการจองเกินด้วยตัวแบบสถิต Shlifer and Vardi (1975) หาระดับการจองเกินโดยพิจารณาจากเงื่อนไข 3 ประการ เงื่อนไขที่ 1 ระดับการจองเกินต้องสอดคล้องกับค่าความน่าจะเป็นที่สายการบินจะยอมให้มีผู้จองที่นั่งบางส่วนไม่ได้ขึ้นเครื่องบิน เงื่อนไขที่ 2 ระดับการจองเกินต้องสอดคล้องกับอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยที่จะยอมให้มีผู้จองที่นั่งบางส่วนไม่ได้ขึ้นเครื่องบินต่อค่าเฉลี่ยของผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตน ส่วนเงื่อนไขที่ 3 หาระดับการจองเกินเพื่อให้เหมาะสมกับค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น ผลสรุปของงานวิจัยนี้ทำให้ผู้บริหารของธุรกิจบริการสามารถพัฒนากฎการตัดสินใจได้ดีขึ้นและให้ผลกำไรที่มากขึ้น Hadjinicola and Panayi (1997) นำการจองเกินมาใช้ในธุรกิจโรงแรม โดยประยุกต์เข้ากับรูปแบบการมาจองผ่านหลายบริษัททัวร์ (Multiple Tour Operators) งานวิจัยนี้หาระดับการจองเกินจากแนวความคิดของตัวแบบสถิติ วิธีการหาระดับการจองเกินนำเสนอในแบบตารางความสูญเสียของการจองเกิน (Overbooking Loss Table) ค่าระดับการจองเกินที่ดีที่สุดคือ ระดับการจองเกินที่ให้ค่าสูญเสียของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ส่วนงานวิจัยที่หาระดับการจองเกินในแบบพลวัติ พบได้ในงานวิจัยของ Chatwin (1999) งานวิจัยนี้หาระดับการจองเกินจากแนวความคิดของกระบวนการเกิดและตาย (Birth-Death Process) Subramanian, et al. (1999) ได้ใช้กระบวนการตัดสินใจมาร์คอฟ (Markov Decision Process) ในการหาระดับการจองเกินและแบ่งช่วงการตัดสินใจ (Decision Period) ตามช่วงเวลาที่มีการจอง (Booking Horizon) แต่ละช่วงการตัดสินใจมีเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น 1 ใน 3 จากเหตุการณ์ต่อไปนี้คือ ผู้จองที่นั่งมาตามที่จองเอาไว้ หรืออาจจะยกเลิกที่นั่งที่จองเอาไว้ หรือไม่มาแสดงตนเลย งานวิจัยนี้ได้รวมเอาต้นทุนที่เกิดจากการไม่มาแสดงตนไว้ในตัวแบบด้วย และหาระดับการจองเกินที่ทำให้ได้ค่าคาดหมายของกำไรสูงสุด

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยศึกษาการหาระดับการจองเกินภายใต้ตัวแบบสถิตและมุ่งประเด็นไปที่การศึกษาผลกระทบของรูปแบบฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนที่ผิดสมมุติฐาน รูปแบบฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนในแบบเชิงเส้น พบได้ในงานวิจัยของ Kasilingam (1997) งานวิจัยนี้ศึกษาการหาระดับการจองเกินของธุรกิจการขนส่งสินค้าทางอากาศ พิจารณาจำนวนสินค้าทางอากาศว่ามีความสัมพันธ์กับระดับการจองเกินในรูปแบบแบบเชิงเส้น จำนวนสินค้าทางอากาศหาได้จากอัตราการมาแสดงตนของสินค้าคูณกับระดับการจองเกิน อัตราการมาแสดงตนของสินค้าพิจารณาตามรูปแบบตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) งานวิจัยอื่นส่วนใหญ่จะพิจารณาอัตราการมาแสดงตนว่าแจกแจงแบบปกติ ขณะที่งานวิจัยของ Popescu et al. (2006) พิจารณาจำนวนคนที่มาแสดงตนกับระดับการจองเกินว่ามีความสัมพันธ์กันในแบบเชิงเส้นเช่นกัน แต่งานวิจัยนี้สรุปว่าอัตราการมาแสดงตนที่มีการแจกแจงแบบปกตินั้นไม่

เหมาะกับลักษณะข้อมูลของอัตราการมาแสดงตน Popescu, et al. (2006) เสนอว่าอัตราการมาแสดงตนเหมาะกับตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง จึงใช้สถิติไม่อ้างอิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) ในการพิจารณาอัตราการมาแสดงตน และนำเสนออัตราการมาแสดงตนจากฮิสโทแกรม ผลงานวิจัยนี้สรุปว่า ด้วยวิธีการพิจารณาอัตราการมาแสดงตนในแบบนี้ทำให้สายการบินได้กำไรสูงขึ้น และล่าสุด Lua, et al. (2009) ศึกษาการหาระดับการจองเกินของธุรกิจการขนส่งสินค้าทางอากาศและกำหนดให้อัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบเบต้า

รูปแบบฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนแบบทวินามนั้นถูกต้องตามหลักทางสถิติ หากผู้จองที่นั่งแต่ละคนมาแสดงตนด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันและเป็นอิสระต่อกัน Thomson (1961) ได้อธิบายว่าหากได้ขจัดอิทธิพลของการมาแบบกลุ่ม ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงทวินามนั่นเหมาะสมกับข้อมูลของจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตน การหาระดับการจองเกินเกี่ยวข้องกับการหาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงทวินาม (Cumulative Distribution Function of a Binomial Distribution) ของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตน บางงานวิจัยจะประมาณฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงทวินามของจำนวนผู้มาแสดงตนด้วยการแจกแจงอื่นเพื่อให้ง่ายต่อการหาระดับการจองเกิน เช่นประมาณด้วยการแจกแจงปกติพบได้ในงานวิจัยของ Coughlan (1999) และ Klophaus (2007) ส่วน Talluri and van Ryzin (2004) ประมาณด้วยการแจกแจงปัวซง นั่นแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการมาแสดงตนที่ถูกต้องควรเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงทวินามแต่อาจจะมีการประมาณการแจกแจงทวินามด้วยการแจกแจงอื่นเพื่อความสะดวกในการสร้างตัวแบบ ดังนั้นงานวิจัยกลุ่มที่พิจารณาจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนแบบเชิงเส้นจึงผิดหลักสมมุติฐานทางสถิติ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ (Misspecification Error) ในทางเศรษฐมิติพบได้อยู่ทั่วไป เช่นงานวิจัยของ Hausman (1978) ศึกษาการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานของสมการถดถอย ผลงานวิจัยพบว่าเกิดข้อผิดพลาดในการพยากรณ์ตัวแปรตาม แต่งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติของการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) มีอยู่น้อย เช่น Cooper, et al. (2006) ศึกษาผลกระทบของการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานของพฤติกรรมลูกค้าสำหรับปัญหาการจัดการรายได้สำหรับเที่ยวบินที่มีผู้โดยสาร 2 ระดับชั้น (Two-Classes Revenue Management Problem) จากงานวิจัยพบว่าหากสายการบินจัดสรรพื้นที่การจองจาก Littlewood's Rule ภายใต้พฤติกรรมการจองของลูกค้าที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ ระยะยาวแล้วจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "Spiral-Down Effect" นั่นคือรายได้จะเข้าใกล้ศูนย์ งานวิจัยของ Cooper, et al. (2006) ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการใช้ตัวแบบที่ผิด

สมมุติฐานด้านปัญหาการจัดสรรพื้นที่ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการจองเกิน แต่งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาถึงผลกระทบของการใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ

ตารางที่ 2.1 สรุปกลุ่มงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มที่	รายละเอียด	รายชื่องานวิจัย
1	ภาพรวมของการจัดการรายได้	McGill and van Ryzin (1999) Wen et al. (2007)
2	หาระดับการจองเกินจากตัวแบบสถิต	Shlifer and Vardi (1975) Hadjinicola and Panayi (1997)
3	หาระดับการจองเกินจากตัวแบบพลวัติ	Chatwin (1999) Subramanian et al. (1999)
4	ศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนแบบเชิงเส้น	Kasilingam (1997) Popescu et al. (2006) Lua et al. (2009)
5	ศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนตามตัวแปรสุ่มทวินาม	Thomson (1961) Coughlan (1999) Karaesmen and van Ryzin (2004) Klophaus (2007)
6	ศึกษาการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ	Hausman (1978) Cooper et al. (2006)
7	การใช้กลยุทธ์การจองเกินกับธุรกิจอื่นๆ เช่น ธุรกิจโรงแรม	Hadjinicola and Panayi (1997) Toh and Dekay (2002)

บทที่ 3

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

เริ่มต้นอธิบายแนวคิดของการสร้างตัวแบบการจองเกินเพื่อนำมาสร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ต่อมาจะนำฟังก์ชันวัตถุประสงค์มาสร้างเป็นตัวแบบเทียบสมรรถนะและตัวแบบเชิงเส้น พร้อมกันนี้จะวิเคราะห์แต่ละตัวแบบเพื่อหาระดับการจองเกินด้วยแนวความคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากนั้นจะอธิบายถึงกระบวนการทำซ้ำเพื่อใช้ประมาณค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น ท้ายสุดจะอธิบายถึงกระบวนการทดลองเชิงตัวเลขสำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบต่อไป

3.1 ตัวแบบการจองเกิน

ตัวแบบจองเกินที่พบในงานวิจัยแบ่งได้สองรูปแบบคือ ตัวแบบการจองเกินแบบพลวัติ และตัวแบบการจองเกินแบบสถิต งานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวแบบการจองเกินแบบสถิต นั่นหมายความว่าไม่ได้พิจารณาการจองและการยกเลิกที่นั่งของผู้จองซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา

ให้ c คือ ความจุบนเครื่องบิน กำหนดเป็นค่าคงที่

a_o คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการที่มีผู้จองที่นั่งมาเกินความจุต่อหนึ่งหน่วยความจุ (Oversale Cost / Unit Capacity)

a_s คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการมีความจุเหลือต่อหนึ่งหน่วยความจุ (Spoilage Cost/ Unit Capacity)

x คือ ระดับการจองเกิน

$S(x)$ คือ จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนจากระดับการจองเกิน

$[y]^+$ คือ ค่าที่มากที่สุดระหว่าง จำนวนจริง y กับ 0

$E[x]$ คือ ค่าคาดหมายของตัวแปรสุ่ม x

$\min_x\{\tilde{f}(x)\}$ คือ การหาค่า x ที่ทำให้ $\tilde{f}(x)$ มีค่าต่ำที่สุด

ตัวแบบสถิตเขียนได้ดังนี้

$$\min_x \{\widetilde{f}(x) = E\left[a_o[S(x)-c]^+ + a_s[c-S(x)]^+\right]\}$$

อธิบายฟังก์ชันวัตถุประสงค์ข้างต้นได้ดังนี้

1. เทอมแรก คือค่าใช้จ่ายกรณีที่จำนวนผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวมากกว่าความจุบนเครื่องบิน แต่ถ้าจำนวนผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุพอดีเทอมนี้จะมีค่าเป็นศูนย์ จำนวนผู้จองที่นั่งที่ไม่ได้ขึ้นเครื่องบินมีค่าเท่ากับ $(S(x)-c)$ ซึ่งเมื่อคูณกับค่าใช้จ่ายต่อคนก็จะได้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดของกรณีนี้ เทอมนี้เรียกว่า ค่าใช้จ่ายส่วนเกิน

2. เทอมสอง คือค่าใช้จ่ายกรณีที่จำนวนผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวน้อยกว่าความจุบนเครื่องบิน หากจำนวนผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวมากกว่าหรือเท่ากับความจุพอดีเทอมนี้จะมีค่าเป็นศูนย์ จำนวนที่นั่งที่ว่างบนเครื่องบินมีค่าเท่ากับ $(c-S(x))$ ซึ่งเมื่อคูณกับค่าใช้จ่ายต่อคนจะได้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดของกรณีนี้ เทอมนี้เรียกว่า ค่าใช้จ่ายส่วนขาด สังเกตว่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สามารถจัดรูปได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
\widetilde{f}(x) &= E\left[a_o[S(x)-c]^+ + a_s[c-S(x)]^+\right] \\
&= E\left[a_o[S(x)-\min\{S(x),c\}] + a_s[c-\min\{S(x),c\}]\right] \quad (*) \\
&= E\left[a_oS(x) - a_o\min\{S(x),c\} + a_sc - a_s\min\{S(x),c\}\right] \\
&= E\left[a_oS(x) + a_sc - (a_o+a_s)\min\{S(x),c\}\right] \\
&= E\left[\ a_oS(x) + a_sc - (a_o+a_s)[S(x)-(S(x)-c)^+]\ \right] \\
&= E\left[\ a_oS(x) + a_sc - (a_o+a_s)S(x) + (a_o+a_s)(S(x)-c)^+\ \right] \\
&= E\left[\ -a_sS(x) + a_sc + (a_o+a_s)(S(x)-c)^+\ \right]
\end{aligned}$$

โดยที่ (*) ได้มาจากสมการที่ว่า $(a-b)^+ = a-\min(a,b)$ สำหรับจำนวนจริง a และ b ใดๆ

กำหนดให้ $f(x) = (a_o+a_s)E[(S(x)-c)^+] - a_sE[S(x)]$

ดังนั้น $\widetilde{f}(x) = f(x) + a_sc$

ผู้วิจัยใช้ฟังก์ชัน $f(x)$ ดังนั้นตัวแบบข้างต้นกลายเป็น

$$\min_x \{\ (a_o+a_s)E[(S(x)-c)^+] - a_sE[S(x)]\}$$

ระดับการจองเกินที่ทำให้ $f(x)$ ต่ำสุดกับระดับการจองเกินที่ทำให้ $\widetilde{f}(x)$ ต่ำสุดมีค่าเดียวกันเนื่องจาก a_sc เป็นค่าคงที่

หมายเหตุ

* บางงานวิจัยทำการหาระดับการจองเกินภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้ได้รายได้สูงสุด (Maximizing Contribution) ซึ่งผลของการระดับการจองเกินที่ได้มีค่าสมมูลกับตัวแบบ

ข้างต้น ซึ่งจะต่างกันที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรสุ่ม $S(x)$ เปลี่ยนจาก $-a_s$ เป็น $-(a_s+p)$ ซึ่งวิธีการสร้างตัวแบบเป็นดังนี้

p คือรายได้ต่อที่นั่ง

$$\begin{aligned}\tilde{g}(x) &= pS(x) - a_o[S(x)-c]^+ - a_s[c-S(x)]^+ \\ &= pS(x) - a_o[S(x)-\min\{S(x),c\}] - a_s[c-\min\{S(x),c\}] \\ &= pS(x) - a_oS(x) + a_o\min\{S(x),c\}] - a_sc + a_s\min\{S(x),c\}] \\ &= pS(x) - a_oS(x) - a_sc + (a_o+a_s)[S(x)-(S(x)-c)^+] \\ &= (a_s+p)S(x) - (a_o+a_s)[(S(x)-c)^+] - a_sc \\ &= g(x) - a_sc\end{aligned}$$

จากความสัมพันธ์ $f(x) = -g(x)$

$$= -(a_s+p)S(x) + (a_o+a_s)[(S(x)-c)^+]$$

สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรสุ่ม $S(x)$ เปลี่ยนจาก $-a_s$ เป็น $-(a_s+p)$ ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

* ตัวแบบของงานวิจัยนี้จะใช้งานได้ หากความต้องการจอง (Booking Request) มีค่าอย่างน้อยเท่ากับระดับการจองเกิน หากไม่ใช้กรณีนี้ จำนวนคนที่มาแสดงตน $(S(x))$ จะขึ้นอยู่กับ ค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง x กับ D นั่นคือ $\min\{x,D\}$ เมื่อกำหนดให้ D คือ ความต้องการจอง แต่ในทางปฏิบัติ ความต้องการจองเป็นข้อมูลที่สายการบินส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการบันทึกไว้ จึงเป็นเรื่องของข้อจำกัดด้านข้อมูล

3.1.1 ตัวแบบเทียบสมรรถนะ

หากขจัดอิทธิพลการจองที่นั่งในแบบกลุ่มและสมมุติให้ผู้จองที่นั่งแต่ละคนมาแสดงตนด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันและเป็นอิสระต่อกัน จะได้ว่าจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนมีการแจกแจงแบบทวินาม ด้วยพารามิเตอร์ x และ θ เมื่อกำหนดให้ θ คือความน่าจะเป็นที่ผู้จองแต่ละคนจะมาแสดงตน ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวจำนวน k คนเท่ากับ $\binom{x}{k}\theta^k(1-\theta)^{x-k}$ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในตัวแบบเทียบสมรรถนะเขียนได้ดังนี้

ให้ $S_0(x)$ คือ จำนวนผู้จองที่มาแสดงตนจากระดับการจองเกิน x ของตัวแบบเทียบสมรรถนะ

$f_0(x)$ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเทียบสมรรถนะ

$$f_0(x) = (a_o+a_s)E[(S_0(x)-c)^+] - a_sE[S_0(x)]$$

$$= (a_o + a_s)\sum_{k=0}^{x}[k-c]^{+}p(k) - a_s\theta x$$

$$= (a_o + a_s)\left[\sum_{k=0}^{c-1}[k-c]p(k) + \sum_{k=c}^{x}[k-c]p(k)\right] - a_s\theta x$$

$$= (a_o + a_s)\sum_{k=c}^{x}[k-c]p(k) - a_s\theta x$$

$$= (a_o + a_s)\sum_{k=c}^{x}[k-c]\binom{x}{k}\theta^k(1-\theta)^{x-k} - a_s\theta x$$

ดังนั้นตัวแบบเทียบสมรรถนะจะมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้คือ

$$f_0(x) = (a_o + a_s)\sum_{k=c}^{x}[k-c]\binom{x}{k}\theta^k(1-\theta)^{x-k} - a_s\theta$$

3.1.2 ตัวแบบเชิงเส้น

ในตัวแบบเชิงเส้นจะพิจารณาจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนในรูปแบบเชิงเส้น จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนได้จากผลคูณของระดับการจองเกินกับอัตราการมาแสดงตน อัตราการมาแสดงตนพิจารณาเป็นตัวแปรสุ่ม งานวิจัยนี้ศึกษารูปแบบการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตนสามการแจกแจงที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การแจกแจงเชิงกำหนด การแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐาน

จำนวนผู้จองที่มาแสดงตนตามตัวแบบเชิงเส้น คือ $S_i(x) = xR_i$ โดยที่ R_i คือ อัตราการมาแสดงตนของตัวแบบเชิงเส้นที่ i และ $S_i(x)$ คือ จำนวนผู้จองที่มาแสดงตนจากระดับการจองเกิน x ของตัวแบบเชิงเส้นที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3$ แทน ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเชิงกำหนด แบบปกติ และแบบเบต้ามาตรฐาน ตามลำดับ ดังนั้นระดับการจองเกินที่เหมาะที่สุดในตัวแบบเชิงเส้นขึ้นอยู่กับการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตนซึ่งทดสอบจากข้อมูลในอดีต (Historical Data)

ให้ $f_i(x)$ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเชิงเส้นที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในตัวแบบเชิงเส้นที่ i คือ

$$f_i(x) = (a_s + a_o)E[(xR_i - c)^{+}] - a_sE[xR_i]$$

3.2 การวิเคราะห์ตัวแบบเทียบสมรรถนะ

หัวข้อนี้จะแสดงวิธีการสร้างประพจน์เพื่อใช้เป็นกฎเกณฑ์การตัดสินใจในการหาระดับการจองเกินของตัวแบบเทียบสมรรถนะจากประพจน์ที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งการพิสูจน์ประพจน์ดังกล่าว และเสนอขั้นตอนการนำไปใช้ตลอดจนกระบวนการค้นหาคำตอบของระดับการจองเกินดังนี้

ประพจน์ที่ 1

กำหนดให้ χ_0 เป็นเซตของจำนวนนับ ตัวแบบเทียบสมรรถนะมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_0(x)$ เป็นฟังก์ชันหงาย (Convex Function) สำหรับทุกๆ $x \in \chi_0$ ระดับการจองเกินที่เหมาะที่สุดหาได้จาก

$$x_0^* = \arg\max\{x \in \chi_0 : (a_s + a_o)P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s\} \qquad \text{--------- (3.1)}$$

พิสูจน์

การพิสูจน์ประพจน์ที่ 1 ประกอบด้วยสองส่วนดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> เริ่มต้นทำการพิสูจน์ว่าตัวแบบสมรรถนะ ซึ่งมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ $f_0(x) = (a_o + a_s)E[(S_0(x) - c)^+] - a_s E[S_0(x)]$ เป็นฟังก์ชันหงาย

Talluri and van Ryzin (2004: 640-641) สรุปได้ว่า $E[(S_0(x) - c)^+]$ เป็นฟังก์ชันหงาย พิจารณาเทอมที่ 2 ของ $f_0(x)$ คือ $E[S_0(x)] = \theta x$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นซึ่งเป็นได้ทั้งฟังก์ชันหงายและคว่ำ (Concave) และค่าของ a_s และ a_o เป็นจำนวนจริงที่มากกว่า 0 ดังนั้น $f_0(x)$ เป็นฟังก์ชันหงาย อ้างจาก Bazaraa et al. (2006: 148) □

<u>ส่วนที่ 2</u> จัดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้ตรงตามประพจน์ที่ 1

ระดับการจองเกินซึ่งทำให้ $f_0(x)$ มีค่าน้อยที่สุดคือ

$$x^* = \text{argmax}\ \{x \in \chi_0 : f_0(x) - f_0(x-1) \leq 0\}$$

สังเกตว่า

$$f_0(x) - f_0(x-1) = (a_o + a_s)\{E[(S_0(x) - c)^+] - E[(S_0(x-1) - c)^+]\} \leq a_s\theta$$

และการพิสูจน์จะสิ้นสุดหากพิสูจน์ให้ได้ว่า

$$E[(S_0(x) - c)^+] - E[(S_0(x-1) - c)^+] = \theta P(S_0(x-1) \geq c)$$

กำหนดให้ $T = (S_0(x) - c)^+ - (S_0(x-1) - c)^+$ จากองค์ความรู้ทางสถิติลักษณะการแจกแจงของ $S_0(x)$ จะเหมือนกับการแจกแจงของตัวแปรสุ่ม $S_0(x-1) + A_1$ โดยที่ A_1 มีการแจกแจงแบบเบอร์นูลลี (Bernoulli Distribution) โดย $E[A_1] = \theta$ และ $S_0(x-1)$ กับ A_1 เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้น

$$E[T \mid S_0(x-1)=k] = \begin{cases} 0 & k < c \\ E[A_1] & k \geq c \end{cases}$$

$$E\big[E[T \mid S_0(x-1)]\big] = \sum_{k=0}^{x-1} E[T \mid S_0(x-1)=k]P(S_0(x-1)=k)$$

$$= \sum_{k=0}^{c-1} E[T \mid S_0(x-1)=k]P(S_0(x-1)=k) +$$

$$\sum_{k=c}^{x-1} E[T \mid S_0(x-1)=k]P(S_0(x-1)=k)$$

$$= \sum_{k=c}^{x-1} E[T \mid S_0(x-1)=k]P(S_0(x-1)=k)$$

$$= \sum_{k=c}^{x-1} E[A_1]P(S_0(x-1)=k)$$

$$= \theta P(S_0(x-1) \geq c)$$

ดังนั้น $E[(S_0(x)-c)^+] - E[(S_0(x-1)-c^+)] = \theta P(S_0(x-1) \geq c)$ □

3.2.1 การนำตัวแบบไปใช้งาน

จากประพจน์ที่ 1 อธิบายการใช้งานว่า หากปัจจุบันระดับการจองเกินอยู่ที่ $x-1$ คน สายการบินต้องตัดสินใจว่า จะทำการจองเกินต่อไปหรือไม่ โดยสายการบินจะสูญเสียค่าปรับหรือมีค่าใช้จ่ายส่วนเกินเกิดขึ้นเมื่อจำนวนผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวอย่างน้อยเท่ากับความจุบนเครื่องบิน ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายดังกล่าวคือ $a_o P(S_0(x-1) \geq c)$ ในทางตรงข้ามสายการบินจะเกิดค่าใช้จ่ายในส่วนค่าเสียโอกาส หากจำนวนผู้จองที่นั่งมาแสดงตัวน้อยกว่าความจุบนเครื่องบิน ค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายกรณีนี้คือ $a_s P(S_0(x-1) < c)$ ดังนั้นสายการบินให้จองเกินหาก $a_o P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s P(S_0(x-1) < c)$ ซึ่งสมการนี้สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเดียวกันกับสมการที่ (3.1) ดังนี้

$$a_o P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s P(S_0(x-1) < c)$$
$$a_o P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s (1 - P(S_0(x-1) \geq c))$$
$$a_o P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s - a_s P(S_0(x-1) \geq c))$$
$$a_s P(S_0(x-1) \geq c)) + a_o P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s$$
$$(a_s + a_o) P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s$$

3.2.2 กระบวนการค้นหาคำตอบ

3.2.2.1 เริ่มกำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อค้นหาระดับการจองเกินนั่นคือ $x_0 = 1$

3.2.2.2 ในกระบวนการหาคำตอบรอบที่ t ถ้า $(a_s + a_o)P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s$ แล้วจะเพิ่มระดับการจอง 1 ที่นั่ง นั่นคือ $x_{t+1} = x_t + 1$ แต่ถ้า $(a_s + a_o)P(S_0(x-1) \geq c) > a_s$ จะหยุดการจองเกิน และกำหนดระดับการจองเกินที่เหมาะที่สุดที่ $x_0^* = x_t$

3.3 การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงเส้น

ส่วนแรกจะอธิบายถึงวิธีการหาระดับการจองเกินจากประพจน์แยกเป็นตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนในแต่ละรูปแบบการแจกแจง จากนั้นจะอธิบายในส่วนของการหาค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นผ่านกระบวนการทำซ้ำ

3.3.1 การวิเคราะห์ตัวแบบเชิงเส้นแยกตามการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตน

3.3.1.1 ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด

อัตราการมาแสดงตนของตัวแบบนี้แจกแจงเชิงกำหนด ซึ่งมีฟังก์ชันมวลความน่าจะเป็นคือ $P(R_1 = \rho) = 1$ โดย ρ แทน ค่าอัตราการมาแสดงตนเชิงกำหนด (Deterministic Show-Up Rate) ρ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เนื่องจาก ρ คือ สัดส่วนระหว่างจำนวนคนที่มาแสดงตนกับระดับการจองเกิน ระดับการจองเกินคือ จำนวนผู้จองที่ให้จองทั้งหมด ดังนั้นค่า ρ จึงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนดคือ $f_1(x) = (a_s + a_o)E[(x\rho - c)^+] - a_s E[x\rho]$

ประพจน์ที่ 2

ตัวแบบเชิงเส้นที่มีการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตนเชิงกำหนด ค่าของระดับการจองเกินที่ทำให้

$$f_1(x) = \begin{cases} -a_s \rho x & if \quad c \leq x \leq \dfrac{c}{\rho} \\ a_o \rho x - (a_s + a_o)c & if \quad x > \dfrac{c}{\rho} \end{cases} \qquad \text{--------- (3.2)}$$

มีค่าต่ำที่สุดคือ $x_1 = \dfrac{c}{\rho}$

พิสูจน์

การพิสูจน์ในประพจน์ที่ 2 แยกกรณีในแต่ละช่วงของค่า x ดังต่อไปนี้

<u>กรณีที่ 1</u> เมื่อ $x\rho \le c$ หรือ $x \le \frac{c}{\rho}$

จาก $f_1(x) = (a_s + a_o)E[(x\rho - c)^+] - a_s E[x\rho]$

$(x\rho - c)^+ = 0$

ดังนั้น $f_1(x) = (a_s + a_o)0 - a_s E[x\rho]$

$= -a_s \rho x$

<u>กรณีที่ 2</u> เมื่อ $x\rho > c$ หรือ $x > \frac{c}{\rho}$

จาก $f_1(x) = (a_s + a_o)E[(x\rho - c)^+] - a_s E[x\rho]$

$(x\rho - c)^+ = x\rho - c$

$f_1(x) = (a_s + a_o)(x\rho - c) - a_s \rho x$

$= -c(a_s + a_o) + a_o \rho x + a_s \rho x - a_s \rho x$

$= a_o \rho x - c(a_s + a_o)$

ดังนั้น

$$f_1(x) = \begin{cases} -a_s \rho x & c \le x \le \frac{c}{\rho} \\ a_o \rho x - (a_s + a_o) & x > \frac{c}{\rho} \end{cases}$$

จากสมการด้านบนจะเห็นว่า $f_1(x)$ ลดลงอย่างต่อเนื่อง (Strictly Decreasing) ในช่วง $(-\infty, \frac{c}{\rho}]$ และ $f_1(x)$ จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Strictly Increasing) ในช่วง $(\frac{c}{\rho}, \infty)$ ดังนั้น $x_1 = \frac{c}{\rho}$ ทำให้ $f_1(x)$ มีค่าต่ำที่สุด ตรงตามการพิสูจน์ □

ค่าระดับการจองเกินที่หาจาก $\frac{c}{\rho}$ อาจเป็นทศนิยม แต่ในทางปฏิบัติค่าระดับการจองเกินที่สายการบินใช้มักเป็นจำนวนเต็ม งานวิจัยนี้จึงกำหนดเกณฑ์การเลือกระดับการจองเกินดังนี้

ค่าระดับการจองเกิน $= \begin{cases} \left\lfloor \frac{c}{\rho} \right\rfloor & if \quad f_1(\left\lfloor \frac{c}{\rho} \right\rfloor) < f_1(\left\lceil \frac{c}{\rho} \right\rceil) \\ \left\lceil \frac{c}{\rho} \right\rceil & if \quad f_1(\left\lfloor \frac{c}{\rho} \right\rfloor) \ge f_1(\left\lceil \frac{c}{\rho} \right\rceil) \end{cases}$

โดยที่ $\lfloor x \rfloor$ คือ จำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับค่า x

$\lceil x \rceil$ คือ จำนวนเต็มที่น้อยที่สุดที่มากกว่าหรือเท่ากับค่า x

3.3.1.2 ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติและเบต้ามาตรฐาน

หากทดสอบข้อมูลอัตราการมาแสดงตน พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและเบต้ามาตรฐาน กฎเกณฑ์ในการหาระดับการจองเกินใช้เกณฑ์เดียวกัน แต่เปลี่ยนแปลงที่ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ของอัตราการมาแสดงตน ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติ พารามิเตอร์ของการแจกแจงปกติคือ μ และ σ^2 ได้จากการประมาณค่า และตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐาน ค่าพารามิเตอร์สองตัว คือ a และ b ได้จากการประมาณค่าเช่นกัน

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติและตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐานคือ

$$f_i(x) = (a_s + a_o)E[(xR_i - c)^+] \; - a_s E[xR_i] \quad i = 2, 3$$

ประพจน์ที่ 3

ตัวแบบเชิงเส้นที่ $i = 2, 3$ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_i(x)$ เป็นฟังก์ชันหงาย โดยจุดต่ำสุด $(\tilde{x}_i)$ หาได้จากการแก้สมการ

$$\int_{\alpha_i}^{c/\tilde{x}_i} t g_i(t)dt \quad = \quad \frac{a_o}{(a_s + a_o)} E[R_i] \qquad \text{--------- (3.3)}$$

โดยที่ $\alpha_2 = -\infty \quad \alpha_3 = 0$ และ g_i แทนฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของอัตราการมาแสดงตนของตัวแบบเชิงเส้นที่ i

พิสูจน์

การพิสูจน์ประพจน์ที่ 3 ประกอบด้วยสองส่วนดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> เริ่มจากแสดงว่า $f_i(x) = (a_s + a_o)E[(xR_i - c)^+] \; - a_s E[xR_i]$ เป็นฟังก์ชันหงาย

จากหน้า 640-641 ของ Talluri and van Ryzin (2004) สรุปได้ว่า $E[(xR_i - c)^+]$ เป็นฟังก์ชันหงาย ส่วนที่เหลือการพิสูจน์อ้างอิงเหมือนกับสมการ (3.1) ในส่วนที่ 1 □

<u>ส่วนที่ 2</u> เนื่องจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเชิงเส้นที่ $i = 2, \; 3$ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง การหาค่าระดับการจองเกินที่เหมาะสมที่สุดทำได้โดยการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 และจัดให้เท่ากับ 0 ดังนี้ ให้ $\beta_2 = \infty \quad \beta_3 = 1$

$$
\begin{aligned}
h(R_i, x) &= (xR_i - c)^+ \\
E[h(R_i, x)] &= E[(xR_i - c)^+] \\
&= \int_{-\infty}^{\infty} (xR_i - c)^+ g(r)dr \\
&= \int_{-\infty}^{c/x} og(r)dr + \int_{c/x}^{\beta_i} (rx - c)g(r)dr \\
E[(xR_i - c)^+] &= \int_{c/x}^{\beta_i} (rx - c)g(r)dr
\end{aligned}
$$

จาก $f_i(x) = (a_s + a_o)\int_{c/x}^{\beta_i} (rx - c)g_i(r)dr - a_s E[xR_i]$

$$
\begin{aligned}
\frac{d}{dx} f_i(x) &= \frac{d}{dx}\left[(a_s + a_o)\int_{c/x}^{\beta_i} (rx - c)g_i(r)dr - a_s E[xR_i] \right] = 0 \\
&= (a_s + a_o)\int_{c/x}^{\beta_i} rg_i(r)dr - a_s E[R_i] \\
&= (a_s + a_o)\left[\int_{\alpha_i}^{\beta_i} rg_i(r)dr - \int_{\alpha_i}^{c/x} tg_i(r)dr \right] - a_s E[R_i] \\
&= (a_s + a_o)\left[\int_{\alpha_i}^{c/x} rg_i(r)dr + \int_{c/x}^{\beta_i} rg_i(r)dr - \int_{\alpha_i}^{c/x} tg_i(r)dr \right] - a_s E[R_i] \\
&= (a_s + a_o)\left[E[R_i] - \int_{\alpha_i}^{c/x_i} tg_i(r)dr \right] - a_s E[R_i]
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
(a_s + a_o)\int_{\alpha_i}^{c/x_i} tg_i(r)dr &= a_o E[R_i] \\
\int_{\alpha_i}^{c/x_i} tg_i(r)dr &= \frac{a_o}{(a_s + a_o)} E[R_i]
\end{aligned}
$$

โดย $\alpha_2 = -\infty \quad \alpha_3 = 0$

ซึ่งจะได้ตรงตามสมการ (3.3) □

1) กระบวนการค้นหาคำตอบ

ระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นสามารถหาได้จากกระบวนการค้นหาค่า (Search Procedure) ดังนี้

กำหนดให้ $h_i(\tilde{x}_i)$ คือ ค่าทางซ้ายมือของสมการ (3.3)

τ_i คือ ค่าทางขวามือของสมการ (3.3)

u_i คือ ค่าขอบเขตบน (Upper Bound)

l_i คือ ค่าขอบเขตล่าง (Lower Bound)

(1) เลือกขอบเขตล่างและบนเริ่มต้น (แทนด้วย u_{i0} และ l_{i0}) ซึ่งทำให้ $h_i(l_{i0}) > \tau_i$ และ $h_i(u_{i0}) < \tau_i$ ตามลำดับ

(2) กำหนดให้คำตอบจากการคำนวณรอบที่ t เท่ากับ $b_{it} = \frac{(l_{i,t-1} + u_{i,t-1})}{2}$

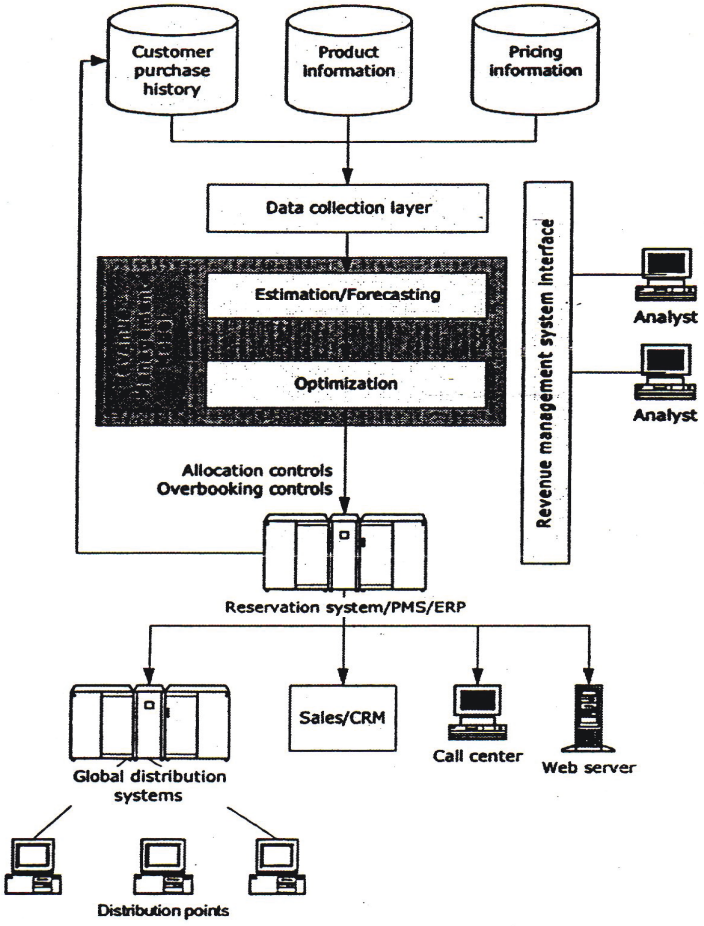
(3) พิจารณาค่าของ $h_i(b_{it})$ หากค่าของ $h_i(b_{it}) < \tau_i$ ทำการกำหนดค่าของขอบเขตบนใหม่เป็น $u_{it} = b_{it}$ ขณะที่ขอบเขตล่างยังคงเหมือนเดิมคือ $l_{it} = l_{i,t-1}$ แต่ถ้าค่าของ $h_i(b_{it}) > \tau_i$ จะกำหนดค่าของขอบเขตล่างใหม่เป็น $l_{it} = b_{it}$ โดยที่ค่าขอบเขตบนยังคงเป็น $u_{it} = u_{i,t-1}$

(4) ทำซ้ำในลักษณะนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง $|b_{it} - b_{i,t-1}| < \varepsilon_i$ โดยที่ ε_i คือค่า pre-specified threshold จะได้คำตอบสุดท้ายคือ $\tilde{x}_i = b_{it}$ วิธีการปัดจุดทศนิยมใช้หลักการเดียวกับหัวข้อในประพจน์ที่ 2

3.3.2 กระบวนการทำซ้ำ

หากสายการบินใช้วิธีการหาระดับการจองเกินจากตัวแบบเทียบสมรรถนะ สายการบินจะได้ระดับการจองเกินที่เหมาะที่สุดซึ่งทำให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินนั้นต่ำที่สุด แต่ในทางปฏิบัติ สายการบินอาจไม่ได้ใช้ตัวแบบเทียบสมรรถนะในการหาระดับการจองเกินแต่ใช้ตัวแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic Model) ซึ่งในงานวิจัยหมายถึง ตัวแบบเชิงเส้น นั่นเอง

งานวิจัยนี้กำหนดให้สายการบินหาระดับการจองเกินรวมทั้งค่าใช้จ่ายจากการใช้ตัวแบบเชิงเส้น ผู้วิจัยไม่ได้หาค่าคาดหมายของค่าใช้จ่ายจากการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นด้วยการแทนค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบคณิตศาสตร์จากหัวข้อที่ผ่านมา กล่าวคือ ผู้วิจัยศึกษาค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นจากระบบการจัดการรายได้ (Revenue Management System) ที่สายการใช้ในทางปฏิบัติดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 ระบบการจัดการรายได้

แหล่งที่มา: Talluri and van Ryzin, 2004: 19.

ระบบการจัดการรายได้ในส่วนงานของการหาระดับการจองเกินของสายการบิน ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการหาค่าที่เหมาะที่สุด (Optimization Process) กระบวนการเก็บข้อมูล (Data Collection Process) และกระบวนการพยากรณ์ (Forecasting Process) หลังจากผ่านขั้นตอนการพยากรณ์ ระบบจะวนกลับไปที่ขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะที่สุด ตามด้วยการเก็บข้อมูล อย่างนี้จนสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อให้งานวิจัยนี้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงของสายการบิน ผู้วิจัยจึงสร้างกระบวนการทำซ้ำจำลองสถานการณ์ของระบบการจัดการรายได้เพื่อใช้ประมาณค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการใช้ตัวแบบเชิงเส้นต่อไป

การใช้กระบวนการทำซ้ำเพื่อประมาณค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นทำให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินไม่ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น กล่าวคือ กระบวนการทำซ้ำมี

การปรับพารามิเตอร์ (Update Parameter) ตามช่วงเวลาที่กำหนด ดังนั้นการเปรียบเทียบผลกระทบจากการใช้ตัวแบบเทียบสมรรถนะกับตัวแบบเชิงเส้น จะมีความแม่นยำมากขึ้นเพราะได้ขจัดอิทธิพลของค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นด้วยกระบวนการทำซ้ำ

ให้ ρ_t คือ อัตราการมาแสดงตนในตัวแบบเชิงเส้นแบบเชิงกำหนดที่เวลา t

(μ_t, σ_t^2) คือ พารามิเตอร์ของการแจกแจงปกติ ในตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการแสดงตนแจกแจงแบบแบบปกติ ที่เวลา t

(a_t, b_t) คือ พารามิเตอร์ของการแจกแจงเบต้ามาตรฐาน ในตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการแสดงตนแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐาน ที่เวลา t

กำหนดให้ $y_{1t} = \rho_t, y_{2t} = (\mu_t, \sigma_t^2), y_{3t} = (a_t, b_t)$

3.3.2.1 กระบวนการหาค่าที่เหมาะที่สุด

กำหนดให้ H_{it} คือ ข้อมูลที่จัดเก็บค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นที่ i ที่เวลา t โดยที่ $i = 1, 2, 3$

ขั้นตอนกระบวนการหาค่าที่เหมาะที่สุดมีดังนี้

1) จากพารามิเตอร์เริ่มต้นนำมาหาระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นที่ i แทนด้วย $x_i(y_{it})$ การหา $x_i(y_{it})$ หาจากประพจน์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

2) ทำการบันทึกว่าระดับการจองเกินที่ได้ในข้อ 1 ให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเทียบสมรรถนะเป็นจำนวนเท่าไหร่ นั่นคือหา $f_0[x_i(y_{it})]$ นั่นเอง กำหนดให้ ที่เวลาที่ t=0 ให้ $\mathrm{H}_{i0} = \phi$ และในช่วงเวลาต่อมาจะทำการบันทึกค่าใช้จ่าย นั่นคือ $\mathrm{H}_{it} = \mathrm{H}_{i,t-1} \cup \{f_0[x_i(y_{it})]\}$

จากระดับการจองเกินที่ได้ในช่วงเวลา t=0 จะเป็นข้อมูลนำเข้าของขั้นตอนการเก็บข้อมูล เพื่อทำการบันทึกว่าระดับการจองเกินดังกล่าวมีจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนเป็นจำนวนเท่าไหร่ ข้อมูลที่ทำการบันทึกจะนำมาหาระดับการจองเกินในช่วงเวลาต่อไป (t+1)

3.3.2.2 กระบวนการเก็บข้อมูล

นำ $x_i(y_{it})$ ของกระบวนการหาค่าที่เหมาะที่สุดมากำหนดนโยบายการจองเกินภายใน 1 ช่วงเวลา กำหนดให้ 1 ช่วงเวลา มีเที่ยวบินทั้งหมด m เที่ยวบิน

กำหนดให้ s_{ijt} คือ จำนวนผู้จองที่มาแสดงตนของตัวแบบเชิงเส้นที่ i ในเที่ยวบินที่ j ที่เวลาที่ t โดยที่ $i = 1, 2, 3$ และ $j = 1, 2, \ldots, m$

r_{ijt} คือ อัตราการมาแสดงตนของตัวแบบเชิงเส้นที่ i ในเที่ยวบินที่ j ที่เวลาที่ t โดยที่ $i = 1, 2, 3$ และ $j = 1, 2, \ldots, m$

x_{it} คือ ระดับจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นที่ i ที่เวลา t โดย $i = 1, 2,$

หาอัตราการมาแสดงตนของแต่ละตัวแบบในแต่ละช่วงเวลา จาก $r_{ijt} = {s_{ijt}}/{x_{it}}$ เนื่องจากข้อจำกัดด้านข้อมูล เพื่อให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายสามารถประมาณได้ด้วยกระบวนการทำซ้ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte-Carlo Simulation) ในการหา s_{ijt} โดยใช้พารามิเตอร์ x_{it} และ θ

ผู้วิจัยใช้วิธีการจำลองในการสร้าง s_{ijt} ค่า s_{ijt} ที่ได้ในขั้นตอนของการจำลองจะต้องสอดคล้องกับ x_{it} ที่ได้ในขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะที่สุด ดังนั้นหาก $x_{1t} \le x_{2t} \le x_{3t}$ (กรณีอื่นๆใช้แนวคิดเดียวกัน) ขั้นตอนของวิธีการจำลอง s_{ijt} เป็นดังนี้

กำหนดให้ $\Delta_1 = x_{2t} - x_{1t}$ และ $\Delta_2 = x_{3t} - x_{2t}$

- เริ่มต้นทำการจำลอง s_{1jt} โดยใช้พารามิเตอร์ x_{1t} และ θ
- การสร้าง s_{2jt} เริ่มจากการจำลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ Δ_1 และ θ ดังนั้นค่าของ s_{2jt} ได้จากผลรวมของ s_{1jt} กับค่าเลขสุ่มที่ได้จากกลไกการจำลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว
- การสร้าง s_{3jt} จะใช้แนวคิดเดียวกับการสร้าง s_{2jt} เริ่มจากการจำลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ Δ_2 และ θ ดังนั้นค่าของ s_{3jt} ได้จากผลรวมของ s_{2jt} กับค่าเลขสุ่มที่ได้จากกลไกการจำลองโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว

ดังนั้นจากวิธีการจำลองด้วยขั้นตอนนี้จะได้ค่าของ s_{ijt} ที่ตรงตาม x_{it} นั่นคือ $s_{1jt} \le s_{2jt} \le s_{3jt}$

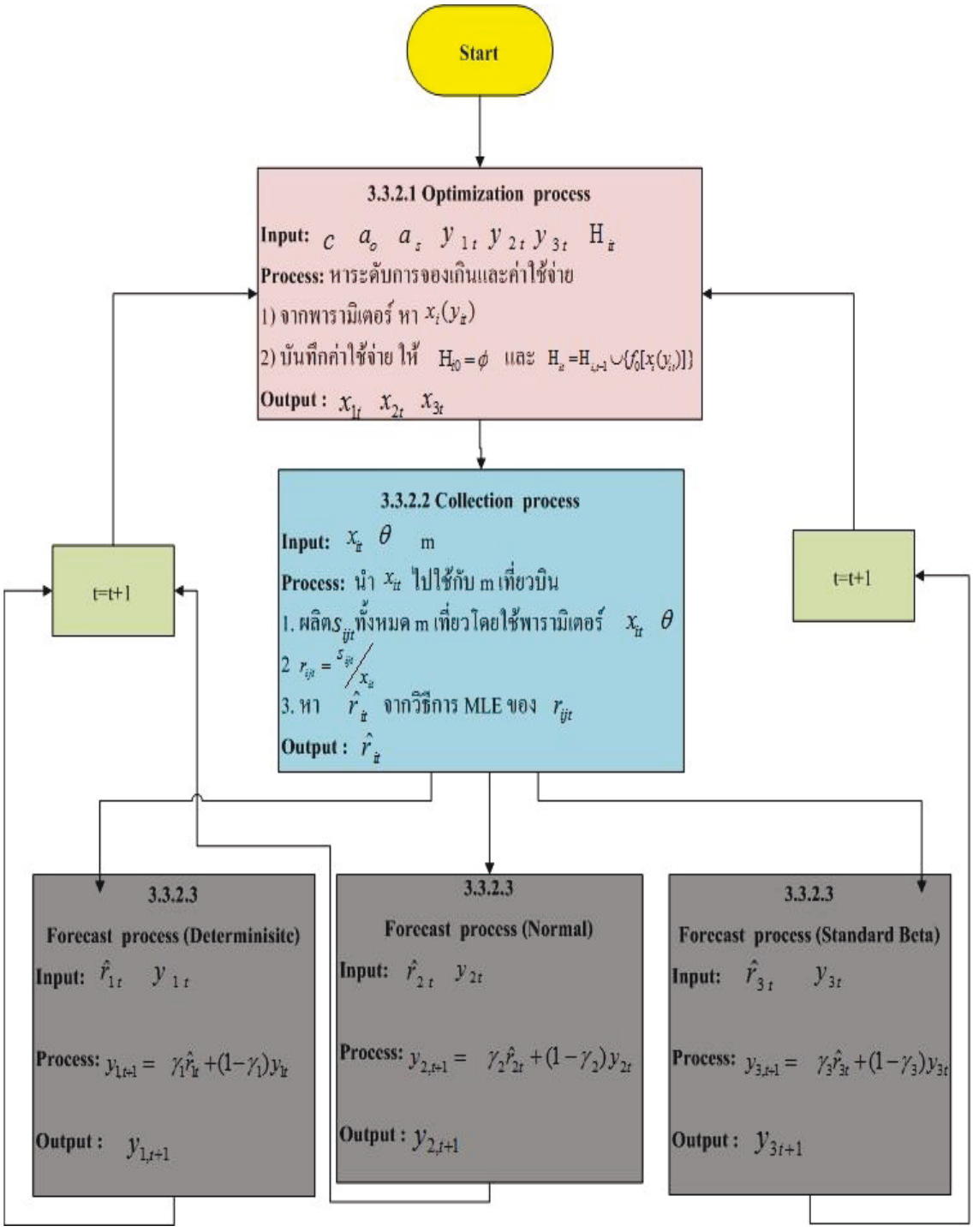
ขั้นตอนของการเก็บข้อมูลจะส่งปัจจัยนำออกเป็น $\hat{r}_{it}$ โดยที่ $\hat{r}_{it}$ ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates, MLE) ของ r_{ijt} ทั้ง m เที่ยวบิน

3.3.2.3 กระบวนการพยากรณ์

สายการบินนำ $\hat{r}_{it}$ ที่ได้ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลมาใช้พยากรณ์ค่าพารามิเตอร์ของอัตราการมาแสดงตนเพื่อนำมาหาระดับการจองเกินในช่วงเวลาต่อไป การพยากรณ์ค่าพารามิเตอร์นั้นให้ความสำคัญทั้งข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน เทคนิคการพยากรณ์อัตราการแสดงตนที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือ เทคนิคการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing Technique) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและนิยมใช้ในทางปฏิบัติ (Makridakis et al., 1998)

ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ในช่วงเวลาต่อไปคือ $y_{i,t+1} = \gamma_i \hat{r}_{it} + (1-\gamma_i) y_{it}$ γ_i แทนค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแบบเชิงเส้นที่ i มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

จากทั้งหมดที่ได้อธิบายไปเกี่ยวกับกระบวนการทำซ้ำ สรุปแผนภาพการทำงานของกระบวนการทำซ้ำได้ตามรูปนี้



ภาพที่ 3.2 กระบวนการทำซ้ำ

3.4 แผนการทดลองเชิงตัวเลข

งานวิจัยนี้สร้างแผนการทดลองเชิงตัวเลขขึ้นมาสองชุด แผนการทดลองเชิงตัวเลขแผนแรกเป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับ (Asymptotic Behavior Investigation) ของตัวแบบเชิงเส้นผ่านกระบวนการทำซ้ำ แผนการทดลองเชิงตัวเลขแผนที่สองคือ การประเมินประสิทธิภาพ (Performance Evaluation) ของตัวแบบทั้งสอง

3.4.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบเทียบสมรรถนะกับตัวแบบเชิงเส้น ผู้วิจัยต้องการศึกษาก่อนการเปรียบเทียบว่าในระยะยาวระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นจะมีการลู่เข้า(Convert) หรือไม่ หากมีการลู่เข้าจะทำให้การศึกษาเปรียบเทียบมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3.4.1.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของระดับการจองเกิน

เมื่อช่วงเวลาการตัดสินใจ (Decision Period) ผ่านไปในระยะยาว ผู้วิจัยต้องการศึกษาว่าระดับการจองเกินที่มีค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นที่เท่ากันและต่างกันมีการลู่เข้าสู่ค่าคงที่ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 หรือไม่

3.4.1.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของค่าคาดหมายค่าใช้จ่าย

เมื่อช่วงเวลาการตัดสินใจ (Decision Period) ผ่านไปในระยะยาว ผู้วิจัยต้องการศึกษาว่าค่าเฉลี่ยของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นที่มีค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นที่เท่ากันและต่างกันมีการลู่เข้าสู่ค่าคงที่ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 หรือไม่

3.4.2 การประเมินประสิทธิภาพ

หัวข้อนี้จะเป็นการตอบคำถามในวัตถุประสงค์หลักที่ได้กล่าวไปในบทที่ 1 กล่าวคือผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบทั้งสอง ตัวชี้วัดของงานวิจัยนี้คือ ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบทั้งสอง ดังนั้นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีกว่าจะให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินที่ต่ำกว่า

จากข้อมูลจริงที่สายการบินอนุเคราะห์มานั้น สามารถหาชุดพารามิเตอร์ได้เพียงแค่ชุดเดียว งานวิจัยนี้จึงสร้างแผนการทดลองขึ้นมาเพื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ ซึ่งการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์จะทำให้การสรุปผลของงานวิจัยนี้หลายหลากขึ้น

พารามิเตอร์ที่ทำการปรับเปลี่ยนมีสองปัจจัย คือ ค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตน (θ) และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจองเกิน (a_s, a_o) แยกแต่ละปัจจัยออกเป็นสามระดับ ดังนี้คือ $\theta \in \{0.8, 0.5, 0.3\}$ และ $(a_s, a_o) \in \{(4800, 4800), (4800, 9600), (9600, 4800)\}$ จากแนวความคิดของการสร้างแผนการทดลองอย่างง่าย (Complete Randomized Design, CRD) ได้แผนการทดลองทั้งหมดเก้าแผนการทดลอง (3*3) ตารางสรุปค่าพารามิเตอร์แต่ละแผนการทดลองเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.1 สรุปค่าพารามิเตอร์ในแต่ละแผนการทดลอง

θ	(a_s, a_o)	(a_s, a_o)	(a_s, a_o)
	(4800, 4800)	(4800, 9600)	(9600, 4800)
0.8	Ex.1	Ex.2	Ex.3
0.5	Ex.4	Ex.5	Ex.6
0.3	Ex.7	Ex.8	Ex.9

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นผลสรุปของงานวิจัย เริ่มต้นจากการสรุปค่าสรุปค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นจากข้อมูลจริงเพื่อนำไปใช้ในการหาระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของตัวแบบเชิงเส้น ต่อมาจะสรุประดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะในแต่ละแผนการทดลอง พร้อมกันนี้จะแสดงวิธีการทำงานของกระบวนการทำซ้ำของตัวแบบเชิงเส้น และท้ายสุดจะสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพต่อไป

4.1 สรุปค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

ผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจริงของสายการบินแห่งหนึ่งในประเทศไทย (ภาคผนวก) สายการบินให้ข้อมูลมาทั้งหมด 52 สัปดาห์ ประกอบด้วยอัตราการมาแสดงตนแต่ละสัปดาห์ ความจุมีค่าเท่ากับ 338 ที่นั่งและค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 4,800

ข้อมูลที่สายการบินอนุเคราะห์มานั้นจะนำมาเป็นค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของกระบวนการทำซ้ำของตัวแบบเชิงเส้น และจากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดได้ผลสรุปของพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแบบดังนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าของพารามิเตอร์เริ่มต้น

พารามิเตอร์	ค่า
ρ_1	0.945
(μ_1, σ_1^2)	(0.945, 0.03)
(a_1, b_1)	(62.327, 3.855)
$a_s = a_o$	4,800

4.2 สรุปผลระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ

ผู้วิจัยสร้างแผนการทดลองทั้งหมดเก้าแผนการทดลอง การหาระดับการจองเกินของตัวแบบเทียบสมรรถนะหาจากประพจน์ที่ 1 คือ

$$x_0^* = \arg\max\{x \in \chi_0 : (a_s + a_o)P(S_0(x-1) \geq c) \leq a_s\}$$

หลังจากได้ระดับการจองเกินแล้วจะนำระดับการจองเกินดังกล่าวทั้งเก้าแผนการทดลองมาคำนวณหาค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายโดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของตัวแบบเทียบสมรรถนะคือ

$$f_0(x) = (a_o + a_s)\sum_{k=c}^{x}[k-c]\binom{x}{k}\theta^k(1-\theta)^{x-k} - a_s\theta$$

ผลสรุปของระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลของระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ

θ	(a_s, a_o)	แผนการทดลองที่	ระดับการจองเกิน	ค่าคาดหมายค่าใช้จ่าย
0.8	(4800,4800)	1	422	31456.0
0.8	(4800,9600)	2	418	42542.3
0.8	(9600,4800)	3	427	43458.6
0.5	(4800,4800)	4	675	49769.6
0.5	(4800,9600)	5	664	67473.2
0.5	(9600,4800)	6	687	68595.1
0.3	(4800,4800)	7	1126	58884.4
0.3	(4800,9600)	8	1104	79863.3
0.3	(9600,4800)	9	1148	81140.6

หากเงื่อนไขการมาแสดงตนของผู้จองที่นั่งเป็นไปตามลักษณะสองประการตามสมมุติฐานของงานวิจัยนี้คือ การมาแสดงตนของผู้จองที่นั่งแต่ละคนเป็นอิสระต่อกัน และผู้จองที่นั่งมาแสดงตนด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันแล้ว ระดับการจองเกินที่ได้ในตัวแบบเทียบสมรรถนะจะให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ซึ่งในตอนท้ายของบทนี้จะทำการเปรียบเทียบค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายระหว่างตัวแบบเทียบสมรรถนะกับตัวแบบเชิงเส้นต่อไป

4.3 แสดงผลการทำงานของกระบวนการทำซ้ำ

กระบวนการทำซ้ำใช้ประมาณค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น ส่วนนี้จะแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการทำซ้ำแยกเป็นตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด ปกติและเบต้ามาตรฐาน ตามลำดับ กระบวนการทำซ้ำ ประกอบไปด้วย กระบวนการหาค่าที่เหมาะที่สุด กระบวนการเก็บข้อมูล และ กระบวนการพยากรณ์

ช่วงเวลาเริ่มต้น (t+1) กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจะใช้พารามิเตอร์เริ่มต้นจากข้อมูลจริง (ตารางที่ 1)

กระบวนการเก็บข้อมูลเป็นขั้นตอนของเก็บข้อมูลของจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนจากนโยบายการจองเกินที่ได้ในขั้นตอนแรก งานวิจัยนี้กำหนดให้ สายการบินปรับพารามิเตอร์ทุกสัปดาห์ โดยแต่ละสัปดาห์จะมีเที่ยวบินทั้งหมด 30 เที่ยวบิน (m=30) แต่ละเที่ยวบินจะทำการบันทึกว่ามีผู้จองที่มาแสดงตนกี่คนจากนโยบายการจองเกินดังกล่าว ต่อจากนั้นจะนำมาหาอัตราการมาแสดงตน เนื่องจากข้อจำกัดด้านข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้กลไกการจำลองแบบมอนติคาร์โล มาใช้สร้างจำนวนผู้จองที่มาแสดงตน

กระบวนการพยากรณ์ เป็นขั้นตอนของการหาพารามิเตอร์เพื่อมาใช้สร้างนโยบายการจองเกินสัปดาห์ต่อไป กำหนดให้ ค่าถ่วงน้ำหนักแบบวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลของตัวแบบเชิงเส้นที่ i คือ 0.5 ($\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 0.5$)

ผู้วิจัยอธิบายกระบวนการทำซ้ำ โดยเลือกอธิบายโดยใช้แผนการทดลองที่ 1 (ตารางที่ 3.1) และจะอธิบายผลการทำงานของกระบวนการทำซ้ำทั้งสิ้น 2 สัปดาห์ เนื่องจากสัปดาห์ต่อไปจะดำเนินการในลักษณะเดียวกัน

4.3.1 ผลการทำงานของกระบวนการทำซ้ำสัปดาห์ที่ 1 (t=1)

4.3.1.1 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

จากค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น หาค่าระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเชิงกำหนดได้จากประพจน์ที่ 2 ส่วนตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบปกติและแบบเบต้ามาตรฐานหาระดับการจองเกินได้จากประพจน์ที่ 3

จากนั้นจะนำระดับการจองเกินที่ได้จากแต่ละตัวแบบเชิงเส้น มาหาค่าคาดหมายค่าใช้จ่าย โดยการใช้ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ $f_0(x_{ijk})$ ผลสรุปของระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นในสัปดาห์ที่ 1

ตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด		ตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงปกติ		ตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเบต้ามาตรฐาน	
x_{11}	$f_0(x_{11})$	x_{21}	$f_0(x_{21})$	x_{31}	$f_0(x_{31})$
358	247,680	358	247,680	357	251,520

ให้ $H_{i0} = \phi$ และจะทำการบันทึกค่าใช้จ่ายเพื่อหาค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยของแต่ละตัวแบบเชิงเส้น นั่นคือ $H_{i1} = \phi \cup \{ 247,680,\ 247,680, 251,520\}$

4.3.1.2 กระบวนการเก็บข้อมูล

จากระดับการจองเกินดังกล่าวจะนำมาใช้กำหนดนโยบายการจองเกินในช่วงสัปดาห์ที่ 1 จำนวนคนที่มาแสดงตนจากแต่ละระดับการจองเกินในสัปดาห์ที่ 1 ซึ่งมีทั้งหมด 30 เที่ยวบิน เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนและอัตราการมาแสดงตนในสัปดาห์ที่ 1

เที่ยวบิน	$x_{11} = 358$		$x_{21} = 358$		$x_{31} = 357$	
t= 1	s_{1j1}	r_{1j1}	s_{2j1}	r_{2j1}	s_{3j1}	r_{3j1}
1	286	0.799	286	0.799	286	0.801
2	282	0.788	282	0.788	281	0.787
3	276	0.771	276	0.771	275	0.770
4	278	0.777	278	0.777	278	0.779
5	293	0.818	293	0.818	292	0.818
6	276	0.771	276	0.771	275	0.770
7	289	0.807	289	0.807	289	0.810
8	292	0.816	292	0.816	291	0.815
9	289	0.807	289	0.807	288	0.807
10	291	0.813	291	0.813	290	0.812
11	290	0.810	290	0.810	289	0.810
12	299	0.835	299	0.835	298	0.835
13	288	0.804	288	0.804	287	0.804
14	270	0.754	270	0.754	270	0.756
15	284	0.793	284	0.793	284	0.796
16	291	0.813	291	0.813	290	0.812
17	286	0.799	286	0.799	285	0.798
18	287	0.802	287	0.802	286	0.801
19	291	0.813	291	0.813	290	0.812
20	277	0.774	277	0.774	276	0.773
21	300	0.838	300	0.838	299	0.838
22	280	0.782	280	0.782	279	0.782
23	289	0.807	289	0.807	288	0.807
24	278	0.777	278	0.777	277	0.776
25	271	0.757	271	0.757	271	0.759
26	279	0.779	279	0.779	278	0.779
27	280	0.782	280	0.782	280	0.784
28	275	0.768	275	0.768	275	0.770
29	292	0.816	292	0.816	291	0.815
30	290	0.810	290	0.810	289	0.810

จุดประสงค์ของขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลคือ การนำเอาอัตราการมาแสดงตนในสัปดาห์นี้ไปพยากรณ์ระดับการจองเกินในช่วงเวลาต่อไป จากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของ r_{ij1} ได้ค่า $\hat{r}_{11} = 0.796$ $\hat{r}_{21} = (0.796, 0.021)$ และ $\hat{r}_{31} = (297.492, 76.161)$ จะนำค่าดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการพยากรณ์ต่อไปดังนี้

4.3.1.3 กระบวนการพยากรณ์

จากการให้ความสำคัญทั้งข้อมูลพารามิเตอร์ของอัตราการมาแสดงตนทั้งในอดีตและปัจจุบัน ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ในวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล พารามิเตอร์ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 คือ $y_{i,2} = \gamma_i \hat{r}_{i1} + (1-\gamma_i) y_{i1}$ ดังนั้นพารามิเตอร์ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 เป็นดังนี้

$$\rho_2 = 0.5^* (0.796) + 0.5^*(0.945) = 0.871$$

$$\mu_2 = 0.5^* (0.796) + 0.5^*(0.945) = 0.871$$

$$\sigma_2 = 0.5^* (0.021) + 0.5^*(0.03) = 0.026$$

$$a_2 = 0.5^* (297.492) + 0.5^*(62.327) = 179.91$$

$$b_2 = 0.5^* (76.161) + 0.5^*(3.855) = 40.008$$

4.3.2 ผลการทำงานของกระบวนการทำซ้ำสัปดาห์ที่ 2 (t=2)

4.3.2.1 กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

จากค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนของการพยากรณ์ในสัปดาห์ที่ 1 ได้ค่าระดับการจองเกินและค่าใช้จ่ายในสัปดาห์ที่ 2 ดังนี้คือ

ตารางที่ 4.5 แสดงระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นในสัปดาห์ที่ 2

ตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด		ตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงปกติ		ตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเบต้ามาตรฐาน	
x_{12}	$f_0(x_{12})$	x_{22}	$f_0(x_{22})$	x_{32}	$f_0(x_{32})$
388	132,480	388	132,480	413	43,568

ทำการบันทึกค่าใช้จ่ายรวมกับช่วงสัปดาห์ที่ 1 ดังนี้

$H_{i1} = \{ 247{,}680,\ 247{,}680, 251{,}520\} \cup \{ 132{,}480, 132{,}480, 43{,}568\}$

4.3.2.2 กระบวนการเก็บข้อมูล

จากระดับการจองเกินดังกล่าวจะนำมาใช้กำหนดนโยบายการจองเกินในช่วงสัปดาห์ที่ 2 จำนวนคนที่มาแสดงตนจากแต่ละระดับการจองเกินในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งมีทั้งหมด 30 เที่ยวบิน เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนผู้จองที่มาแสดงตนและอัตราการมาแสดงตนในสัปดาห์ที่ 2

เที่ยวบิน	$x_{12} = 388$		$x_{22} = 388$		$x_{32} = 413$	
t=2	s_{1j2}	r_{1j2}	s_{2j2}	r_{2j2}	s_{3j2}	r_{3j2}
1	303	0.781	303	0.781	321	0.777
2	306	0.789	306	0.789	325	0.787
3	310	0.799	310	0.799	328	0.794
4	308	0.794	308	0.794	329	0.797
5	299	0.771	299	0.771	318	0.770
6	303	0.781	303	0.781	321	0.777
7	311	0.802	311	0.802	329	0.797
8	313	0.807	313	0.807	333	0.806
9	321	0.827	321	0.827	342	0.828
10	312	0.804	312	0.804	331	0.801
11	318	0.820	318	0.820	337	0.816
12	325	0.838	325	0.838	346	0.838
13	311	0.802	311	0.802	331	0.801
14	318	0.820	318	0.820	335	0.811
15	310	0.799	310	0.799	330	0.799
16	285	0.735	285	0.735	308	0.746
17	323	0.832	323	0.832	341	0.826
18	302	0.778	302	0.778	323	0.782
19	308	0.794	308	0.794	327	0.792
20	307	0.791	307	0.791	331	0.801
21	303	0.781	303	0.781	322	0.780
22	310	0.799	310	0.799	332	0.804
23	308	0.794	308	0.794	332	0.804
24	311	0.802	311	0.802	330	0.799
25	314	0.809	314	0.809	335	0.811
26	319	0.822	319	0.822	337	0.816
27	303	0.781	303	0.781	322	0.780
28	305	0.786	305	0.786	322	0.780
29	298	0.768	298	0.768	322	0.780
30	311	0.802	311	0.802	329	0.797

จากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของ r_{ij2} ได้ค่า $\hat{r}_{12} = 0.797$ $\hat{r}_{22} = (0.797, 0.021)$ และ $\hat{r}_{32} = (368.079, 94.025)$ จะนำค่าดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการพยากรณ์ต่อไปดังนี้

4.3.2.3 กระบวนการพยากรณ์

พารามิเตอร์ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 คือ $y_{i,3} = \gamma_i \hat{r}_{i3} + (1-\gamma_i) y_{i2}$ ดังนั้นพารามิเตอร์ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 เป็นดังนี้

$$\rho_3 = 0.5^* (0.797) + 0.5^*(0.871) = 0.834$$

$$\mu_3 = 0.5^* (0.797) + 0.5^*(0.871) = 0.834$$

$$\sigma_3 = 0.5^* (0.021) + 0.5^*(0.026) = 0.024$$

$$a_3 = 0.5^* (368.079) + 0.5^*(179.910) = 273.995$$

$$b_3 = 0.5^* (94.025) + 0.5^*(40.008) = 67.017$$

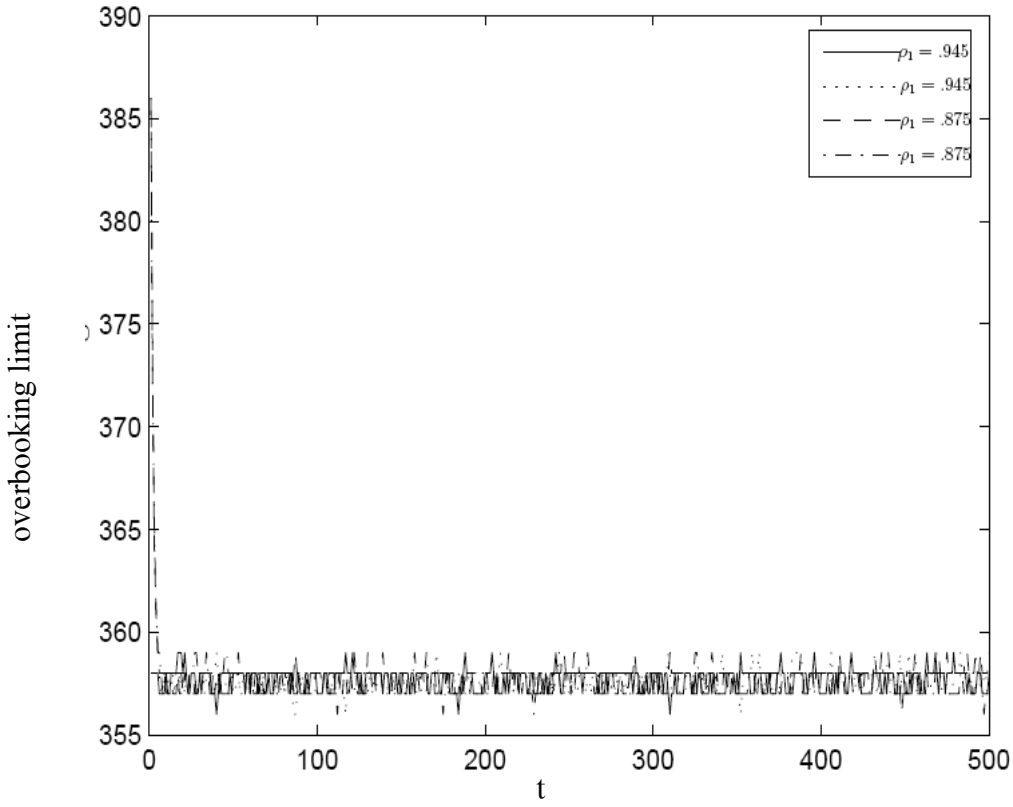
นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปใช้ในการหาค่าระดับการจองเกินในช่วงสัปดาห์ที่ 3 โดยกระบวนการทำซ้ำจะดำเนินอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ

4.4 ผลการทดลองเชิงตัวเลข

4.4.1 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับ

ผู้วิจัยสรุปพฤติกรรมเชิงเส้นกำกับเพียงแค่พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด (พฤติกรรมระยะยาวของการแจกแจงอื่นมีลักษณะเหมือนกัน) กำหนดให้อัตราการมาแสดงตนมีค่าต่างกัน 2 ค่า $\rho_1 \in \{0.945, 0.875\}$ โดยแต่ละค่าจะทำการทดลอง 2 ครั้ง เพื่อพิจารณาว่ามีการลู่เข้าหรือไม่ แต่ละครั้งของการทดลองกำหนดให้ช่วงเวลาการตัดสินใจคือ 500 (500 สัปดาห์) ผลสรุปพฤติกรรมเชิงเส้นกำกับเป็นดังนี้

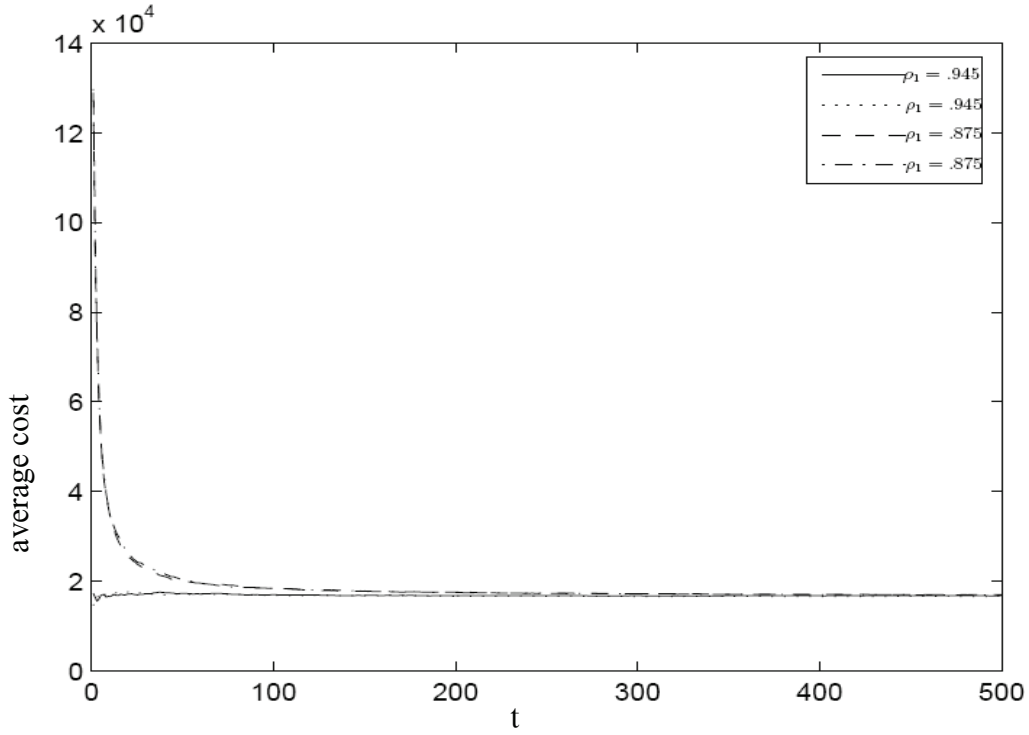
4.4.1.1 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของระดับการจองเกิน



ภาพที่ 4.1 แสดงพฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของระดับการจองเกินในตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด

จากภาพ 4.1 พบว่าลำดับของระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนดไม่มีการลู่เข้า โดย ρ_1 เท่ากับ 0.945 ของการทดลองครั้งแรก ลำดับของระดับการจองเกินห้าตำแหน่งหลังสุดมีค่าเท่ากับ 357 357 357 357 358 ตามลำดับ ในขณะที่การทดลองครั้งที่สองลำดับของระดับการจองเกินห้าตำแหน่งหลังมีค่าเท่ากับ 357 358 358 357 358 ตามลำดับ

4.4.1.2 ผลวิเคราะห์พฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของค่าคาดหมายค่าใช้จ่าย



ภาพที่ 4.2 แสดงพฤติกรรมเชิงเส้นกำกับของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายในตัวแบบเชิงเส้นที่อัตราการแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด

จากภาพที่ 4.2 พบว่าค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายมีการลู่เข้าสู่ค่าคงที่ค่าหนึ่งด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 โดย $\rho_1 = 0.945$ และ $\rho_2 = 0.875$ ของการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายลู่เข้าที่ค่าเดียวกันที่ประมาณ 16600 บาท แต่ไม่ลู่เข้าไปสู่ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ

การที่ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายในระยะยาวของตัวแบบเชิงเส้นนั้นลู่เข้า ทำให้การศึกษาผลกระทบของการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติผ่านการเปรียบเทียบค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายนั้นทำได้แม่นยำขึ้น สังเกตได้ว่าผู้วิจัยเลือกศึกษาเปรียบเทียบค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายแต่ไม่เปรียบเทียบผลกระทบด้วยระดับการจองเกิน เนื่องจากในระยะยาวแล้วพฤติกรรมของระดับการจองเกินนั้นไม่ลู่เข้า

4.4.2 การประเมินประสิทธิภาพ

จากรายละเอียดของหัวข้อ 4.3 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการทำซ้ำที่สายการบินใช้ในการหาระดับการจองเกินและค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น ในหัวข้อนี้จะนำค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายในแต่ละแผนการทดลองของตัวแบบเทียบสมรรถนะ ที่แสดงในหัวข้อ 4.1 มาทำการเปรียบเทียบกับค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น

งานวิจัยนี้ประมาณค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นด้วยกระบวนการทำซ้ำ ขั้นตอนของกระบวนการทำซ้ำอาศัยวิธีการจำลองในการสร้าง s_{ijt} แต่ละซ้ำของการจำลองกำหนดให้ t = 400 (ภาพที่ 4.2 สังเกตว่า t = 400 ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายอยู่ในสภาวะคงที่) ผู้วิจัยกำหนดการทำซ้ำทั้งหมด 300 ซ้ำ ผลของการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบแสดงดังตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพ

แผนการทดลองที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
θ =	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
a_s =	4,800	4,800	9,600	4,800	4,800	9,600	4,800	4,800	9,600
a_o =	4,800	9,600	4,800	4,800	9,600	4,800	4,800	9,600	4,800
ตัวแบบเทียบสมรรถนะ									
Mean	31,456.0	42,542.3	43,458.6	49,769.6	67,473.2	68,595.1	58,884.4	79,863.3	81,140.6
ตัวแบบเชิงเส้น (แจกแจงเชิงกำหนด)									
Mean	32,577.5	47,877.6	49,049.9	53,986.8	78,414.3	82,946.1	66,244.9	95,203.0	103,342.7
%Dif	3.6	12.5	12.9	8.5	16.2	20.9	12.5	19.2	27.4
S.E	35.0	32.4	73.2	127.4	121.6	261.1	206.1	198.8	421.4
ตัวแบบเชิงเส้น (แจกแจงปกติ)									
Mean	32,598.6	43,879.9	45,449.5	53,989.9	71,840.8	76,698.9	66,270.6	87 ,461.9	95,679.5
% Dif	3.6	3.1	4.6	8.5	6.5	11.8	12.5	9.5	17.9
S.E	34.9	36.5	65.6	127.5	127.1	253.9	206.5	205.2	415.0
ตัวแบบเชิงเส้น (แจกแจงเบต้ามาตรฐาน)									
Mean	32,252.0	43,502.3	44,810.5	52,264.6	70,063.2	73,493.6	62,749.0	84,047.1	88,700.2
% Dif	2.5	2.3	3.1	5.0	3.8	7.1	6.6	5.2	9.3
S.E	31.8	32.5	60.7	105.5	103.8	212.3	158.8	158.2	319.1

จากตารางสังเกตว่าจะมีแผนการทดลองทั้งหมดเก้าแผนการทดลอง (จากตารางที่ 3.1) ค่า Meanในตารางคือ ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบ ค่า % Dif ของตารางคือ ร้อยละของความแตกต่างของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นเทียบกับตัวแบบเทียบสมรรถนะ ค่า S.E คือค่าคาดเคลื่อนมาตรฐาน การวิเคราะห์แยกประเด็นเป็นดังนี้

4.4.2.1 ประเด็นผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบเชิงเส้น

ตัวแบบเชิงเส้นจะเป็นตัวแบบที่ไม่ถูกต้องในทางสถิติหากเงื่อนไขการมาแสดงตนของผู้จองตรงตามสองประการคือ ผู้จองมีอิสระต่อกันในการมาแสดงตน และความน่าจะเป็นที่ผู้จองมาแสดงตนใกล้เคียงกัน

ผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้นวัดได้ด้วยค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น สังเกตว่าค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นทุกการแจกแจงในแต่ละแผนการทดลองสูงกว่าค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของการใช้ตัวแบบเทียบสมรรถนะ ภาพรวมของผลกระทบทางธุรกิจจากการใช้ตัวแบบเชิงเส้นเกิดขึ้นโดยประมาณร้อยละ 2 ถึง 27 แสดงให้เห็นว่ามีผลกระทบทางธุรกิจเกิดขึ้นจากการใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดหลักทางสถิติ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้นจะไม่ถูกหลักทางสถิติหากเงื่อนไขการมาแสดงตนตรงตามที่กล่าวไป แต่ตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้นก็เป็นตัวแบบที่มีความแกร่ง (Robustness) กล่าวคือ ตัวแบบเชิงเส้นจะมีความแกร่งเมื่อ ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นไม่ต่างจากค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะ หรือ มีค่า %Dif น้อยนั่นเอง จะเห็นว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเบต้ามาตรฐานนั้นมีความแกร่งมากที่สุด เพราะว่ามี % Dif เพียง ร้อยละ 2 ถึง 9 นั่นแสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเบต้ามาตรฐานใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายที่ได้ในตัวแบบเทียบสมรรถนะมากที่สุดหากเทียบกับตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเชิงกำหนดและแบบปกติ ในขณะที่ % Dif ของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติอยู่ที่ ร้อยละ 3 ถึง 18 และ % Dif ของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนดอยู่ที่ ร้อยละ 4 ถึง 27 ตามลำดับ

4.4.2.2 ผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบเชิงเส้นต่อความน่าจะเป็นในการมาแสดงตน

แผนการทดลองที่ 1 ถึง 3 มีค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนเท่ากับ 0.8 % Dif ของตัวแบบเชิงเส้นทั้ง 3 การแจกแจงประมาณร้อยละ 2 ถึง 13 แผนการทดลองที่ 4 ถึง 6 มีค่าความน่าจะเป็นที่จะมาแสดงตนเท่ากับ 0.5 % Dif ของตัวแบบเชิงเส้นทั้ง 3 การแจกแจงประมาณร้อยละ 4 ถึง 21 และแผนการทดลองที่ 7 ถึง 9 มีค่าความน่าจะเป็นที่จะมาแสดงตนเท่ากับ 0.3

% Dif ของตัวแบบเชิงเส้นทั้ง 3 การแจกแจงประมาณร้อยละ 5 ถึง 27 จะเห็นว่าเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะมาแสดงตนลดลง ค่า % Dif จะเพิ่มขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าเมื่อความน่าจะเป็นที่จะมาแสดงตนลดลง ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นนั้นสูงกว่าค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะมากขึ้น ดังนั้นความแม่นยำของตัวแบบเชิงเส้นซึ่งผิดสมมุติฐานทางสถิติจะลดลงเมื่อค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนของผู้จองลดลงนั่นเอง

4.4.2.3 ผลกระทบทางธุรกิจของการใช้ตัวแบบเชิงเส้นต่อค่าใช้จ่ายจากการจองเกิน

ตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้นเป็นตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ ผู้วิจัยแยกอัตราการมาแสดงตนของตัวแบบเชิงเส้นออกเป็นสามการแจกแจง สรุปได้ว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเบต้ามาตรฐานมีประสิทธิภาพดีที่สุดหรือมีความแกร่งที่สุดเมื่อเทียบกับตัวแบบเชิงเส้นที่เหลือ

จากภาพรวมจะเห็นว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบปกตินั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเชิงกำหนด นั่นคือ % Dif ทั้งหมด 6 แผนการทดลองของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกตินั่นน้อยว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเชิงกำหนด ยกเว้นแผนการทดลองที่ 1 4 และ 7 ที่ % Dif ของตัวแบบทั้ง 2 เท่ากัน

แผนการทดลองที่ 1 4 และ 7 นั้น มีค่าใช้จ่ายจากการจองเกินดังนี้คือ (a_s, a_o)= (4,800, 4,800) ดังนั้นแสดงว่าหากค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีความจุเหลือเท่ากับค่าจ่ายในกรณีที่ผู้จองมาแสดงตนเกินความจุแล้วตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเชิงกำหนดมีประสิทธิภาพในการหาระดับการจองเกินเท่ากับตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติ เหตุผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยประพจน์ที่ใช้ในการหาระดับการจองเกินในบทที่ 3 กล่าวคือ การหาระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเชิงกำหนดในประพจน์ที่ 2 นั่นไม่ได้ใช้ค่าใช้จ่ายจากการจองเกินแต่อย่างใด ในขณะที่การหาค่าระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบปกติในประพจน์ที่ 3 นั้นมีการใช้ค่าใช้จ่ายจากการจองเกิน การหาค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้น หาจากกระบวนการทำซ้ำซึ่งจะทำการปรับ (Update) ค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นตัวแบบเชิงเส้นที่มีการแจกแจงเชิงกำหนดจะปรับเพียงแค่พารามิเตอร์ของอัตราการมาแสดงตนเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบปกตินั้นจะปรับทั้งอัตราการมาแสดงตนและค่าใช้จ่าย ดังนั้นในแผนการทดลองอื่นๆ ที่ค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีความจุเหลือไม่เท่ากับค่าจ่ายในกรณีผู้จองมาแสดงตนเกินความจุนั้นตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงปกติจึงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของการใช้ตัวแบบการจองเกินที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ สายการบินนำตัวแบบการจองเกินมาใช้เพื่อลดความเสี่ยงที่เกิดจากพฤติกรรมการจองของผู้จอง ตัวแปรตัดสินใจของตัวแบบการจองเกินคือ ระดับการจองเกินและระดับการจองเกินที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจองเกินนั้นแตกต่างกัน ผู้วิจัยสนใจผลกระทบของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายเมื่อมีการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ

ระดับการจองเกินขึ้นอยู่กับฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตน งานวิจัยกลุ่มหนึ่งพิจารณาฟังก์ชันของจำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนตามความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับการจองเกินกับอัตราการมาแสดงตน ($S(x) = xR$) ซึ่งรูปแบบนี้ผิดหลักทางสถิติเนื่องจากหากผู้จองแต่ละคนมาแสดงตนอย่างเป็นอิสระต่อกันด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ θ แล้ว จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนควรมีการแจกแจงทวินามพารามิเตอร์ x และ θ

ผู้วิจัยศึกษาผลกระทบโดยการสร้างตัวแบบการจองเกินสองตัวแบบ คือ ตัวแบบเทียบสมรรถนะ ตัวแบบนี้ถูกต้องทางสถิติเมื่อเงื่อนไขสอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัย จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนแจกแจงทวินาม ตัวแบบที่สองคือ ตัวแบบเชิงเส้น เป็นตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติ จำนวนผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนเกิดจากผลคูณของระดับการจองเกินกับอัตราการมาแสดงตน อัตราการมาแสดงตนเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงสามแบบ คือ การแจกแจงเชิงกำหนด การแจกแจงปกติและการแจกแจงเบต้ามาตรฐาน

หากสายการบินใช้วิธีการหาระดับการจองเกินจากตัวแบบเทียบสมรรถนะ สายการบินจะได้ระดับการจองเกินที่เหมาะที่สุดซึ่งทำให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินนั้นต่ำที่สุด แต่ในทางปฏิบัติ สายการบินอาจไม่ได้ใช้ตัวแบบเทียบสมรรถนะในการหาระดับการจองเกินแต่ใช้ตัวแบบฮิวริสติกส์ ซึ่งในงานวิจัยหมายถึง ตัวแบบเชิงเส้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงอ้างอิงว่าสายการบินใช้ตัวแบบเชิงเส้นในการหาระดับการจองเกิน ดังนั้นค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นจะปฏิบัติเหมือนการดำเนินงานจริงของสายการบิน กล่าวคือ สายการบินจะมีกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระดับการจองเกิน กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของอัตรา

การมาแสดงตน กระบวนการพยากรณ์พารามิเตอร์ของอัตราการมาแสดงตน ซึ่งทั้งสามขั้นตอนนี้ตรงกับกระบวนการทำซ้ำของงานวิจัย และผู้วิจัยได้สร้างแผนการทดลองทั้งสิ้นเก้าแผน เพื่อศึกษาผลกระทบต่อการใช้ตัวแบบที่ผิดสมมุติฐานทางสถิติต่อไป

5.1 สรุปผล

จากการเปรียบเทียบค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายในการหาระดับการจองเกินระหว่างตัวแบบเทียบสมรรถนะกับตัวแบบเชิงเส้นทั้งเก้าแผนการทดลอง พบว่าการใช้ตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้นซึ่งผิดสมมุติฐานทางสถิตินั้นส่งผลกระทบทำให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายจากการจองเกินนั้นสูงกว่าการใช้ตัวแบบเทียบสมรรถนะอยู่ประมาณร้อยละ 2 ถึง 27

แม้ว่าตัวแบบเชิงเส้นจะผิดสมมุติฐานทางสถิติหากผู้จองมาแสดงตนด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันและเป็นอิสระต่อกัน อย่างไรก็ตามการทำงานของตัวแบบเชิงเส้นนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตน กล่าวคือตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐานนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุดหรือมีความแกร่งที่สุด เนื่องจากทุกแผนการทดลองมีค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับตัวแบบเทียบสมรรถนะมากที่สุดและส่วนใหญ่จะมีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ต่ำกว่าการแจกแจงอื่นด้วย การแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐานค่าที่เป็นไปได้ของตัวแปรสุ่มอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งตรงตามลักษณะของอัตราการมาแสดงตนซึ่งทำให้ตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงเบต้ามาตรฐานนั่นมีความแม่นยำ

ทั้งนี้ประสิทธิภาพการทำงานของตัวแบบการจองเกินแบบเชิงเส้นยังขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ ผู้วิจัยทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ทั้งสิ้นสองปัจจัย การปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในส่วนของความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนพบว่าเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะมาแสดงตนลดลง ร้อยละความแตกต่างของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นกับตัวแบบเทียบสมรรถนะจะมากขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการหาระดับการจองเกินของตัวแบบเชิงเส้นจะลดลงเมื่อค่าความน่าจะเป็นที่จะมาแสดงตนลดลง และสำหรับการปรับเปลี่ยนค่าใช้จ่ายจากการจองเกินพบว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบเชิงกำหนดจะมีประสิทธิภาพการทำงานใกล้เคียงกับตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติเมื่อค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีความจุเหลือเท่ากับค่าจ่ายในกรณีที่ผู้จองมาแสดงตนเกินความจุ ($a_s = a_o$) แต่หากค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีความจุเหลือไม่เท่ากับค่าใช้จ่ายกรณีที่ผู้จองมาแสดงตนเกินความจุ ($a_s \neq a_o$) แล้วตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแจกแจงแบบปกติจะมีประสิทธิภาพการ

ทำงานที่ดีกว่า นั่นคือให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่านั่นเอง

5.2 อภิปรายผล

จากผลสรุปของงานวิจัยอภิปรายได้ว่าตัวแบบเชิงเส้นซึ่งเป็นตัวแบบที่ผิดหลักสมมุติฐานทางสถิติจะมีประสิทธิภาพในการหาระดับการจองเกินเมื่อค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนสูง สังเกตได้ว่าเมื่อค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนสูง ร้อยละความแตกต่างของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเชิงเส้นไม่ต่างจากค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายของตัวแบบเทียบสมรรถนะมาก ดังนั้นหากสายการบินเก็บข้อมูลของผู้จองที่นั่งที่มาแสดงตนแล้วพบว่าค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนสูง สายการบินสามารถเลือกใช้ตัวแบบเชิงเส้นได้ แต่หากค่าความน่าจะเป็นในการมาแสดงตนต่ำ สายการบินจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการใช้ตัวแบบเชิงเส้นหาระดับการจองเกิน

ประเด็นต่อมาเกี่ยวกับความแกร่งของตัวแบบเชิงเส้น (Robustness of Linear Model) ตัวแบบเชิงเส้นจะแกร่งก็ต่อเมื่อระดับการจองเกินที่หาได้ทำให้ค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายนั่นใกล้เคียงกับตัวแบบเทียบสมรรถนะ ตัวแบบเชิงเส้นที่มีความแกร่งมากทำให้ผู้ใช้มีความมั่นใจในการใช้มากขึ้น จากการแจกแจงของอัตราการมาแสดงตนทั้งสาม พบว่าตัวแบบเชิงเส้นที่มีอัตราการมาแสดงตนแบบเบต้ามาตรฐานมีความแกร่งมากที่สุด เพราะมีร้อยละของความแตกต่างของค่าคาดหมายค่าใช้จ่ายต่ำสุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในอนาคตสามารถขยายต่อจากงานวิจัยนี้หลายประเด็น เช่น งานวิจัยนี้กำหนดให้ความจุบนเครื่องบินคงที่ งานวิจัยในอนาคตอาจกำหนดให้ความจุของเครื่องบินเป็นตัวแปรสุ่ม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kasilingam (1997) ประเด็นของความแกร่งของตัวแบบเชิงเส้นกล่าวคือ งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าอัตราการมาแสดงตนของตัวแบบเชิงเส้นที่มีการแจกแจงแบบเบต้ามาตรฐานนั่นมีประสิทธิภาพที่สุด งานวิจัยในอนาคตอาจจะพิจารณาการแจกแจงแบบอื่น หรืออาจมุ่งพิจารณาไปที่เทคนิคการพยากรณ์แบบอื่นนอกจากวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล เป็นต้น

บรรณานุกรม

Bailey, J. 2007. Bump Fliers and No Plan B. **The New York Times.** Retrieved May 30, 2007 from http://www.nytimes.com/2007/05/30/business/30bump.html

Bazaraa, M.S. Sherali, H.D. and Shetty, C.M. 2006. **Nonlinear Programming: Theory Algorithms.** New York: John Wiley & Sons, Inc.

Chatwin, R.E. 1999. Continuous-Time Airline Overbooking with Time Dependent Fares and Refunds. **Transportation Science.** 33 (May): 182–191.

Chiang, W.C.; Chen, J.C.H. and Xu, X. 2007. An Overview of Research on Revenue Management: Current Issues and Future Research. **International Journal of Revenue Management.** 1 (January): 97-128.

Cooper, W.L.; Homen-de-Mello, T. and Kleywegt, A. J. 2006. Models of the Spiral-Down Effect in Revenue Management. **Operations Research.** 54 (May): 968-987.

Coughlan, J. 1999. Airline Overbooking in the Multi-Class Case. **Journal of the Operational Research Society.** 50 (November): 1098–1103.

Hadjinicola, G.C. and Panayi, C. 1997. The Overbooking Problem in Hotels With Multiple Tour Operators. **International Journal of Operations & Production Management.** 17 (September): 874–885.

Hausman, J.A. 1978. Specification Test in Econometrics. **Econometrica.** 46 (November) :1257-1271.

Kasilingam, R.G. 1997. An Economic Model for Air Cargo Overbooking Under Stochastic Capacity. **Computers & Industrial Engineering.** 32 (January): 221–226.

Klophaus, R. 1999. Airline Overbooking With Dynamic Spoilage Costs. **Journal of Revenue and Pricing Management.** 6 (December): 9-18.

Luo, S.; Cakanyildrim, M. and Kasilingam, R.G. 2009. Two-Dimensional Cargo Overbooking Models. **European Journal of Operational Research.** 197 (3): 862-883.

Makridakos, S.; Wheelwright, S.C. and Hyndman, R.J. 1998. **Forecasting: Methods and Applications.** New York: John Wiley & Sons, Inc.

McGill, J.I. and van Ryzin, G.J. 1999. Revenue Management: Research Overview and Prospects. **Transportation Science.** 33 (May): 233–256.

Pkillips, R.L. 2005. **Pricing and Revenue Optimization.** California: Stanford University Press.

Popescu, A.; Keskinocak, P.; Johnson, E.; LaDue, M. and Kasilingam, R. 2006. Estimating Air-Cargo Overbooking Based on a Discrete Show-Up-Rate Distribution. **Interfaces.** 36 (May-June): 248-258.

Rothstein, M. 1985. O.R. and the Airline Overbooking Problem. **Operations Research.** 33 (Mar): 237–248.

Shaked, M. and Shanthikumar, J.G. 1990. Convexity of a Set of Stochastically Ordered Random Variables. **Advances in Applied Probability.** 22 (January): 160-177.

Shaked, M. and Shanthikumar, J.G. 1994**. Stochastically Orders and Their Applications.** New York: Academic Press.

Shlifer, R. and Vardi, Y. 1975. An Airline Overbooking Policy. **Transportation Science.** 9 (June): 101–114.

Subramanian, J.; Stidham, S. and Lautenbacher, C. 1999. Airline Yield Management With Overbooking, Cancellation, and No-Shows. **Transportation Science.** 33 (May): 147-167.

Talluri, K.T. and van Ryzin, G.J. 2004. **Theory and Practice of Revenue Management.** Massacchusetts: Kluwer Academic Publishers.

Thomson, H.R. 1961. Statistic Problems in Airline Reservation Control. **Operations Research Quarterly.** 12: 167-185.

Toh, R.S. and Dekay, F. 2002. Hotel Room-Inventory Management. **Cornell Hotel & Restaurant Administratio.** 43 (August): 79–90.

ภาคผนวก

ข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

วันที่ออกเดินทาง (Departure Date)	อัตราการมาแสดงตน (Show-Ups Rate)
6-ม.ค.-07	0.93
13-ม.ค.-07	0.96
20-ม.ค.-07	0.95
27-ม.ค.-07	0.93
3-ก.พ.-07	0.97
10-ก.พ.-07	0.94
17-ก.พ.-07	0.93
24-ก.พ.-07	0.95
3-มี.ค.-07	0.92
10-มี.ค.-07	0.93
17-มี.ค.-07	0.96
24-มี.ค.-07	0.96
31-มี.ค.-07	0.94
7-เม.ย.-07	0.93
14-เม.ย.-07	0.96
21-เม.ย.-07	0.95
28-เม.ย.-07	0.96
5-พ.ค.-07	0.88
12-พ.ค.-07	0.93
19-พ.ค.-07	0.92
26-พ.ค.-07	0.99
2-มิ.ย.-07	0.94
9-มิ.ย.-07	0.91
16-มิ.ย.-07	0.97
23-มิ.ย.-07	0.91

วันที่ออกเดินทาง (Departure Date)	อัตราการมาแสดงตน (Show-Ups Rate)
30-มิ.ย.-07	0.98
7-ก.ค.-07	0.92
14-ก.ค.-07	0.90
21-ก.ค.-07	0.93
28-ก.ค.-07	0.90
4-ส.ค.-07	0.95
11-ส.ค.-07	0.98
18-ส.ค.-07	0.96
25-ส.ค.-07	0.99
1-ก.ย.-07	0.97
8-ก.ย.-07	0.94
15-ก.ย.-07	0.95
22-ก.ย.-07	0.97
29-ก.ย.-07	0.97
6-ต.ค.-07	0.93
13-ต.ค.-07	0.98
20-ต.ค.-07	0.97
27-ต.ค.-07	0.98
3-พ.ย.-07	0.91
10-พ.ย.-07	0.94
17-พ.ย.-07	0.97
24-พ.ย.-07	0.96
1-ธ.ค.-07	0.97
8-ธ.ค.-07	0.90
15-ธ.ค.-07	0.93
22-ธ.ค.-07	0.97
29-ธ.ค.-07	0.92

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ชื่อสกุล	นายปฏิภาณ แซ่หลิ่ม
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติ) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีที่สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2549
ประวัติการทำงาน	เจ้าหน้าที่วิจัยธุรกิจ ฝ่ายวิจัยธุรกิจ สายงาน บริหารความเสี่ยงและบรรษัทภิบาล ธนาคารกรุงไทย จำกัดมหาชน
ประสบการณ์ทางวิชาการ ผลงานทางวิชาการ รางวัลหรือทุนการศึกษา	นักศึกษาที่มีผลการเรียนดีเด่น ของภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2548 ได้รับทุน ทองอยู่ กรัดเกษ ของภาควิชา คณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2548 ได้รับพระราชทานเข็มรางวัลเรียน ดีเด่น ทุนภูมิพล ปีการศึกษา 2549 รางวัลผู้ได้คะแนนยอดเยี่ยม หลักสูตรวิทยา ศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จากมูลนิธิ ศาสตราจารย์ ดร.แถบ นีละนิธิ

ได้รับทุนส่งเสริมการศึกษาประเภทที่ 1
ของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
(นิด้า) ประจำปีการศึกษา 2551

บทความตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการ
Joint Conference of The 4th International
Conference of Operations and Supply
Chain Management and The 15th Asia
Pacific Decision Sciences Institute
(Hong Kong)