แบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทาง

นายวัฒนา แย้มประยูรสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

TRUCK CAPACITY MANAGING MODEL FOR MULTI-CHANNEL DEMANDS

Mr. Wattana Yampayunsawat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทาง
โดย	นายวัฒนา แย้มประยูรสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สีรง ปรีชานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นันท์ บุญยฉัตร)

วัฒนา แย้มประยูรสวัสดิ์ : แบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทาง. (TRUCK CAPACITY MANAGING MODEL FOR MULTI-CHANNEL DEMANDS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย, 120 หน้า.

ปัจจุบันผู้ผลิตจำนวนมากนิยมส่งสินค้าไปยังลูกค้าผ่านผู้ให้บริการขนส่ง ปัญหาสำคัญประการหนึ่งของผู้ให้บริการขนส่งคือการจัดการปริมาณรถบรรทุกให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ผลิตสินค้าเนื่องจากปริมาณรถบรรทุกที่ผู้ผลิตต้องการในแต่ละวันมีความแปรปรวนสูงและขาดการวางแผนขนส่งที่ประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาการวางแผนการขนส่งในระยะยาวของผู้ให้บริการขนส่งโดยให้ความสำคัญกับการพิจาณาค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้รับเหมาภายนอกหากเตรียมรถบรรทุกจำนวนน้อยเกินไปเปรียบเทียบกับความสูญเสียโอกาสในการหารายได้จากลูกค้าช่องทางอื่นๆ หากมีการเตรียมจำนวนรถบรรทุกมากเกินไป โดยพบว่าการตัดสินใจดังกล่าวมีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาการจัดการพัสดุคงคลังแบบความต้องการไม่แน่นอนหรือ ปัญหา Newsvendor ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เพื่อสร้างกรอบการทำสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่งโดยวิเคราะห์หาปริมาณที่เหมาะสมในการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจองเพื่อให้คู่สัญญาทั้งสองมีความร่วมมือในการวางแผนขนส่งและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างเป็นระบบ

จากผลการศึกษาข้อมูลของบริษัทผลิตสินค้าเครื่องดื่ม และบริษัทผู้ให้บริการขนส่งขนาดใหญ่รายหนึ่งพบว่า ผู้ให้บริการขนส่งจะสามารถหาปริมาณที่เหมาะสมในการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจองตามสัญญาโดยเพิ่มความยืดหยุ่นของสัญญาให้ผู้ผลิตอยู่ที่ ±5% จะส่งผลให้กำไรของผู้ให้บริการขนส่งเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา2555 .....

5270797621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : TRANSPORTATION CONTRACT MANAGEMENT, SIMULATION MODEL, NEWSVENDOR MODEL, LINEAR REGRESSION, MULTIPLE DEMAND CLASSES

WATTANA YAMPAYUNSAWAT: TRUCK CAPACITY MANAGING MODEL FOR MULTI-CHANNEL DEMANDS. ADVISOR: ORAN KITTITHREERAPRONCHAI, Ph.D., 120 pp.

Manufacturers have increasingly employed carriers to deliver products to their customers. One important issue of such practice is high variability in truck-capacity resulted from the fluctuation in a number of trucks requested by manufacturers and the inefficient delivery planning between both parties. We modeled a decision on a number of truck requested by a manufacturer as an economic trade-off between hiring costs with insufficient trucks and opportunities to utilize reserved trucks for multi-channel customers. This trade-off is similar to the decision in Newsvendor problem, an inventory control model with uncertainty demands. Newsvendor results can be used to form a contractual framework between a manufacturer and a carrier that enhances collaboration in delivery planning and information exchange.

To illustrate this concept, we analyzed delivery planning between a beverage manufacturer and a large carrier and embedded data into our model. The carrier could solve the model to determine optimal solution and adjust contract's flexibilities are ±5% as a result the model suggests that the expected profit could be increased.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กระผมขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สีรง ปรีชานนท์ อาจารย์ ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี พร้อมทั้งท่านกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้สละเวลาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุเคราะห์ทุนผู้ช่วยสอนเป็นทุนการศึกษาในการเรียนระดับปริญญามหาบัณฑิต

ขอขอบคุณสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการศึกษาเป็นทุนการศึกษาในการเรียนระดับปริญญามหาบัณฑิต

ขอขอบคุณดร. วิกรม จารุพงศา และ คุณจิรัชย์ ลิมปะพันธุ์ ที่ให้คำปรึกษารวมถึงเอื้อเฟื้อข้อมูลและสถานที่ในการเก็บข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

ขอขอบคุณคณะนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ห้องศูนย์วิจัยการวิจัยการดำเนินงาน(ORC) ตึก 4 ชั้น 8 ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้ความคิดเห็นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณอาจารย์เผ่า สุวรรณศักศรี และอาจารย์เพ็ญพรรณ ยังคง อนุสาสกหอพักจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อที่พักในช่วงระหว่างศึกษา รวมถึงเพื่อนพี่น้องชาวหอพักทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและให้ความคิดเห็นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนญาติทุกๆ ท่านที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด จนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 6
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 7
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน 7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 ตัวแบบปัญหา Newsvendor 8
2.1.1 ปัญหาคลาสสิค Newsvendor 8
2.1.1 ปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทาง 11
2.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 13
2.3 แนวคิดรูปแบบสัญญาและการสร้างแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุก 15
2.4 ศึกษาประเภทของแบบจำลอง และการประยุกต์แบบจำลองด้านการขนส่ง 16
2.4.1 ประเภทของแบบจำลอง 16
2.4.2 การประยุกต์แบบจำลองด้านการขนส่ง 19
บทที่ 3 รูปแบบการจัดทำสัญญาและแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุก 21
3.1 การวางแผนจัดการรถบรรทุก 21
3.2 ข้อเสนอในการจัดทำสัญญาว่าจ้างขนส่ง 22
3.3 การสร้างแบบจำลองจำนวนเที่ยวที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมรถบรรทุก 22
3.3.1 การสร้างแบบจำลองสำหรับความต้องการช่องทางเดียว 24

หน้า

3.3.1.1 การกำหนดเงื่อนไขของแบบจำลอง 25
3.3.1.2 แบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษ 25
3.3.1.3 การพิสูจน์แบบจำลองกรณีพิเศษ 26
3.3.1.4 แบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไป 27
3.3.1.5 การพิสูจน์แบบจำลองกรณีทั่วไป 28
3.3.2 การสร้างแบบจำลองสำหรับกรณีความต้องการหลายช่องทาง 29
3.3.2.1 กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองความต้องการหลายช่องทาง 31
3.3.2.2 แบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทาง 31
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 33
4.1 บริษัทผู้ให้บริการขนส่งกรณีศึกษา 33
4.2 ข้อมูลความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุก 35
4.3 ข้อมูลจุดรับ-ส่งสินค้า 36
4.4 การพยากรณ์ความต้องการ 38
4.4.1 การทดสอบการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลความต้องการในอดีต 38
4.4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการ 40
4.4.2.1 ปัจจัยของประเภทจุดรับ-ส่งสินค้า 40
4.4.2.2 ปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา 45
4.4.3 สมการการพยากรณ์ความต้องการ 48
4.5 แบบจำลองสถานการณ์ของความต้องการของผู้ผลิต 49
4.5.1 พฤติกรรมของความต้องการของผู้ผลิตจากการทดสอบการทำสัญญา 49
4.5.1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในสัญญา 53
4.6 แบบจำลองสถานการณ์ความต้องการของลูกค้ารายย่อย 54
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลอง 56
5.1 ผลการทดสอบแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกด้วยแบบจำลองสถานการณ์ความต้องการจากผู้ผลิตและลูกค้ารายย่อย 56
5.1.1 ผลการทดสอบแบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษ 56
5.1.2 ผลการทดสอบแบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไป 56
5.1.3 ผลการทดสอบแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทาง 57
5.2 การวิเคราะห์ผลจากความยืดหยุ่นของสัญญา 57

5.3 การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ 64
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 75
6.1 สรุปผลการวิจัย 75
6.1.1 การสร้างแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกที่เหมาะสมที่สุด 75
6.1.2 การสร้างสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่ง 76
6.1.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมและพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการจัดทำสัญญา 77
6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 78
รายการอ้างอิง 79
ภาคผนวก 81
ภาคผนวก ก 82
ภาคผนวก ข 85
ภาคผนวก ค 89
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 120

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนระหว่างความต้องการในแต่ละวันต่อความต้องการเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ 47
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในแต่ละวันในสัปดาห์ 49
ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองสัญญากรณีพิเศษ 53
ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองสัญญากรณีทั่วไป 53
ตารางที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองสัญญากรณีที่ความต้องการหลายช่องทาง 55
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยของแบบจำลองแต่ละกรณี โดยไม่ปรับพฤติกรรม 62
ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก 65
ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา 66
ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา 67
ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย 68
ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก 69
ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก 70

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงจำนวนบริษัทผู้ให้บริการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2542 - 2552 2
ภาพที่ 1.2 กระบวนการจัดส่งระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตในกรณีศึกษาจากการทำสัญญาแบบปัจจุบัน 5
ภาพที่ 2.1 อัตราส่วนวิกฤตของฟังก์ชันการแจกแจงแบบปกติ 11
ภาพที่ 3.1 กระบวนการจัดส่งระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตในกรณีศึกษาโดยเพิ่มข้อเสนอในการจัดทำสัญญาแบบใหม่ 23
ภาพที่ 3.2 แผนผังหัวข้อการนำเสนอการทดลองผลของแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุก 32
ภาพที่ 4.1 ลักษณะการให้บริการของผู้ให้บริการขนส่งกรณีศึกษา 34
ภาพที่ 4.2 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 35
ภาพที่ 4.3 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 35
ภาพที่ 4.4 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 36
ภาพที่ 4.5 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 36
ภาพที่ 4.6 แผนที่ความหนาแน่นของจุดรับ - ส่งสินค้าในกรุงเทพฯและปริมณฑล 37
ภาพที่ 4.7 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่เข้าและออกจากจุดรับ-ส่งสินค้า 38
ภาพที่ 4.8 กราฟฮิสโตแกรมแสดงความถี่ของความต้องการ 39
ภาพที่ 4.9 กราฟความน่าจะเป็นของความต้องการ 39
ภาพที่ 4.10 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนมีนาคมโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC 40
ภาพที่ 4.11 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนเมษายนโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC .. 41
ภาพที่ 4.12 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนพฤษภาคมโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC 41
ภาพที่ 4.13 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนมิถุนายนโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC.. 42
ภาพที่ 4.14 ความต้องการต่อช่วงเวลาโดยจัดเรียงลำดับและเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC 42
ภาพที่ 4.15 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการทั้งหมดและความต้องการกลุ่ม MT 43

ภาพที่ 4.16 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการทั้งหมดและความต้องการกลุ่ม DC 44
ภาพที่ 4.17 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยของสัปดาห์ 45
ภาพที่ 4.18 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยของเดือน 46
ภาพที่ 4.19 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยของวัน 46
ภาพที่ 4.20 ปัจจัยของวันในสัปดาห์กับข้อมูลความต้องการ 48
ภาพที่ 4.21 แนวคิดของพฤติกรรมที่ 1 (Push Demand Behavior) 50
ภาพที่ 4.22 แนวคิดของพฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand Behavior) 51
ภาพที่ 4.23 แนวคิดของพฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand Behavior) 52
ภาพที่ 5.1 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษโดยเปรียบเทียบค่ากำไรเฉลี่ย 58
ภาพที่ 5.2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษโดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ปรับ 58
ภาพที่ 5.3 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีทั่วไปโดยเปรียบเทียบค่ากำไรเฉลี่ย 59
ภาพที่ 5.4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีทั่วไปโดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ปรับ 60
ภาพที่ 5.5 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางโดยเปรียบเทียบค่ากำไรเฉลี่ย 61
ภาพที่ 5.6 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางโดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ปรับ 61
ภาพที่ 5.7 เปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยของแบบจำลองแต่ละกรณี โดยไม่ปรับพฤติกรรม 63
ภาพที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบกำไรโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการจองรถบรรทุก และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5% 71
ภาพที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบกำไรโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกนอกสัญญา และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5% 71
ภาพที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกนอกสัญญา และเพิ่มรายได้จากการจองรถบรรทุก 5% 72

ภาพที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการวิ่งงานลูกค้าย่อย และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5% 72
ภาพที่ 5.12 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการจองรถบรรทุก และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5% 73
ภาพที่ 5.13 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการจองรถบรรทุก และเพิ่มรายได้จากการวิ่งงานลูกค้าย่อย 5% 73

บทที่ 1

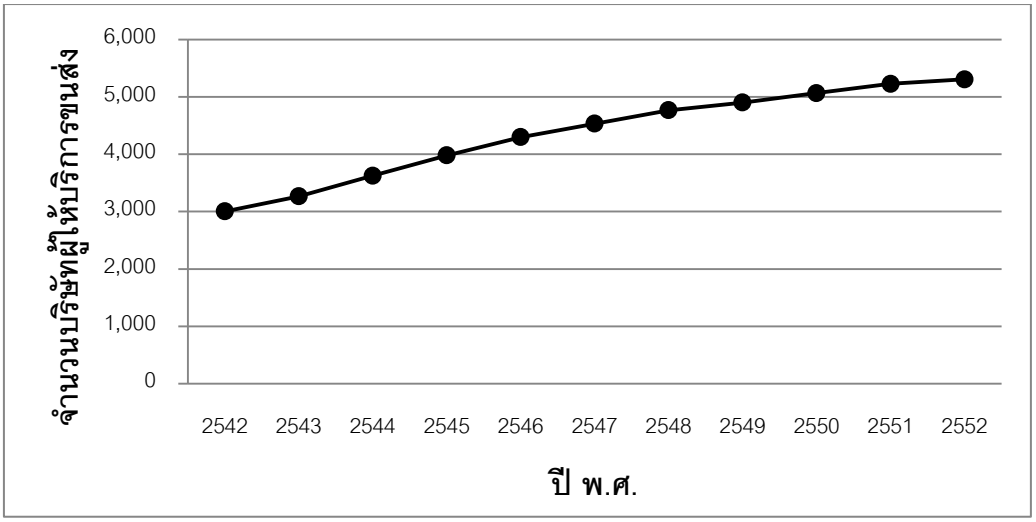
บทนำ

เนื้อหาในบทนี้นำเสนอที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ข้อจำกัด ขั้นตอนการศึกษา วิธีการดำเนินงานและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตสินค้าให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการด้านการขนส่ง (Transportation Management) มากขึ้น เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนช่วยลดต้นทุนหลักของกิจกรรมโลจิสติกส์ในองค์กร จากการสำรวจของสำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคมพบว่าประเทศไทยมีการใช้รูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนมากที่สุด โดยในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณ 420,318 ล้านตัน คิดเป็น 82.6% ของปริมาณการขนส่งทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการขนส่งทางถนนในประเทศไทยได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วทั้งในระยะทางใกล้และระยะทางไกล นอกจากนี้หลายบริษัทมีนโยบายการจ้างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งจากภายนอกเข้ามาบริหารและทำการขนส่งแทน เพื่อลดต้นทุนโดยมุ่งเน้นไปยังกิจกรรมหลักขององค์กร จึงส่งผลให้เกิดผู้ให้บริการขนส่งจำนวนมากในประเทศไทยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา

จากการสำรวจของกรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ในปีพ.ศ. 2552 พบว่ามีบริษัทที่ประกอบธุรกิจทางด้านการให้บริการขนส่งทั้งประเทศเป็นจำนวน 5,305 ราย ซึ่งตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ คิดเป็น 34.65% ของทั้งประเทศ และมีอัตราการเจริญเติบโตในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 7.65% ต่อปี (ดังแสดงในภาพที่ 1.1) โดยบริษัทที่มีรายได้สูงที่สุดมีรายได้กว่าหนึ่งพันเจ็ดร้อยล้านบาท และมีส่วนแบ่งทางการตลาดอยู่ที่ 1.17 % ของบริษัททั้งหมด



ภาพที่ 1.1 แสดงจำนวนบริษัทผู้ให้บริการขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2542 - 2552

จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าธุรกิจดังกล่าวมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง และมีการแข่งขันที่สูงโดยพิจารณาจากจำนวนบริษัทและส่วนแบ่งการตลาด ทำให้ผู้ให้บริการขนส่งส่วนใหญ่มีนโยบายมุ่งเน้นการให้บริการและการสนับสนุนงานลูกค้าเป็นหลัก ข้อสำคัญประการหนึ่งของอุตสาหกรรมการให้บริการขนส่งนั้นไม่เหมือนอุตสาหกรรมอื่นๆ เพราะไม่สามารถจัดเก็บสินค้าได้ ทำให้ผู้ให้บริการขนส่งจำเป็นต้องมีแผนการบริหารจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการของผู้ผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

การจ้างบริษัทผู้ให้บริการขนส่งในบางโอกาสพบว่าต้องจ่ายค่าขนส่งรายเดือนในราคาค่อนข้างสูง อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้บริษัทต้องการจ้างบริษัทขนส่งในราคาแพงหรือบริษัทขนส่งรายนี้ไม่ได้เป็นบริษัทที่มีชื่อเสียง ทั้งนี้บริษัทผู้ผลิตอาจมีเหตุผลการจ้างเนื่องมาจาก บริษัทดังกล่าวมีความชำนาญในการขนส่งสินค้าในท้องถิ่นนั้นๆ เป็นต้น ซึ่งเป็นหนึ่งในเหตุผลจำเป็นต้องรู้วิธีการเลือกผู้ให้บริการขนส่ง เนื่องจากในมุมมองของแต่ละบุคคล หรือ ความต้องการของแต่ละบริษัทมีความแตกต่าง เพราะฉะนั้นการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งจึงควรพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้ [1]

1) ต้นทุนค่าขนส่งต่ำ
2) จำนวนรถ
3) ประเภทของรถที่มีหลากหลายให้เลือก
4) เส้นทางการขนส่งครอบคลุมทั่วประเทศ
5) การบริการที่เป็นเลิศ

6) ความชำนาญในการขนส่งสินค้าประเภทต่างๆ
7) ความตรงต่อเวลา
8) ความมีชื่อเสียงของบริษัทขนส่ง

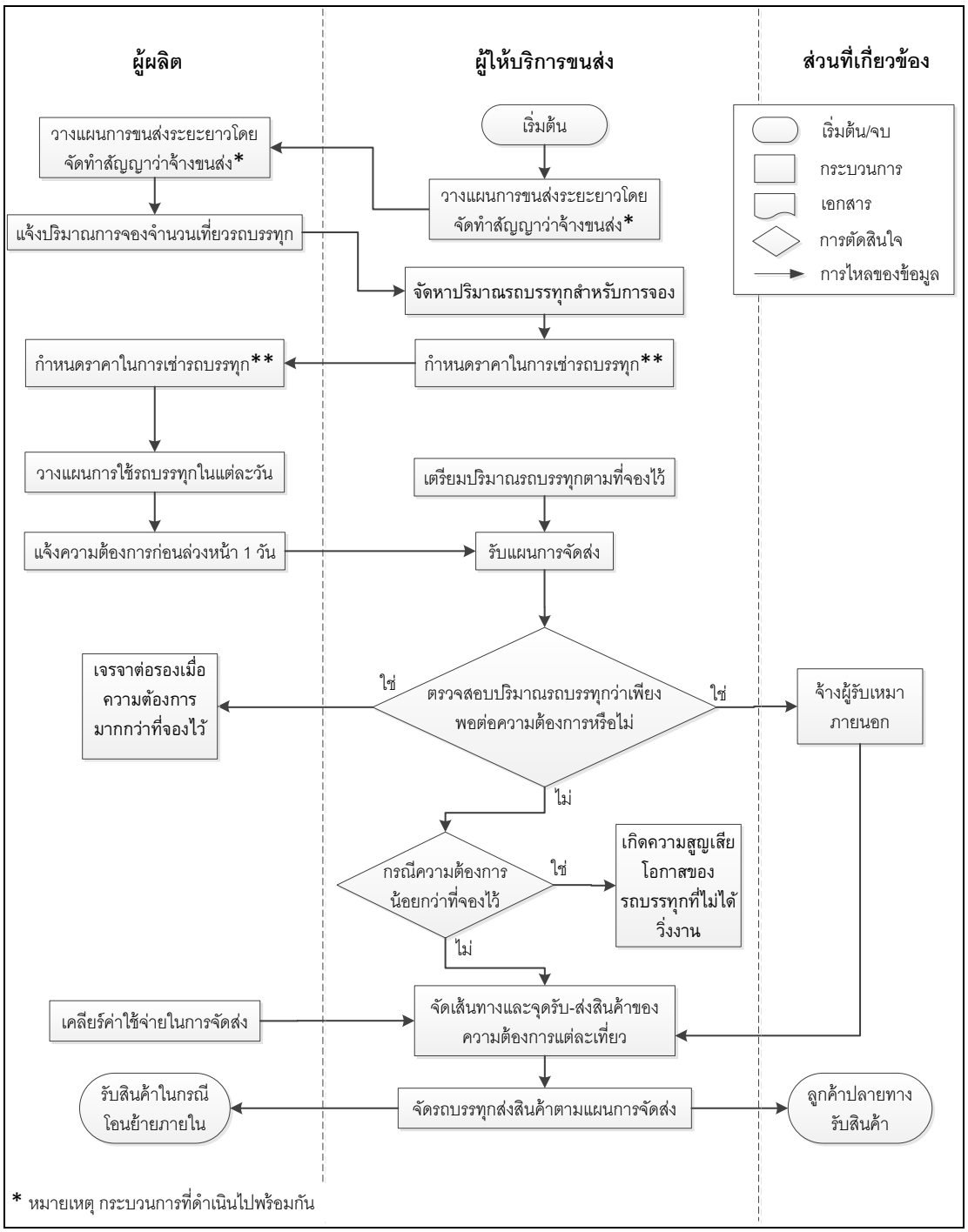
จากองค์ประกอบการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งดังกล่าวมักพบปัญหาการจ้างและการใช้บริการขนส่งที่เกิดขึ้นกับผู้ผลิต ซึ่งเป็นปัญหาทั่วไปที่ผู้ผลิตส่วนใหญ่ใช้พิจารณาประกอบในการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการขนส่ง

1) ความไม่ตรงต่อเวลา
2) การให้บริการที่แย่ต่อลูกค้า
3) การขนส่งสินค้าเกิดการเสียหาย
4) การขนส่งสินค้าเกิดการสูญหาย
5) ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทันเวลา

จากความสำคัญของการขนส่งสินค้าทางบกในประเทศ และข้อมูลต่างๆ ของบริษัทที่ประกอบการผู้ให้บริการขนส่ง รวมถึงมุมมองของผู้ผลิตในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งที่ดีที่สุด จึงกล่าวได้ว่าธุรกิจการให้บริการขนส่งเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์จุดสำคัญในการเชื่อมต่อห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นในงานวิจัยจึงขอมองภาพรวมในมุมมองของผู้ให้บริการขนส่ง โดยปัญหาด้านต่างๆ ที่มักจะพบในธุรกิจการให้บริการขนส่งคือ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ, ด้านการดำเนินการจัดส่งเที่ยวกลับ, ด้านการใช้เชื้อเพลิง, ด้านการซ่อมบำรุง และด้านทรัพยากรบุคคล เป็นต้น จากปัญหาเหล่านี้มีงานวิจัยต่างๆ ออกมามากมายเพื่อจัดการกับปัญหาเหล่านี้โดยมุ้งเน้นจุดประสงค์ไปที่การลดต้นทุนหรือการเพิ่มรายได้เป็นหลัก แต่ยังมีอีกประเด็นหนึ่งที่เป็นประเด็นสำคัญที่หลายๆ บริษัทมองข้ามในการจัดการปัญหานี้คือ ปัญหาการจัดการปริมาณรถบรรทุกให้เหมาะสมกับความต้องการ ซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถลดต้นทุนค่าเสียโอกาสต่างๆ ที่เกิดจากความแปรปรวนของความต้องการของผู้ผลิต รวมถึงความร่วมมือระหว่างผู้ให้บริการและผู้ผลิตเพื่อวางแผนจัดการปริมาณรถบรรทุกอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงพยายามเสนอการแก้ปัญหาในประเด็นนี้โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากความต้องการของผู้ผลิต และความร่วมมือของทั้งสองบริษัทเป็นหลัก

จากการศึกษาข้อมูลของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งกรณีศึกษาพบว่า สิ่งสำคัญในความร่วมมือระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตนั้นคือ การวางแผนการจัดส่งในระยะยาวโดยอาศัยสัญญาว่าจ้างขนส่งระหว่างทั้งสองบริษัท ซึ่งสัญญาว่าจ้างขนส่งนี้ได้จัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์

เพื่อให้ผู้ผลิตแสดงความจำนงในการจองปริมาณรถบรรทุกกับทางผู้ให้บริการขนส่งไว้ รวมถึงการกำหนดราคาของการใช้บริการขนส่งจากผู้ให้บริการขนส่ง สำหรับการจองปริมาณรถบรรทุกนั้นเป็นการใช้รถบรรทุกแบบคงที่ต่อวัน เพื่อเป็นข้อตกลงของผู้ให้บริการขนส่งได้เตรียมรถบรรทุกไว้สนับสนุนงานตามที่ผู้ผลิตจองไว้ แต่ความต้องการที่เกิดขึ้นนั้นเมื่อมีการจัดส่งจริงเป็นความต้องการที่ไม่คงที่จึงทำให้เกิดคำถามกับทางผู้ให้บริการขนส่งว่าปริมาณที่ผู้ผลิตจองรถบรรทุกไว้เหมาะสมกับความต้องการที่เกิดขึ้นจริงหรือไม่ ดังสรุปเป็นแผนภูมิกระบวนการในการทำสัญญาระหว่างบริษัท และการแลกเปลี่ยนข้อมูลความต้องการของผู้ผลิตที่เกิดขึ้นดังนี้



ภาพที่ 1.2 กระบวนการจัดส่งระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตในกรณีศึกษาจากการทำสัญญาแบบปัจจุบัน

สำหรับความต้องการของผู้ผลิตที่เกิดขึ้น หมายถึง ความต้องการใช้รถบรรทุกจากทางผู้ให้บริการขนส่งเพื่อจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าปลายทาง ซึ่งสามารถแบ่งหน่วยในการคิดค่าใช้จ่ายของความต้องการดังกล่าวได้หลายลักษณะ เช่น ปริมาณน้ำหนักสินค้าที่บรรทุก, ปริมาตรสินค้าที่บรรทุก, จำนวนเที่ยวบรรทุก, หรือจำนวนรถบรรทุก เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากการศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงความต้องการที่มีหน่วยเป็นจำนวนเที่ยวบรรทุก โดยสนใจการขนส่งแบบแบบเต็มคันเท่านั้น ทั้งนี้ความต้องการของผู้ผลิตไม่ได้เกิดขึ้นจากการโอนย้ายสินค้าภายในโรงงานของผู้ผลิตเท่านั้น แต่เกิดขึ้นจากความต้องการการขนส่งจากลูกค้าปลายทางของผู้ผลิตด้วย จึงส่งผลให้ปริมาณรถบรรทุกที่ผู้ผลิตต้องการในแต่ละวันมีความแปรปรวนสูง ทำให้ทางผู้ให้บริการขนส่งนั้นมักพบปัญหาอยู่ 2 กรณีคือ

1) กรณีปริมาณรถบรรทุกที่ผู้ให้บริการขนส่งจัดเตรียมไว้เพื่อสนับสนุนงานของผู้ผลิตนั้น บางโอกาสผู้ผลิตใช้ปริมาณรถบรรทุกได้ไม่เต็มประสิทธิภาพทำให้เกิดความสูญเสียโอกาสในการรับงานจากช่องทางของลูกค้ารายย่อยอื่นๆ รวมถึงเสียโอกาสในค่าใช้จ่ายสำหรับการเตรียมรถบรรทุกด้วยเช่นกัน
2) กรณีผู้ผลิตมีความต้องการสูงมากกว่าที่ผู้ให้บริการขนส่งจัดเตรียมไว้ส่งผลให้ผู้ให้บริการขนส่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการจัดหารถบรรทุกจากผู้ให้บริการขนส่งรายอื่นๆ เพื่อมาช่วยสนับสนุนงาน

ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายจากความสูญเสียโอกาสที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการให้บริการเพื่อสนองตอบความต้องการของผู้ผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยแนวทางในการจัดทำสัญญาเพื่อปรับความร่วมมือของทางผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่งในการแลกเปลี่ยนข้อมูลความต้องการให้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการเตรียมรถบรรทุกของผู้ให้บริการขนส่งเพื่อสนับสนุนการจองรถบรรทุกผู้ผลิต
2) สร้างแนวทางการทำสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่งในการจัดการปริมาณรถบรรทุกที่เหมาะสมที่สุด

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1) ศึกษาการวางแผนจัดการปริมาณรถบรรทุกในมุมมองของผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางบกภายในประเทศ
2) วิเคราะห์ข้อมูลความต้องการจากผู้ผลิตในช่วงระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 โดยสนใจเฉพาะผู้ผลิตในกลุ่มสินค้าประเภทอุปโภค-บริโภค
3) ศึกษาการวางแผนจัดส่งของรถบรรทุกประเภท 18 ล้อที่มีการจัดส่งแบบเต็มคัน

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน

1) กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์
2) ศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้าภายในประเทศ
3) ศึกษารูปแบบในการจัดการปริมาณรถบรรทุกของผู้ให้บริการขนส่ง
4) รวบรวมข้อมูลลักษณะความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุกของผู้ผลิต
5) วิเคราะห์ความต้องการของผู้ผลิต
6) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับความต้องการของผู้ผลิต
7) สร้างกรอบการทำสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่งในการจัดการปริมาณรถบรรทุก
8) วิเคราะห์พฤติกรรมความต้องการของผู้ผลิตที่มาจากผลกระทบของการทำสัญญา
9) พยากรณ์ความต้องการของผู้ผลิต เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์
10) วิเคราะห์กำไรทั้งหมดที่เกิดขึ้นของผู้ให้บริการขนส่งจากแบบจำลองสถานการณ์
11) วิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของรายได้และค่าใช้จ่ายที่กำหนดของผู้ให้บริการขนส่ง
12) เขียนบทความวิชาการเพื่อเผยแพร่วิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถนำสัญญาที่วิเคราะห์มาช่วยเพิ่มรายได้ให้กับผู้ให้บริการขนส่ง
2) กลุ่มผู้ให้บริการขนส่งทั่วไปสามารถประยุกต์แบบจำลองนี้สำหรับการจัดการปริมาณรถบรรทุกได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎี แนวความคิด และงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความต้องการ และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการปริมาณรถบรรทุกเพื่อกำหนดกรอบการทำสัญญาระหว่างบริษัท รวมถึงการประยุกต์แบบจำลองสถานการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสัญญาดังกล่าว

2.1 ตัวแบบปัญหา Newsvendor

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสินค้าคงคลังสำหรับปัญหา Newsvendor Lee, S. et al. [2] ซึ่งเป็นตัวแบบการแก้ปัญหาทางด้านสินค้าคงคลังที่เกี่ยวกับปัญหาการบริหารความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอนในช่วงเวลาเดี่ยว (Single-Period) งานวิจัยทางด้านโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทานมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความยืดหยุ่นของการหาคำตอบได้หลายแบบ เช่น สามารถเปลี่ยนฟังก์ชันการแจกแจงโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลความต้องการสินค้า สามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ในส่วนของต้นทุนหรือรายได้ให้เหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ เป็นต้น

ปัญหา Newsvendor จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ความต้องการที่ไม่แน่นอนโดยเกิดความต้องการที่มาจากลูกค้า รูปแบบทั่วไปของปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ปัญหา Classic Newsvendor และปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทาง

2.1.1 ปัญหาคลาสสิค Newsvendor

สำหรับการกำหนดปัญหาให้อยู่ในรูปแบบปัญหาคลาสสิค Newsvendor มีสมมติฐานหลักคือ มีการตัดสินใจปริมาณจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวเท่านั้น โดยวิเคราะห์ใน 1 ช่วงเวลาต่อฤดูกาลขาย และต้องรู้ฟังก์ชั่นการกระจายตัวของความต้องการลูกค้า แต่ไม่รู้ความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า ปริมาณจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสมที่สุดจะเริ่มคำนวณหาในต้นช่วงเวลาของฤดูกาลขาย

รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองสินค้าคงคลังสำหรับปัญหา Newsvendor ของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง โดยสร้างแบบจำลองจากฟังก์ชันต้นทุนรวมดังนี้

$$Cost(Q,D) = C_o \max\{Q-D,0\} + C_u \max\{D-Q,0\} \qquad (2.1)$$

หาค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมจากสมการที่ (2.1) จะได้ว่า

$$E[Cost(Q,D)] = C_o \int_0^Q (Q-D) f(D) dD + C_u \int_Q^\infty (D-Q) f(D) dD \qquad (2.2)$$

จากนั้นหาอนุพันธ์ของค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมดังแสดงในสมการที่ (2.2) โดยให้มีค่าเท่ากับศูนย์เพื่อหาค่าต่ำที่สุดของคำตอบ จะได้ว่า

$$\frac{\partial}{\partial Q} E[Cost(Q,D)] = C_o F(Q) + C_u (1 - F(Q)) = 0 \qquad (2.3)$$

จากสมการที่ (2.3) จะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

$$F(Q^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o} \qquad (2.4)$$

และสามารถสร้างแบบจำลองจากฟังก์ชันกำไรรวม Newsvendor [2] ได้ดังต่อไปนี้

$$\Pi(Q,D) = (P-C)\min\{Q,D\} - (C-S)\max\{Q-D,0\} \qquad (2.5)$$

หาค่าเฉลี่ยของกำไรรวมจากสมการที่ (2.5) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} E[\Pi(Q,D)] = (P-C)\left[\int_0^Q Df(D)dD + Q\int_Q^\infty f(D)dD\right] \\ + (S-C)\int_0^Q (Q-D) f(D) dD \end{aligned} \qquad (2.6)$$

จากนั้นหาอนุพันธ์ของค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมดังแสดงในสมการที่ (2.6) โดยให้มีค่าเท่ากับศูนย์เพื่อหาค่าสูงที่สุดของคำตอบ จะได้ว่า

$$\frac{\partial}{\partial Q} E[\Pi(Q,D)] = (P-C)F(Q) + (S-C)(1-F(Q)) = 0 \qquad (2.7)$$

จากสมการที่ (2.7) จะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

$$F(Q^*) = \frac{P-C}{P-S} \tag{2.8}$$

ตัวแปร

Q คือ ปริมาณการจัดเก็บสินค้า

Q^* คือ ปริมาณการจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสมที่สุด

D คือ ปริมาณความต้องการของลูกค้า

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

C_u คือ ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าต่ำกว่าความต้องการ

C_o คือ ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าสูงกว่าความต้องการ

C คือ ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า

S คือ รายได้จากการขายสินค้าคืน

p คือ รายได้จากการขายสินค้าให้ลูกค้า

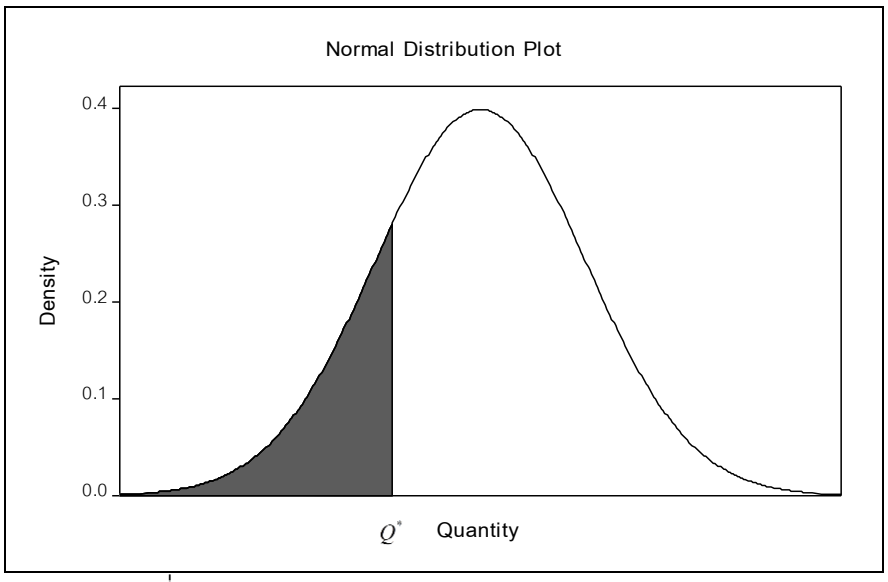
$f(.)$ คือ ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าเป็นของความต้องการ

$F(.)$ คือ ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าเป็นแบบสะสมของความต้องการ

$\Pi(.)$ คือ ฟังก์ชั่นกำไรรวม

$Cost(.)$ คือ ฟังก์ชั่นต้นทุนรวม

จากรูปแบบทั่วไปข้างต้นดังแสดงในสมการที่ (2.4) และ (2.8) แสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นของปริมาณการจัดเก็บสินค้าน้อยๆ จนถึงปริมาณที่เหมาะสมที่สุดเกิดขึ้นจากอัตราส่วนระหว่างต้นทุนสินค้าที่ต่ำกว่าความต้องการต่อต้นทุนสินค้าทั้งหมดที่เกิดขึ้น หรือเรียกว่า อัตราส่วนวิกฤต (Critical Ratio) ดังนั้นถ้ามองในอีกทางหนึ่งพบว่า 1- Critical ratio อัตราส่วนระหว่างต้นทุนสินค้าที่สูงกว่าความต้องการต่อต้นทุนสินค้าทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 อัตราส่วนวิกฤตของฟังก์ชันการแจกแจงแบบปกติ

2.1.1 ปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทาง

สำหรับปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทางโดยประยุกต์มาจากงานวิจัยเรื่อง “The newsboy problem with multiple demand classes” [3] ซึ่งมีจุดเด่นที่ประยุกต์มาจากปัญหาคลาสสิค Newsvendor คือ สามารถขายสินค้าให้ลูกค้าได้หลายช่องทางและหลากหลายราคา โดยความต้องการที่เข้ามานั้นสามารถเข้ามาได้ตลอดเวลา โดยความต้องการมีลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นที่แตกต่างกันไป รวมถึงความต้องการในแต่ละช่องทางนั้นต้องอิสระต่อกัน และรายได้จากลูกค้ารายย่อยต้องน้อยกว่าลูกค้ารายหลัก ดังนั้นรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทางเขียนได้ดังนี้

$$\Pi^m(Q, D_j) = \sum_{j=1}^{n} P_j E[B_j] - CQ \qquad (2.9)$$

จากสมการวัตถุประสงค์ที่ (2.9) จะต้องคำนวนหาฟังก์ชันค่าเฉลี่ยของ B_j โดยเริ่มจากคำนวณค่า B_j ที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังนี้

$$B_1 = \min\{D_1, Q\} \qquad (2.10)$$

$$B_j = \begin{cases} \min\left\{D_j, Q - \sum_{i=1}^{j-1} D_i\right\}; \sum_{i=1}^{j-1} D_i < Q \\ 0 \qquad\qquad\qquad\qquad ; \sum_{i=1}^{j-1} D_i \geq Q \\ \qquad\qquad\qquad\qquad ; j = 2,..,n \end{cases} \tag{2.11}$$

จากสมการที่ (2.10) และ (2.11) เราสามารถหาฟังก์ชันค่าเฉลี่ยของ B_j ได้ดังนี้

$$E[B_1] = \int_0^Q D_1 f_1(D_1) dD_1 + \int_Q^\infty Q f_1(D_1) dD_1 \tag{2.12}$$

$$\begin{aligned} E[B_j] = & \int_0^Q \int_0^{Q-D_j} D_j g_i(T_j) dT_j \, f_j(D_j) dD_j \\ & + \int_0^Q \int_{Q-D_j}^Q (Q - T_j) g_i(T_j) dT_j \, f_j(D_j) dD_j \\ & + \int_0^Q \int_{Q-D_j}^Q (Q - T_j) \, f_j(D_j) dD_j \, g_i(T_j) dT_j \end{aligned} \tag{2.13}$$

จากสมการที่ (2.12) และ (2.13) รวมถึงสมการวัตถุประสงค์ที่ (2.9) สามารถหาค่า Q^* ที่เหมาะสมได้จากสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^{n-1} (P_j - P_{j+1}) \Pr\left\{\sum_{i=1}^{j} D_i > Q^*\right\} \\ & + P_n \Pr\left\{\sum_{i=1}^{n} D_i > Q^*\right\} = C \end{aligned} \tag{2.14}$$

<u>ตัวแปร</u>

Q คือ ปริมาณการจัดเก็บสินค้า

Q^* คือ ปริมาณการจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสมที่สุด

D_j คือ ปริมาณความต้องการของลูกค้าช่องทางที่ j

B_j คือ ยอดขายจากลูกค้าช่องทางที่ j

T_j คือ ผลรวมความต้องการลูกค้าตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึงช่องทางที่ j

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

C คือ ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าความต้องการ

P_j คือ รายได้จากการขายสินค้าให้ลูกค้าช่องทางที่ j

$f_j(.)$ คือ ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าเป็นของความต้องการช่องทางที่ j

$g_j(.)$ คือ ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าเป็นของผลรวมความต้องการลูกค้าตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึงช่องทางที่ j

$\Pi^m(.)$ คือ ฟังก์ชั่นกำไรรวมแบบความต้องการหลายช่องทาง

$E[.]$ คือ ฟังก์ชั่นค่าเฉลี่ย

2.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) คือการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร เพื่อประมาณค่าตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยการเรียนรู้จากความสัมพันธ์ที่เกิดจากตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ซึ่งความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง [4]

ดังนั้นการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจึงจำเป็นต้องศึกษาระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใด เครื่องมือที่ใช้วัดเรียกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) โดยวัดออกมาเป็นตัวเลขที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 กับ 1 ถ้ามีค่าใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรสองตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันมากและมีทิศทางเดียวกัน กล่าวคือถ้าตัวแปรอิสระมีค่ามากตัวแปรตามจะมีค่ามากด้วยจะอยู่ในลักษณะการแปรตามกัน ถ้าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้ -1 แสดงว่า ตัวแปรสองตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันมากเช่นกันแต่มีทิศทางตรงข้ามกัน กล่าวคือ ถ้า ถ้าตัวแปรอิสระมีค่ามากตัวแปรตามจะมีค่าน้อย หรือ ถ้าตัวแปรอิสระมีค่าน้อยตัวแปรตามจะมีค่ามาก แต่ถ้าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันน้อยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเข้าใกล้ 0

โดยสามารถเขียนตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) เพื่อใช้ตัวแปรอิสระในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามดังนี้

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \tag{2.15}$$

ตัวแปร

Y คือ ตัวแปรตาม

X คือ ตัวแปรอิสระ

<u>พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง</u>

α คือจุดที่เส้นถดถอยตัดแกน Y (Y-Intercept)

β คือสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

ε คือความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error)

จากสมการที่ (2.15) นำมาวิเคราะห์โดยการใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squre Method) จะสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ α และ β รวมถึงสามารถหาค่าพยากรณ์ $\hat{Y}$ ได้ดังนี้

$$\hat{Y} = a + bX \tag{2.16}$$

โดยที่สามารถหาค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูล Y_i และ X_i ได้ดังนี้

$$a = \overline{Y} - b\overline{X} \tag{2.17}$$

$$b = \frac{\sum XY - \frac{\left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{n}}{\sum X^2 - \frac{\sum X^2}{n}} \tag{2.18}$$

จากนั้นสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เพื่อช่วยวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นได้ดังสมการต่อไปนี้

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{\sum X^2}{n}\right)\left(\sum Y^2 - \frac{\sum Y^2}{n}\right)}} \tag{2.19}$$

2.3 แนวคิดรูปแบบสัญญาและการสร้างแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุก

สำหรับในอุตสาหกรรมขนส่งนั้นผู้ให้บริการขนส่งจะต้องคำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในกในหลายๆ ด้าน เช่น จัดการเส้นทางการเดินรถ, การประหยัดเชื้อเพลิง, การดูแลและซ่อมบำรุงรถบรรทุก, และการบริหารงานบุคคล เป็นต้น อย่างไรสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการขนส่ง คือของการวางแผนเพื่อจัดการปริมาณรถบรรทุกให้เหมาะสมที่สุด โดยวิเคราะห์จากความต้องการของผู้ผลิตที่แปรปรวน และสร้างข้อเสนอในการจัดทำสัญญาเพื่อให้เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาสน้อยที่สุด

ในการสร้างข้อเสนอในการจัดทำสัญญา สำหรับมุมมองของทางผู้ให้บริการขนส่งจะทำข้อเสนอให้ผู้ผลิตจะต้องจองปริมาณรถบรรทุกในการขนส่ง หรือจำนวนเที่ยวในการเดินรถ โดยอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการจองรถบรรทุกที่เหมาะสม จะเห็นว่าการจัดทำสัญญาในลักษณะนี้สามารถมองในมุมมองของการทำสัญญาแบบสัญญาการส่งมอบ [5-6] ซึ่งเมื่อมองในมุมมองของผู้ให้บริการขนส่งซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ขายหรือผู้จัดหาสินค้าและผู้ผลิตอยู่ในบทบาทของผู้ซื้อ แต่สินค้าที่กล่าวถึงในการจัดทำสัญญาลักษณะนี้คือปริมาณการใช้รถบรรทุกที่อยู่ในรูปของจำนวนเที่ยวขนส่ง โดยการทำสัญญาในลักษณะนี้แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1) สัญญาแบบรับคืนสินค้า (Buy-Back Contract) [7] เป็นการจัดทำสัญญาที่ผู้ขายยอมรับให้มีการรับสินค้าที่ขายไม่ได้คืนจากลูกค้า โดยจะรับสินค้าคืนในราคาที่ตกลงกันไว้กับทางผู้ซื้อ ดังนั้นการจัดทำสัญญาในลักษณะนี้ จะสามารถเพิ่มแรงจูงใจในการซื้อสิ้นค้าในปริมาณมากขึ้นจากเดิม แต่ทางผู้ขายจำเป็นต้องรับความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในกรณีที่ผู้ซื้อไม่สามารถขายสินค้าได้ แต่สัญญาในลักษณะนี้ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมขนส่งได้เนื่องจากทางผู้ให้บริการขนส่งไม่สามารถรับสินค้าคือจากผู้ผลิตได้
2) สัญญาแบบแบ่งปันรายได้ (Revenue-Sharing Contract) [8-9] เป็นการจัดทำสัญญาที่ผู้ซื้อ และผู้ขายแบ่งรายได้ร่วมกัน โดยจะอยู่ในรูปแบบของการลดราคา และขายในราคาส่งของทางผู้ขาย ซึ่งทางผู้ซื้อได้แบ่งสัดส่วนรายได้ที่ได้จากการขายสินค้าให้ทางผู้ขาย การจัดทำสัญญาแบบแบ่งปันรายได้นี้เหมาะกับการประยุกต์ในการจัดทำสัญญาเพื่อจัดการปริมาณรถบรรทุกเนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนสัดส่วนของรายได้เพื่อกระจายความเสี่ยงร่วมกันที่เกิดขึ้นจากความแปรปรวนที่เกิดจากความต้องการ

3) สัญญาแบบมีความยืดหยุ่นเกี่ยวกับจำนวน (Quantity Flexibility Contracts) [10-11] เป็นการจัดทำสัญญาอนุญาติให้ผู้ซื้อสามารถปรับความต้องการจากที่เคยวางแผนไว้ได้โดยต้องอยู่ในข้อจำกัดแต่จะไม่มีการรับคืนสินค้าจากผู้ซื้อ ซึ่งสัญญาในลักษณะนี้ส่งผลให้ความต้องการที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับยอดขายจริง การจัดทำสัญญาแบบมีความยืดหยุ่นเกี่ยวกับจำนวนเหมาะสำหรับธุรกิจในอุตสาหกรรมการให้บริการเนื่องจากมีการปรับความยืดหยุ่นให้กับความต้องการของผู้ซื้อทำให้มีความเหมาะสมในด้านอุปสงค์และอุปทานมากขึ้น ดังนั้นจึงเหมาะกับการประยุกต์กับอุตสาหกรรมผู้ให้บริการขนส่ง

สิ่งสำคัญที่เรียนรู้จากสัญญาการส่งมอบทั้ง 3 ลักษณะคือ จะมีการวัดผลประสิทธิภาพจากกำไรที่เกิดขึ้นของทั้งผู้ซื้อ และผู้ขายโดยในการจัดทำสัญญาระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตจะต้องวิเคราะห์ผลจากกำไรเช่นกัน โดยเลือกการจัดทำสัญญาที่มีการประยุกต์สัญญาแบบมีความยืดหยุ่นเกี่ยวกับจำนวน เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้ผู้ผลิตโดยผู้ผลิตสามารถความต้องการได้ถ้าอยู่นอกช่วงปริมาณการจองรถบรรทุกภายในเวลาที่จำกัด

อย่างไรนั้นข้อเสนอของสัญญาที่มีสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการจองรถบรรทุก สามารถมองได้อีกหนึ่งมุมมองที่นำมาประยุกต์เพื่อให้สัญญามีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.4 ศึกษาประเภทของแบบจำลอง และการประยุกต์แบบจำลองด้านการขนส่ง

2.4.1 ประเภทของแบบจำลอง

สามารถจำแนกประเภทได้ดังต่อไปนี้

1) แบบจำลองเชิงบรรยาย (Description Model) ประกอบด้วย

- แบบจำลองเชิงกราฟิก (Graphic Model) เป็นแบบจำลองที่แทนข้อมูลในลักษณะตรรกะ (Logical) มักใช้แผนภาพ (Diagram) ต่างๆ แสดงข้อมูล เช่น Document Flow ใช้สำหรับแสดงการไหลของเอกสารในกระบวนการทำงานของระบบ Context Diagram เป็นแผนภาพบริบทที่ใช้แสดงการไหลของข่าวสารโดยภาพรวมของระบบ Data Flow Diagram (DFD) เป็นแผนภาพกระแสข้อมูลใช้แสดงการไหลของข่าวสารที่ขยายความจาก Context Diagram ให้มีความละเอียดในเรื่องของกระบวนการมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรมนั้น สามารถเข้าใจกระบวนการของระบบ ซึ่ง DFD จะแตกออกเป็น level ต่าง ๆ หลายระดับ จึงมีคำถามว่า แล้วต้อง

แตก DFD ออกทั้งหมดกี่ level ถึงจะเพียงพอ คำตอบคือ แตกให้ละเอียดที่สุด เมื่อนักวิเคราะห์ระบบ (System Analyst : SA) ส่งมอบ DFD เพื่อให้โปรแกรมเมอร์ดูแล้วเข้าใจ และสามารถเขียนโปรแกรมได้จำนวนของ level ที่เราจะแตกนั้นก็ถือเป็นการสิ้นสุด

- แบบจำลองการเล่าเรื่อง (Narrative Model) ใช้บรรยายเรื่องราวด้วยภาษาธรรมชาติ (Natural Language) เล่าเรื่องหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการ
- แบบจำลองเชิงกายภาพ (Physical Model) เป็นแบบจำลองทางด้านการออกแบบสิ่งนำเข้า (Input Design) การออกแบบผลลัพธ์ (Output Design) เช่น แบบจำลองการสร้างบ้าน แบบจำลองหุ่นยนต์หรือการ์ตูนเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นแบบจำลองในโปรแกรม 2 มิติ และ 3 มิติ เช่น การเขียนแบบบ้านและแบบเครื่องจักรกลด้วยโปรแกรม AutoCAD เป็นต้น

2) แบบจำลองคงที่และแบบพลวัตร (Static and Dynamic Model)

- แบบจำลองคงที่ (Static Analysis) เป็นแบบจำลองที่ใช้เฉพาะกิจในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งตามที่องค์กรต้องการ เช่น ตารางในการวิเคราะห์งบประจำปี ประจำไตรมาส หรือตามช่วงเวลา
- แบบจำลองพลวัตร (Dynamic Analysis) เป็นแบบจำลองสำหรับประเมินสถานการณ์ที่สามารถเปลี่ยนตัวแปรได้ตลอดเวลา เช่น การประเมินโครงการซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา สถานการณ์หรือผลของโครงการขึ้นอยู่กับเวลา เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาต่างๆ สามารถแสดงแนวโน้มและแบบแผนต่างๆ ได้ครอบคลุมทุกช่วงเวลา หาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบตามช่วงเวลาได้ ซึ่งแบบจำลองชนิดนี้จะถูกตัดแปลงมากจากแบบจำลองแบบคงที่ สามารถนำแบบจำลองชนิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับการตัดสินใจกำหนดช่องบริการรับฝากเงินของธนาคาร ตามช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์ก่อนว่า ทุกวันทำงานจันทร์ถึงศุกร์ ตามเวลางานของธนาคาร มีช่วงเวลาใดบ้างที่ลูกค้ามาใช้บริการฝาก-ถอนเป็นจำนวนมาก ควรจะจัดช่องให้บริการจำนวนกี่ช่อง ถ้าวันเวลาเปลี่ยนแปลงไป เช่น ทุกวันสิ้นเดือน การใช้บริการจะเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไรบ้าง

3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) ประกอบด้วย

- แบบจำลองในการหาทางเลือกที่ดีที่สุด (Optimization Model) การหาทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่มีทางเลือกน้อย ได้แก่ ตารางตัดสินใจ (Decision Table) และแผนภาพต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree)

4) แบบจำลองที่ใช้ Algorithm ใช้เมื่อการหาคำตอบนั้นยุ่งยากเกินไปสำหรับวิธีแบบ Decision Table และ Decision Tree ดังนั้นแบบจำลองที่มีการใช้ Algorithm (Alg) ในการทำงานนั้น จึงเหมาะกับปัญหาที่มีทางเลือกมากมาย ผู้ตัดสินใจเกิดความสับสน ไม่สามารถเลือกทางเลือกได้ถูกต้อง จึงต้องใช้ Algorithm มาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย

- แบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) แบบจำลองชนิดนี้ต้องอาศัยสูตรหรือสมการทางคณิตในการคำนวณ มีองค์ประกอบของการกำหนด Function วัตถุประสงค์ (Objective function) ตัวแปรอิสระ, ตัวแปรตามภายใต้ข้อจำกัด (Constrain function)และขอบเขตของตัวแปรในการตัดสินใจ สำหรับวิธีการใช้งานนั้นสามารถคำนวณด้วยมือ หรือใช้โปรแกรมอำนวยความสะดวกที่มีความสามารถด้านคำนวณ Linear Programming ส่วนใหญ่มักใช้กับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ การจัดการด้านงานผลิต เช่น คำนวณหาว่ามีทรัพยากร (Resource) อยู่ในโรงงานจำนวนจำกัดจะทำการผลิตโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ในสัดส่วนเท่าใดจึงจะทำให้โรงงานมีกำไรสูงสุด เป็นต้น

- แบบจำลองการโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming Model) ใช้ในการหาผลลัพธ์จากเป้าหมายหลาย ๆค่าทำการเปรียบเทียบค่า (Compare) ในแต่ละค่าเป้าหมายจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด วิธีนี้จะใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายใต้ข้อจำกัดที่เรามีอยู่ มักใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจทางธุรกิจ เช่น แก้ปัญหาการผลิต การจัดสรรแรงงาน เป็นต้น

- แบบจำลองเครือข่าย (Network model) ลักษณะของแบบจำลองเครือข่าย จะคล้ายกับ Net หรือ Graph ซึ่งแต่ละ Node มักจะแทนด้วยเมืองต่าง ๆ ที่ต้องเดินทาง แต่ละเมืองหรือแต่ละ Node นั้นจะเชื่อมถึงกัน โดยนำ Network Model มาใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทางเพื่อให้ใช้ระยะทางสั้นที่สุด หรือแก้ปัญหาการขนส่งที่เดินทางน้อยสุด

5) แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้เทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์เสมือนจริง บ่อยครั้งที่ใช้แบบจำลองชนิดนี้เป็นเครื่องมือในการทำงานของระบบ DSS

2.4.2 การประยุกต์แบบจำลองด้านการขนส่ง

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง [12] กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นรูปแบบการประมูลที่บริษัทผู้ผลิตสินค้าใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง เพื่อลดการเดินรถเที่ยวเปล่าโดยรวมของทั้งระบบลง และลดต้นทุนการดำเนินการของทั้งผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิต สิ่งที่สำคัญของงานวิจัยนี้คือ การมองในมุมมองของผู้ผลิตให้การคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง ซึ่งถ้ามองในมุมมองของทางผู้ให้บริการขนส่งจึงจำเป็นต้องสร้างความยืดหยุ่นของการจัดทำสัญญา

การสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบเต็มคันรถอย่างต่อเนื่อง [13] กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลองและขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากเส้นทางขนส่งทั้งหมด สำหรับสิ่งที่น่าสนใจในงานวิจัยนี้คือการขนส่งแบบเต็มคัน ในการวิเคราะห์การขนส่งแบบเต็มคันมีวิธีการหาผลเฉลยรูปแบบกำหนดการจำนวนต็ม (Integer Programming) โดยหาผลเฉลยด้วยวิธีฮิวริสติค

การสร้างแบบจำลองในการดำเนินการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันภายใต้ความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าและความไม่แน่นอนของเวลาในการขนส่งสินค้าขึ้นและลงรถบรรทุก [14] กล่าวถึงโดยสิ่งที่น่าสนใจของงานวิจัยนี้คือการสร้างแบบจำลองการเข้ามาของความต้องการขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละเส้นทางในแต่ละวัน โดยศึกษารูปแบบการกระจายตัวทางสถิติซึ่งได้จากข้อมูลการขนส่งสินค้าในอดีตของผู้ให้บริการขนส่ง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์กับการสร้างแบบจำลองความต้องการของงานวิจัยนี้ได้โดยวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวทางสถิติได้เช่นกัน

การสร้างแบบจำลองเชิงความน่าจะเป็นสำหรับการวิเคราะห์การเดินรถเที่ยวกลับ [15] กล่าวถึงการสร้างแบบจำลองสถาณการณ์เพื่อหาโอกาสที่จะเกิดรถเที่ยวกลับ โดยอาศัยการกระจายตัวของความต้องการในการขนส่ง และเป็นแบบจำลองการขนส่งที่ไม่แน่นอน โดยอาศัยความน่าจะเป็น และค่าคาดหวังมาวิเคราะห์

จากแบบจำลองทางด้านการขนส่งในลักษณะต่างๆ พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของการจัดเส้นทางและการจัดกระบวนการขนส่งเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด รวมถึงลดระยะเวลา ลดการเดินรถเที่ยวเปล่า ซึ่งมีทั้งวิเคราะห์ความต้องการที่แน่นอนและความต้องการที่ไม่แน่นอน และมีวิธีการหาผลเฉลยในรูปแบบการทำวิธีฮิวริสติค อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างแบบจำลองโดยเน้นไปที่การจัดการปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอนของผู้ผลิต โดยคำตอบจะอยู่ในรูปของรูปแบบปิด(Close Form) ที่ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และการกระจายทางสถิติของความต้องการที่ไม่แน่นอนของผู้ผลิตซึ่งประยุกต์มาจากปัญหา Newsvendor รวมถึงสร้างแบบจำลองสถานการณ์จากความต้องการในอดีตเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลเฉลย

บทที่ 3

รูปแบบการจัดทำสัญญาและแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุก

ในบทนี้กล่าวถึงแนวคิดต่างๆ ในการวางแผนจัดการปริมาณรถบรรทุก โดยศึกษารูปแบบการจัดทำสัญญาว่าจ้างขนส่งระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิต รวมถึงสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของจำนวนเที่ยวที่เหมาะสมสำหรับการจัดเตรียมรถบรรทุกของผู้ให้บริการขนส่ง

3.1 การวางแผนจัดการรถบรรทุก

การวางแผนการจัดการรถบรรทุก คือการวางแผนล่วงหน้าของผู้ให้บริการขนส่งเพื่อจัดเตรียมปริมาณรถบรรทุกให้เหมาะสมของกับความต้องการจากผู้ผลิตในระยะยาวเป็นการวางแผนแบบรายปี โดยมีขั้นตอนต่างๆ ในการวางแผนจัดการรถบรรทุกดังนี้

เริ่มจากผู้ผลิตแจ้งการพยากรณ์จำนวนเที่ยวรถบรรทุก พร้อมทั้งจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของแต่ละเที่ยวล่วงหน้า 1 วัน เพื่อให้ทางผู้ให้บริการขนส่งวางแผนเส้นทางรถบรรทุกในสังกัดให้สามารถเดินรถได้ตามความเหมาะสม หากความต้องการเที่ยวรถบรรทุกมีจำนวนมากกว่าจำนวนเที่ยวรวมที่รถบรรทุกในสังกัดสามารถให้บริการได้ ทางผู้ให้บริการขนส่งต้องจ้างรถบรรทุกจากผู้รับเหมาภายนอกเพื่อมาสนับสนุนงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายทางผู้ให้บริการขนส่งเป็นผู้รับไว้ทั้งหมด

ในทางตรงกันข้ามถ้าความต้องการเที่ยวรถบรรทุกมีน้อยกว่าจำนวนเที่ยวรวมที่รถบรรทุกในสังกัดสามารถให้บริการได้ ผู้ให้บริการขนส่งต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในส่วนของพนักงานขับรถและค่าเสียโอกาส จากปัญหาเหล่านี้ทำให้ผู้ให้บริการขนส่งต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในสองกรณี โดยที่ทางผู้ผลิตไม่มีส่วนร่วมในการบริหารความเสี่ยง ลักษณะที่น่าสนใจประการหนึ่งในการศึกษาการวางแผนคือ ผู้ให้บริการขนส่งต้องการให้กำหนดจำนวนรถบรรทุกเพื่อรองรับความต้องการรถบรรทุกของผู้ผลิตซึ่งอยู่ในรูปแบบของจำนวนเที่ยวรถบรรทุก จากการสัมภาษณ์และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าความต้องการจำนวนเที่ยวบรรทุกต่อวันไม่คงที่ โดยขึ้นอยู่กับลักษณะงานของผู้ผลิตและทำการแจ้งความต้องการล่วงหน้าเพียง 1 วัน ซึ่งเป็นการยากที่ผู้ให้บริการขนส่งสามารถจัดสรรเที่ยวรถได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ข้อเสนอในการจัดทำสัญญาว่าจ้างขนส่ง

รูปแบบสัญญาที่กล่าวถึงต่อไปนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยมุมมองของผู้ให้บริการขนส่งเป็นหลัก เนื่องจากข้อจำกัดด้านข้อมูลของผู้ผลิตที่คณะผู้วิจัยได้รับ สัญญาว่าจ้างขนส่งแบบใหม่นี้มีข้อเสนอว่า ทางผู้ผลิตนั้นต้องจองรถบรรทุกไว้ก่อนล่วงหน้าในระยะเวลาที่กำหนด

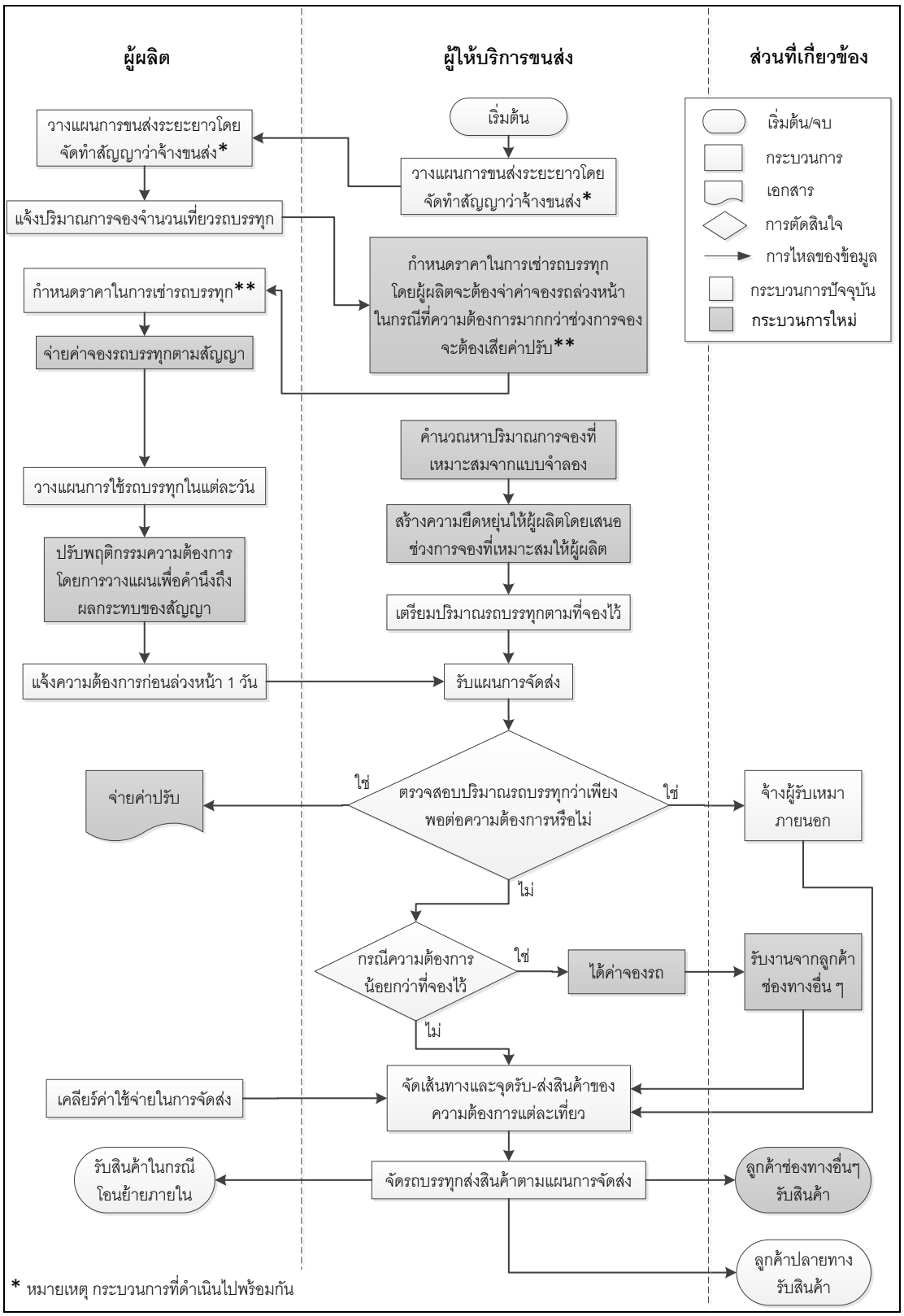
ดังนั้นสิ่งสำคัญของการทำสัญญานี้ในมุมมองของผู้ให้บริการขนส่ง คือผู้ให้บริการขนส่งจะต้องเตรียมรถบรรทุกไว้จำนวนกี่คันเพื่อรองรับการจองรถจากผู้ผลิตซึ่งคิดอยู่ในรูปแบบจำนวนเที่ยวต่อวัน (Q) ผู้ผลิตจะแจ้งยืนยันความต้องการก่อนล่วงหน้า 1 วัน โดยเปิดโอกาสให้ผู้ผลิตสามารถแจ้งปรับจำนวนเที่ยวรถบรรทุกได้ ทั้งนี้ถ้าผู้ผลิตต้องการรถบรรทุกมากกว่าจำนวน Q เที่ยว จะเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการจ้างรถจากผู้รับเหมารายอื่นเพื่อสนับสนุนงาน แต่ถ้าผู้ผลิตวางแผนวิ่งรถบรรทุกไว้น้อยกว่าจำนวน Q เที่ยว จะเกิดค่าใช้จ่ายในการจองรถบรรทุกส่วนต่างที่เกินมาจากปริมาณรถที่มีการเดินรถ ดังจะสรุปเป็นกระบวนการในการทำสัญญาใหม่ระหว่างบริษัท และการแลกเปลี่ยนข้อมูลความต้องการของผู้ผลิตที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 3.1

จากสัญญานี้แสดงให้เห็นว่าทางผู้ผลิตมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อความแปรผันของความต้องการทำให้ผู้ผลิตต้องวางแผนการจัดส่งสินค้าของลูกค้าปลายทาง รวมถึงการจัดส่งโอนย้ายสินค้าภายในเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งระบบ

3.3 การสร้างแบบจำลองจำนวนเที่ยวที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมรถบรรทุก

จากข้อเสนอสัญญาในหัวข้อที่ 3.2 ได้สร้างแบบจำลองจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่เหมาะสมในการเตรียมรถบรรทุก โดยเริ่มพิจารณาจากพิจารณาจาก 3 กรณีได้แก่ (1) กรณีพิเศษที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าไม่มีกำไรต่อเที่ยวจากการหารถบรรทุกที่วิ่งงานนอกสัญญา และ (2) กรณีทั่วไปที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าไม่มีกำไรต่อเที่ยวจากการหารถบรรทุกที่วิ่งงานนอกสัญญา รวมถึง (3) การวิเคราะห์สำหรับความต้องการที่สามารถเกิดขึ้นจากช่องทางอื่น นอกเหนือจากผู้ผลิตที่จัดทำสัญญาไว้

ในการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 กรณีนั้นสำหรับใน 2 กรณีแรกใช้การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง และพิสูจน์แบบจำลองจากปัญหาคลาสิค Newsvendor แต่กรณีที่ 3 ใช้การประยุกต์ปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทางโดยวิเคราะห์ความต้องการของผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้รวมถึงความต้องการของลูกค้ารายย่อยในช่องทางอื่นๆ เช่นกัน



ภาพที่ 3.1 กระบวนการจัดส่งระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตในกรณีศึกษาโดยเพิ่มข้อเสนอในการจัดทำสัญญาแบบใหม่

3.3.1 การสร้างแบบจำลองสำหรับความต้องการช่องทางเดียว

ตัวแปร

Q คือ จำนวนเที่ยวของรถบรรทุกที่ต้องเตรียมไว้

D คือ ความต้องการจำนวนเที่ยวของรถบรรทุกจากผู้ผลิต

พารามิเตอร์

c คือ จำนวนเที่ยวของรถบรรทุกที่ต้องเตรียมไว้

h คือ ความต้องการจำนวนเที่ยวของรถบรรทุกจากผู้ผลิต

p คือ ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยว

r คือ ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวตามสัญญา

g คือ ค่าปรับต่อเที่ยวจากผู้ผลิตสินค้าในกรณีที่ความต้องการเกินกว่าจำนวนรถบรรทุกที่เตรียมไว้

ฟังก์ชัน

$f(.)$ คือ ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม

$F(.)$ คือ ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม

$\Pi(.)$ คือ ฟังก์ชันกำไรของผู้ให้บริการขนส่ง

$\Pi^s(.)$ คือ ฟังก์ชันกำไรของผู้ให้บริการขนส่งสำหรับกรณีพิเศษ

จำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องการเป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variable) โดยมีสมมติฐานว่าฟังก์ชันส่วนกลับของการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมที่แน่นอนและเป็นอิสระต่อกัน (Independent and Identical Distribution, iid) ถ้าละเว้นเงื่อนไขของปัจจัยที่เกิดขึ้นจากอนุกรมเวลา โดยตัวแปรตัดสินใจในแบบจำลองนี้ คือจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่เหมาะสมในการเตรียมรถไว้เมื่อพิจาร

ณาถึงกำไรของผู้ให้บริการขนส่งทั้งหมดพบว่า

$\Pi(D,Q)$ = รายได้จากการวิ่งรถบรรทุก + รายได้จากการจองรถบรรทุกตามสัญญา + รายได้จากการที่ผู้ผลิตสินค้าผิดสัญญา - ค่าใช้จ่ายจากการเตรียมรถบรรทุกตาม

สัญญา - ค่าใช้จ่ายจากการเช่ารถบรรทุกนอกสัญญา

$$= pD + rQ + g\max\{D-Q,0\} - cQ - h\max\{Q-D,0\}$$

เมื่อจัดรูปใหม่จะได้สมการดังนี้

$$\Pi(D,Q) = (p+g-h)\max\{D-Q,0\} + (p+r-c)\min\{D,Q\} + (r-c)\max\{Q-D,0\} \quad (3.1)$$

3.3.1.1 การกำหนดเงื่อนไขของแบบจำลอง

จากฟังก์ชันกำไรสมการ (3.1) มีการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและรายได้ดังนี้

1) ผู้ให้บริการขนส่งต้องมีกำไรต่อเที่ยวจากการวิ่งรถบรรทุกนอกสัญญา หรือ $p+g-h>0$
2) ผู้ให้บริการขนส่งต้องมีกำไรต่อเที่ยวจากการวิ่งรถบรรทุกตามสัญญา หรือ $p+r-c>0$
3) ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวน้อยกว่าค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในการเตรียมรถบรรทุกตามสัญญา หรือ $r<c$
4) ในเทอม $p+g-h \le p+r-c$ หรือ กำไรต่อเที่ยวจากการวิ่งรถบรรทุกตามสัญญาน้อยกว่ากำไรต่อเที่ยวรายได้ต่อเที่ยวจากการวิ่งรถบรรทุกนอกสัญญา ฉะนั้นผู้ให้บริการขนส่งจองรถบรรทุกเพิ่มขึ้นจากสัญญาเงื่อนไขที่ 4 สามารถลดรูปได้เป็น $g-h \le r-c$

3.3.1.2 แบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษ

ในกรณีพิเศษนี้กล่าวถึง กรณีที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าไม่มีกำไรต่อเที่ยวจากการหารถบรรทุกที่วิ่งงานนอกสัญญาหรือ $p+g-h=0$ ดังนั้นสมการ (3.1) ลดรูปเป็น

$$\Pi^s(D,Q) = (p+r-c)\min\{D,Q\} + (r-c)\max\{Q-D,0\} \quad (3.2)$$

จากข้อเสนอของสัญญาในหัวข้อที่ 3.2 พบว่า การตัดสินใจค่าปริมาณที่เหมาะสมในการเตรียมรถบรรทุกของผู้ให้บริการขนส่งเพื่อสนับสนุนการจองรถบรรทุกผู้ผลิตมีค่าเดียวเท่านั้นภายในช่วงระยะเวลาในการจัดทำสัญญาเริ่มใช้ปริมาณการเตรียมรถบรรทุกนี้ในช่วงเริ่มต้นจัดทำสัญญา รวมถึงผู้ให้บริการขนส่งจะไม่ทราบค่าที่แน่นอนของความต้องการของผู้ผลิต แต่สามารถหาลักษณะการกระจายของความต้องการของผู้ผลิตได้โดยการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีต และจาก

สมการที่ (3.2) พบว่า การตัดสินใจหาค่ากำไรนั้นไม่สามารถหาค่าที่ดีที่สุดได้เนื่องจาก ค่าความต้องการอยู่ในรูปแบบความต้องการที่ไม่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องตัดสินใจที่หาค่าเฉลี่ยของกำไรที่ดีที่สุดแทน ซึ่งปัญหาและสมมติฐานดังกล่าวสามารถเทียบเท่ากับปัญหาตัวแบบ Newsvendor โดยสามารถหาสมการสัดส่วนวิกฤติ (Critical Ratio) ได้ดังนี้

$$F(Q^*) = \frac{p + r - c}{p} \tag{3.3}$$

จากสมการ (3.3) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับสมการสัดส่วนวิกฤติในรูปทั่วไปหรือ $F(Q^*) = \frac{C_u}{C_o + C_u}$ พบว่าค่าเสียโอกาสจากการมีสินค้าหรือการมีปริมาณเที่ยวรถบรรทุกที่น้อยกว่าความต้องการคือ $C_u = p + r - c$ และค่าเสียโอกาสจากการมีสินค้าหรือการมีปริมาณเที่ยวรถบรรทุกที่มากกว่าความต้องการคือ $C_o = c - r$

3.3.1.3 การพิสูจน์แบบจำลองกรณีพิเศษ

พิสูจน์สมการที่ (3.3) จากแนวคิดของปัญหาตัวแบบ Newsvendor โดยเริ่มจากคุณลักษณะในการพิสูจน์ปัญหาตัวแบบ Newsvendor [16] ดังนี้

$$\begin{aligned} L(Q) &= h\int_0^Q (Q - x) f(x)dx + p\int_Q^\infty (x - Q) f(x)dx \\ L'(Q) &= hF(Q) - p(1 - F(Q)) \\ F(Q) &= \frac{p}{p + h} \end{aligned} \tag{3.4}$$

และ

$$\begin{aligned} \int_0^Q gxf(x)dx &= \int_0^\infty gxf(x)dx + \int_Q^\infty gxf(x)dx \\ \int_0^Q gxf(x)dx &= g\mu - \int_Q^\infty gxf(x)dx \end{aligned} \tag{3.5}$$

ดังนั้นเมื่อนำคุณลักษณะที่ (3.5) มาพิสูจน์สมการที่ (3.3) โดยนำฟังก์ชันกำไรที่ได้จากสมการที่ (3.1) เพื่อหาค่าเฉลี่ยได้สมการดังนี้

$$E[\Pi^S(D,Q)] = \int_0^Q (p+r-c)Df(D)dD + \int_Q^\infty (p+r-c)Qf(D)dD$$
$$+ \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD$$
$$= (p+r-c)\mu - \int_Q^\infty (p+r-c)Df(D)dD$$
$$+ \int_Q^\infty (p+r-c)Qf(D)dD + \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD$$
$$E[\Pi^S(D,Q)] = (p+r-c)\mu + \int_Q^\infty (p+r-c)(Q-D)f(D)dD$$
$$+ \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD$$

ดังนั้นได้สมการค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันกำไรคือ

$$E[\Pi(D,Q)] = \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD + \int_Q^\infty (-p-r+c)(D-Q)f(D)dD + (p+r-c)\mu \quad (3.6)$$

จากนั้นต้องหาค่าสูงสุดของสมการโดยเริ่มจากการหาอนุพันธ์ของค่าเฉลี่ยในสมการที่ (3.6) ด้วยคุณลักษณะที่ (3.4) ได้สมการดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial Q} E[\Pi(D,Q)] = (r-c)F(Q) - (-p-r+c)[1-F(Q)] \quad (3.7)$$

จากนั้นนำอนุพันธ์ของค่าเฉลี่ยจากสมการที่ (3.7) มาหาค่าสูงสุดโดยให้ค่าเท่ากับศูนย์ได้สมการดังนี้

$$(r-c)F(Q) + (p+r-c)[1-F(Q)] = 0 \quad (3.8)$$

3.3.1.4 แบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไป

จากเงื่อนไขต่างๆ ในหัวข้อ 3.3.1.1 พบว่ากรณีทั่วไปในการให้บริการขนส่งนั้นสามารถเกิดกรณีที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าสร้างกำไรต่อเที่ยวจากการหารถบรรทุกที่วิ่งงานนอกสัญญาหรือ $p+g-h$ ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์จากสมการที่ (3.1) จะเทียบเท่ากับปัญหาตัวแบบ Newsvendor โดยมีสมการสัดส่วนวิกฤติ (Critical Ratio) คือ

$$F(Q^*) = \frac{h-g+r-c}{h-g} \tag{3.9}$$

จากสมการที่ (3.9) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับสมการสัดส่วนวิกฤติในรูปทั่วไปหรือ $F(Q^*) = \frac{C_u}{C_o + C_u}$ จะพบว่าค่าเสียโอกาสจากการมีสินค้าหรือการมีปริมาณเที่ยวรถบรรทุกที่น้อยกว่าความต้อง การคือ $C_u = g - h + r - c$ และค่าเสียโอกาสจากการมีสินค้าหรือการมีปริมาณเที่ยวรถบรรทุกที่มากกว่าความต้องการคือ $C_o = c - r$

3.3.1.5 การพิสูจน์แบบจำลองกรณีทั่วไป

พิสูจน์สมการที่ (3.9) จากแนวคิดของปัญหาตัวแบบ Newsvendor โดยเริ่มจากคุณลักษณะในการพิสูจน์ปัญหาตัวแบบ Newsvendor [16] ดังนี้

$$\begin{aligned}
E[\Pi(D,Q)] &= \int_Q^\infty (p+g-h)(D-Q)f(D)dD + \int_0^Q (p+r-c)Df(D)dD \\
&\quad + \int_Q^\infty (p+r-c)Qf(D)dD + \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD \\
&= \int_Q^\infty (p+g-h)(D-Q)f(D)dD \\
&\quad + (p+r-c)\mu - \int_Q^\infty (p+r-c)Df(D)dD \\
&\quad + \int_Q^\infty (p+r-c)Qf(D)dD + \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD \\
&= \int_Q^\infty (p+g-h)(D-Q)f(D)dD + \int_Q^\infty (p+r-c)(Q-D)f(D)dD \\
&\quad + \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD + (p+r-c)\mu \\
&= \int_Q^\infty (p+g-h)(D-Q)f(D)dD + \int_Q^\infty (-p-r+c)(D-Q)f(D)dD \\
&\quad + \int_0^Q (r-c)(Q-D)f(D)dD + (p+r-c)\mu
\end{aligned}$$

ดังนั้นได้สมการค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันกำไรคือ

$$E[\Pi(D,Q)] = \int_0^Q (r-c)(Q-D)\,f(D)dD + \int_Q^\infty (g-h-r+c)(D-Q)\,f(D)dD + (p+r-c)\mu \quad (3.10)$$

จากนั้นต้องหาค่าสูงสุดของสมการโดยเริ่มจากการหาอนุพันธ์ของค่าเฉลี่ยในสมการที่ (3.10) ด้วยคุณลักษณะที่ (3.4) ได้สมการดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial Q} E[\Pi(D,Q)] = (r-c)F(Q) - (g-h-r+c)[1-F(Q)] \quad (3.11)$$

จากนั้นนำอนุพันธ์ของค่าเฉลี่ยจากสมการที่ (3.11) มาหาค่าสูงสุดโดยให้ค่าเท่ากับศูนย์ จะได้สมการดังนี้

$$(r-c)F(Q) + (h-g+r-c)[1-F(Q)] = 0 \quad (3.12)$$

3.3.2 การสร้างแบบจำลองสำหรับกรณีความต้องการหลายช่องทาง

จากแบบจำลองในหัวข้อที่ 3.3.1 ลักษณะความต้องการของลูกค้าหรือผู้ผลิตเป็นแบบช่องทางเดียวผูกขาด ซึ่งในตลาดของอุตสาหกรรมการขนส่งสินค้านั้นนอกจากลูกค้าที่ทำสัญญาแล้ว สิ่งที่มองข้ามไม่ได้คือ ลูกค้าช่องทางอื่นๆ ที่เข้ามาใช้บริการขนส่งโดยไม่ได้ทำสัญญาไว้ โดยจะเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่เพิ่มโอกาสการขายของผู้ให้บริการขนส่ง

ดังนั้นในหัวข้อนี้กล่าวถึงแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกที่คำนึงถึงความต้องการจากหลายช่องทาง ทั้งผู้ผลิตรายใหญ่ที่ทำสัญญาไว้และลูกค้ารายย่อยช่องทางอื่นๆ โดยมีสมมติฐานว่าความต้องการของลูกค้ารายย่อย ต้องมีสัดส่วนน้อยกว่าความต้องการของผู้ผลิตรายใหญ่ รวมถึงความต้องการของลูกค้ารายย่อยและความต้องการของผู้ผลิตรายใหญ่มีความเป็นอิสระต่อกัน

<u>ตัวแปร</u>

- Q คือ จำนวนเที่ยวของรถบรรทุกที่ต้องเตรียมไว้
- Q^* คือ จำนวนเที่ยวของรถบรรทุกที่ต้องเตรียมไว้ที่เหมาะสมที่สุด
- D_1 คือ ความต้องการจำนวนเที่ยวของรถบรรทุกจากผู้ผลิต
- D_2 คือ ความต้องการจำนวนเที่ยวของรถบรรทุกจากลูกค้ารายย่อย
- T_2 คือ ผลรวมต้องการของผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้และผู้ผลิตรายย่อย

พารามิเตอร์

c คือ จำนวนเที่ยวของรถบรรทุกที่ต้องเตรียมไว้

p_1 คือ ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวจากผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้

p_2 คือ ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวจากผู้ผลิตรายย่อย

r คือ ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวตามสัญญา

ฟังก์ชัน

$F_1(.)$ คือ ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของความต้องการของผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้

$G_2(.)$ คือ ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของผลรวมของความต้องการของผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้และผู้ผลิตรายย่อย

$\Pi^m(.)$ คือ ฟังก์ชั่นกำไรรวมแบบความต้องการหลายช่องทาง

จากสมการที่ (2.9) และ (2.10) สามารถหาฟังก์ชันกำไรโดยเกิดจากความต้องการของลูกค้าจำนวน 3 ช่องทางได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\Pi^m(Q,D_1,D_2,D_3) = {} & P_1\min\{D_1,Q\} - CQ \\ & + P_2\min\{D_2,\max\{Q-D_1,0\}\} \\ & + P_3\{D_3,\max\{Q-D_1-D_2,0\}\}\end{aligned} \tag{3.13}$$

จากฟังก์ชันกำไรที่เกิดจากความต้องการของลูกค้าจำนวน 3 ช่องทางดังสมการที่ (3.13) พบว่าประยุกต์ใช้กับแบบจำลองความต้องการหลายช่องทางในอุตสาหกรรมของผู้ให้บริการขนส่งในกรณีศึกษาได้ฟังก์ชันกำไรรวมดังนี้

$$\begin{aligned}\Pi^m(Q,D_1,D_2,D_s) = {} & (p_1+r)\min\{D_1,Q\} - cQ \\ & + p_2\min\{D_2,\max\{Q-D_1,0\}\} \\ & + r\min\{D_s,\max\{Q-D_1-D_2,0\}\} \\ & + (p_1+g-h)\max\{D_1-Q,0\}\end{aligned} \tag{3.14}$$

3.3.2.1 กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองความต้องการหลายช่องทาง

จากฟังก์ชันกำไรสมการที่ (3.14) กำหนดเงื่อนไขในอุตสาหกรรมของผู้ให้บริการขนส่งในกรณีศึกษาดังนี้

1) สำหรับกรณีนี้ผู้ให้บริการขนส่งไม่คิดกำไรต่อเที่ยวจากการวิ่งรถบรรทุกนอกสัญญา หรือ $p_1 + g - h = 0$
2) รายได้จากค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวจากผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้รวมกับค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวต้องมากกว่าค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวจากผู้ผลิตรายย่อย หรือ $p_1 + r > p_2$
3) ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวน้อยกว่า ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในการเตรียมรถบรรทุกตามสัญญา หรือ $r < c$
4) ความต้องการของที่เกิดจากการจอง (Salvage Value) $D_s = \infty$

3.3.2.2 แบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทาง

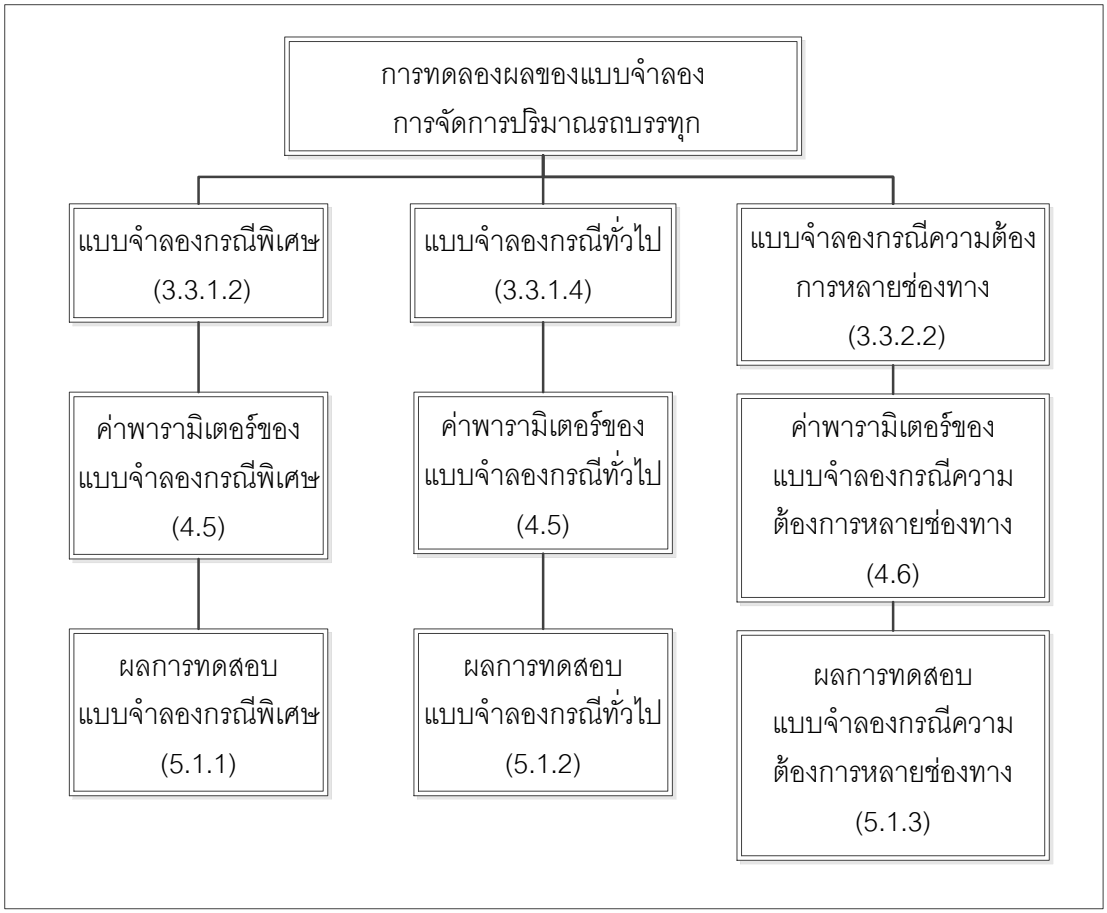
จากเงื่อนไขต่างๆ ในหัวข้อ 3.3.2.1 จะสามารถเขียนฟังก์ชันของกำไรสำหรับความต้องการหลายช่องทางได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\Pi^m(Q, D_1, D_2) = (p_1 + r)\min\{D_1, Q\} - cQ \\ + p_2 \min\{D_2, \max\{Q - D_1, 0\}\} \\ + r\max\{Q - (D_1 + D_2), 0\}\end{aligned} \tag{3.15}$$

จากสมการที่ (3.15) เราสามารถหาค่า Q^* ได้โดยเปรียบเทียบกับสมการที่ (2.14)ได้ดังนี้

$$(p_1 + r - p_2)(1 - F_1(Q^*)) + (p_2 - r)(1 - G_2(Q^*)) + r = c \tag{3.16}$$

จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งกรณีความต้องการแบบช่องทางเดียวและความต้องการหลายช่องทางพบว่า สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบของสมการทั่วไปการแก้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นในบทที่ 4 และบทที่ 5 จึงนำเสนอการทดลองจากข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาและการวิเคราะห์ผลการทดลองตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนผังหัวข้อการนำเสนอการทดลองผลของแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุก

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าและสร้างแบบจำลองสถานการณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าและสร้างแบบจำลองสถานการณ์กล่าวถึง ลักษณะของข้อมูลนำเข้าที่ได้จากบริษัทผู้ให้บริการขนส่งกรณีศึกษาที่อยู่ในรูปแบบความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุกในการขนส่ง รวมถึงนำข้อมูลดังกล่าวการมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ความต้องการสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ แบบจำลองสถานการณ์ความต้องการนี้วิเคราะห์พฤติกรรมต่างๆ ของลูกค้าที่เกิดจากผลกระทบของการทำสัญญา และวิเคราะห์เพื่อทดสอบความยืดหยุ่นของสัญญาจากผู้ให้บริการขนส่ง

4.1 บริษัทผู้ให้บริการขนส่งกรณีศึกษา

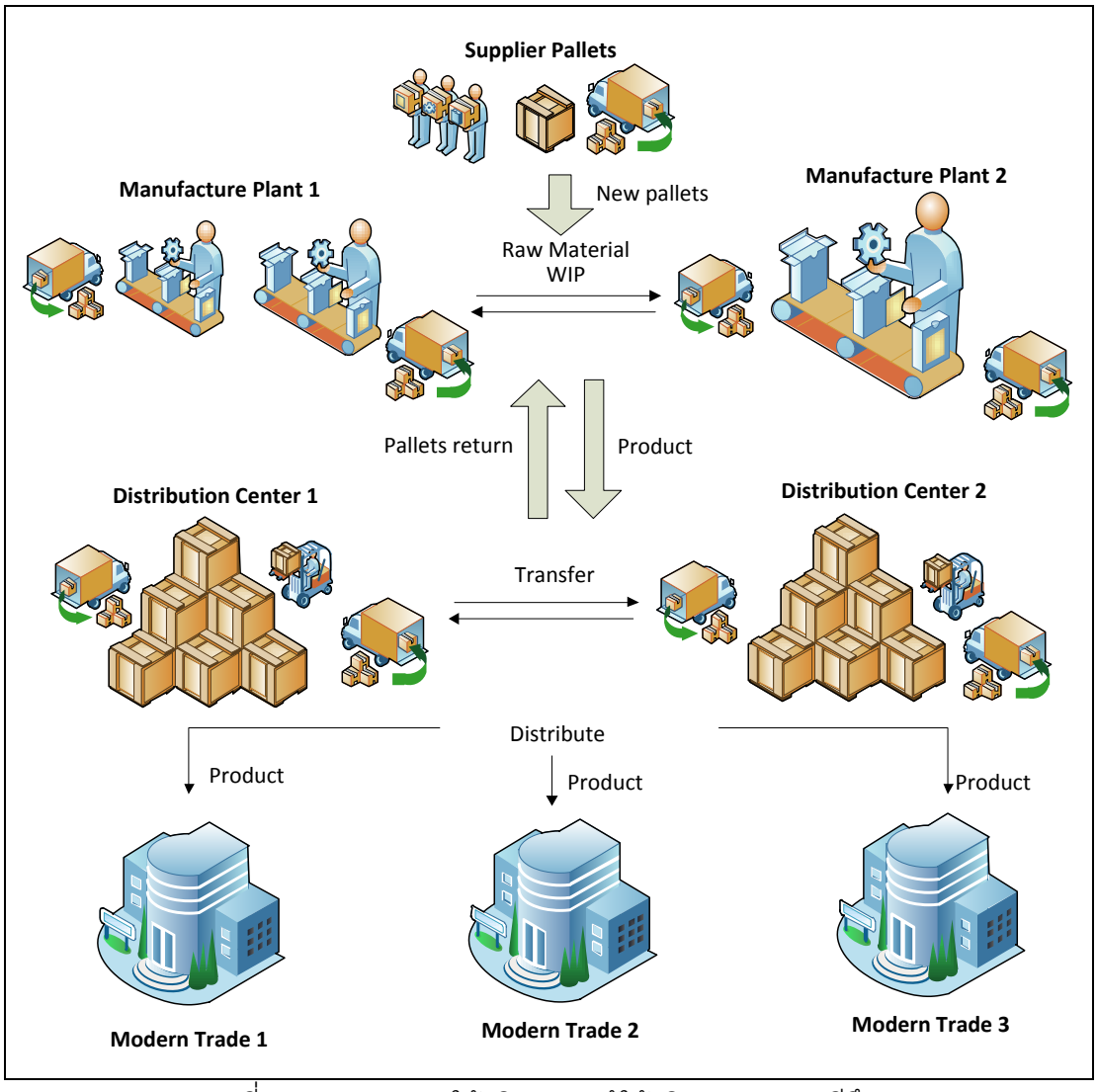
บริษัทผู้ให้บริการขนส่งขนส่งกรณีศึกษาจัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นบริษัทดำเนินการธุรกิจให้บริการขนส่งสินค้าทางบกให้กับบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ซึ่งเป็นบริษัทที่เจริญเติบโตมาจากธุรกิจผู้ประกอบการสถานีปั๊มน้ำมัน โดยบริษัทขนส่งกรณีศึกษาแบ่งการดำเนินงานตามประเภทสินค้าและรูปแบบการขนส่งได้เป็น 6 หน่วยงาน

1) หน่วยงานรับจัดส่งสินค้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์
2) หน่วยงานรับจัดส่งสินค้าของไปรษณีย์ไทย
3) หน่วยงานรับจัดส่งสินค้าประเภทเชื้อเพลิงน้ำมัน
4) หน่วยงานรับจัดส่งสินค้าสำหรับการส่งออกหรือนำเข้า
5) หน่วยงานรับจัดส่งสินค้าประเภทอุปโภคบริโภค
6) หน่วยงานรับจัดส่งสินค้าประเภทเม็ดพลาสติก

สำหรับหน่วยงานที่ศึกษาเป็นหน่วยงานที่ให้บริการขนส่งกับสินค้าประเภทอุปโภคบริโภคและดูแลการจัดส่งสินค้าประเภทอุปโภคบริโภคของสองบริษัทผู้ผลิตสินค้าประเภทอุปโภคบริโภครายใหญ่

จากการศึกษาข้อมูลของหน่วยงานนี้พบว่า บริษัทผู้ผลิตเครื่องดื่มรายหนึ่งที่เป็นลูกค้าหลักมีความซับซ้อนในการจัดส่งสินค้ามากกว่าบริษัทผู้ผลิตอื่นๆ เนื่องจากมีจุดรับ-ส่งสินค้ามากกว่า มีเงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านเวลาในการจัดส่งสินค้ามากกว่า และมีจำนวนเที่ยวในการจัดส่งสินค้าต่อวันสูงกว่า จึงทำให้ความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุกของผู้ผลิตรายนี้มีความแปรปรวนสูง

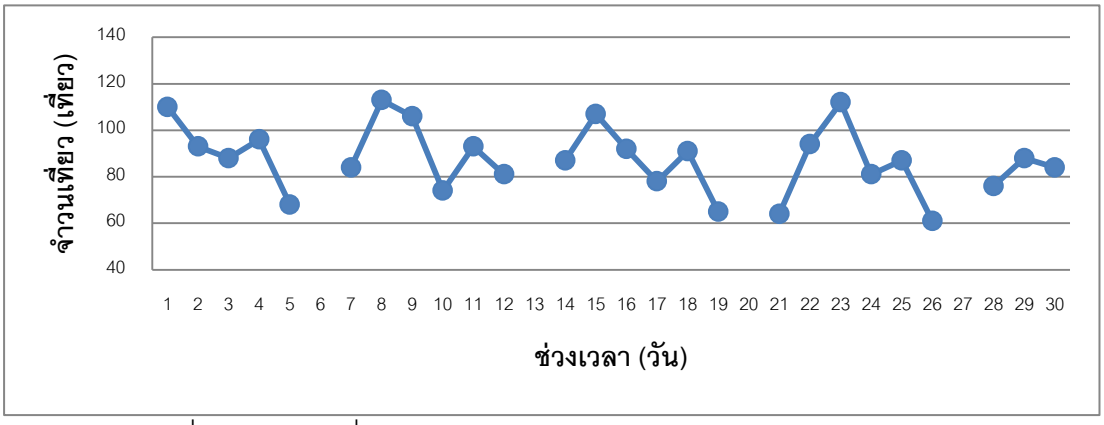
ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นของหน่วยงานนี้ และศึกษาเฉพาะบริษัทผู้ผลิตดังกล่าว โดยหน่วยงานนี้มีลักษณะการให้บริการขนส่งเพื่อรองรับรูปแบบต่างๆ ในแต่ละเที่ยวขนส่งของทางผู้ผลิตดังแสดงในภาพที่ 4.1 พบว่าจุดต้นทางและปลายทางของผู้ผลิตนั้นมีหลายแบบโดยทางผู้ผลิตใช้บริการขนส่งเฉพาะรถบรรทุกประเภท 18 ล้อที่ติดแก๊ส NGV โดยขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truck Load) ทำให้ผู้ให้บริการขนส่งไม่ต้องคำนึงถึงน้ำหนักหรือพื้นที่ที่บรรทุกสินค้า เนื่องจากผู้ผลิตได้วางแผนการขนส่งเป็นจำนวนเที่ยวเท่านั้น และเมื่อนำจำนวนรถบรรทุกมาคำนวนเป็นเที่ยวพบว่ารถบรรทุกแต่ละคันสามารถวิ่งได้จำนวนไม่เกิน 3 เที่ยว เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านเวลาและด้านระยะทางที่มีการขนส่งส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล



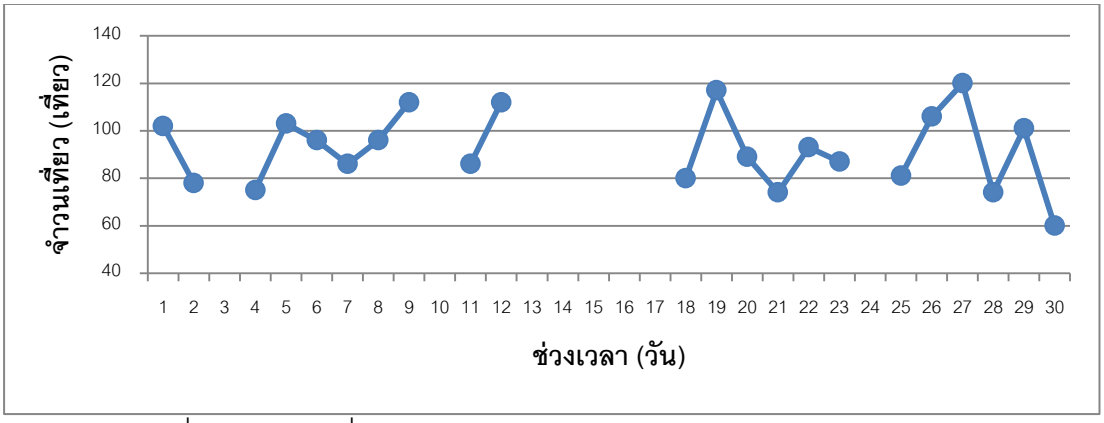
ภาพที่ 4.1 ลักษณะการให้บริการของผู้ให้บริการขนส่งกรณีศึกษา

4.2 ข้อมูลความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุก

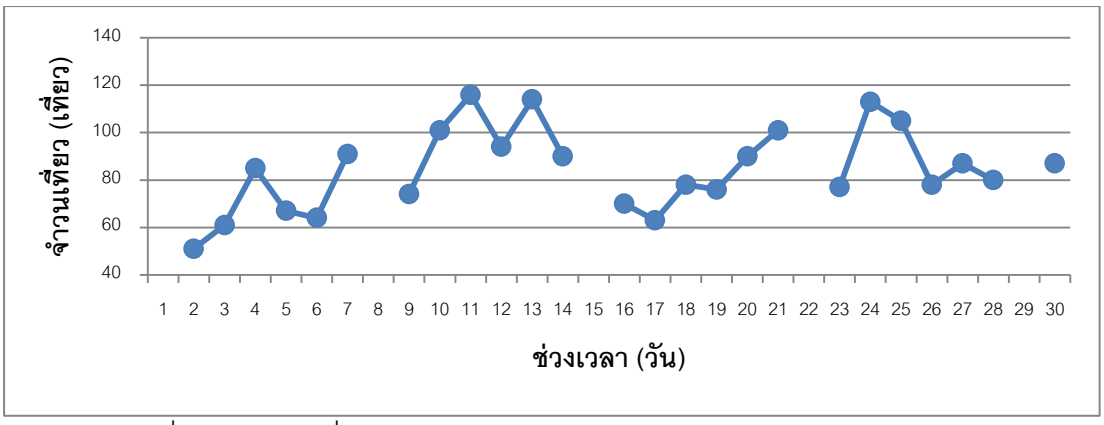
จากการศึกษากระบวนการจัดส่งสินค้าของบริษัทผู้ผลิตพบว่า ข้อมูลความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุกคือข้อมูลที่เกิดขึ้นจากแผนจัดส่งสินค้ารายวันให้กับลูกค้า โดยมองที่จำนวนเที่ยวรถบรรทุกเป็นหลัก ซึ่งศึกษาจากข้อมูลความต้องการย้อนหลัง และนำมาวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะการกระจายของข้อมูลความต้องการ โดยศึกษาข้อมูลย้อนหลังจากปี พ.ศ. 2554 เป็นจำนวน 4 เดือน เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่อยู่ในช่วงการจัดทำสัญญาแบบเดิมซึ่งเริ่มจากเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน และไม่พิจารณาข้อมูลความต้องการในวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ เนื่องจากเป็นวันหยุดของผู้ผลิตจึงทำให้มีความต้องการน้อยมาก



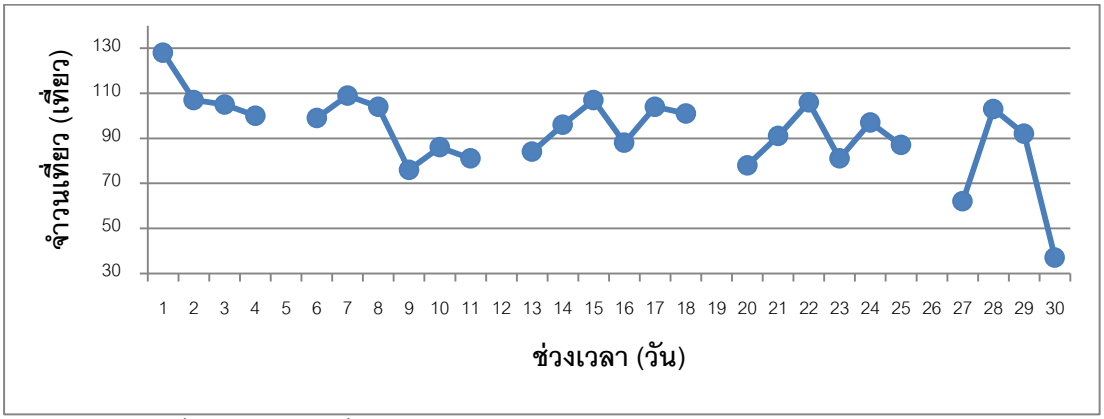
ภาพที่ 4.2 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 โดยไม่รวมวันหยุดนักขัตฤกษ์ และวันอาทิตย์



ภาพที่ 4.3 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 โดยไม่รวมวันหยุดนักขัตฤกษ์ และวันอาทิตย์



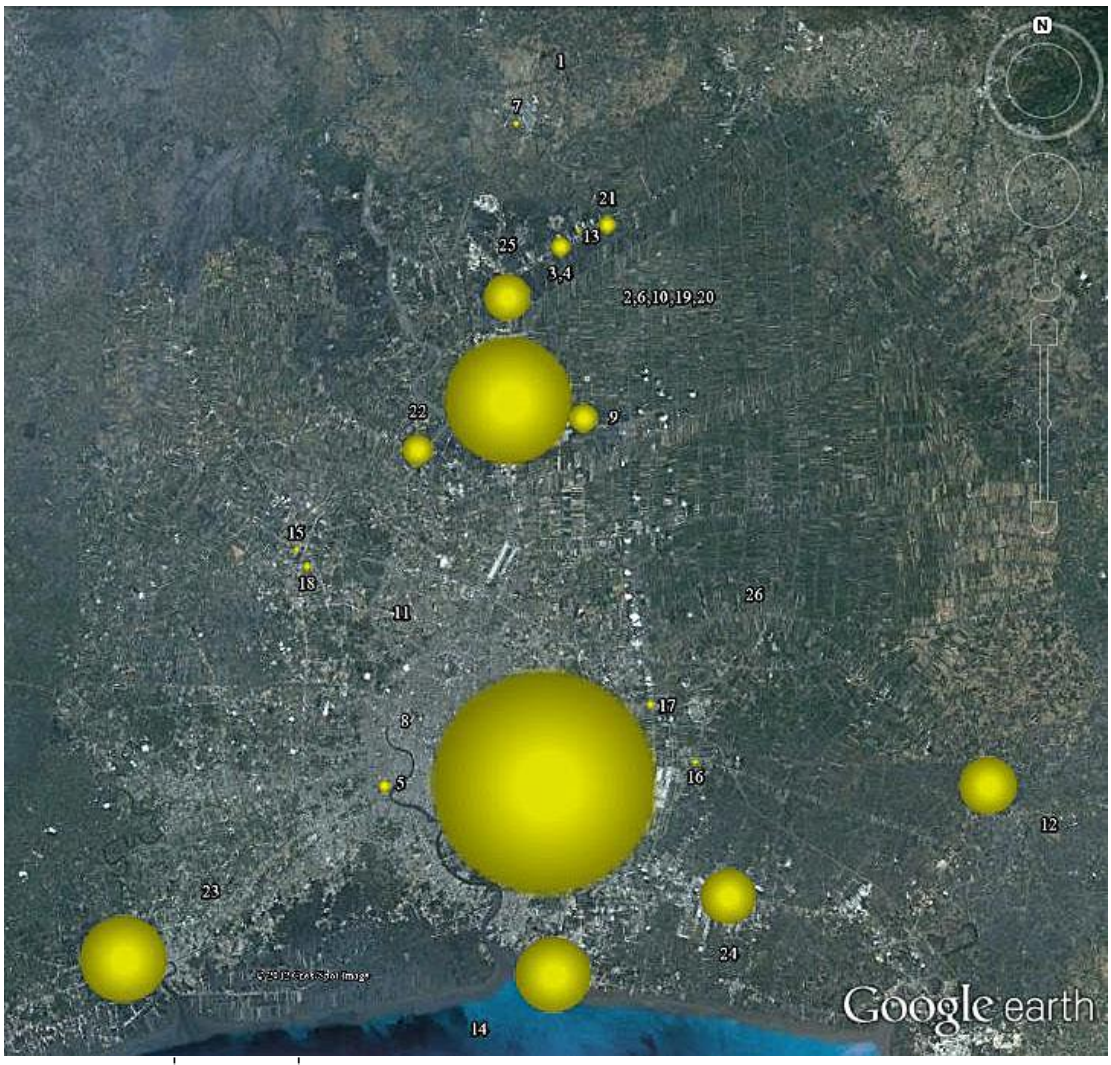
ภาพที่ 4.4 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 โดยไม่รวมวันหยุดนักขัตฤกษ์ และวันอาทิตย์



ภาพที่ 4.5 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกต่อช่วงเวลาในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 โดยไม่รวมวันหยุดนักขัตฤกษ์ และวันอาทิตย์

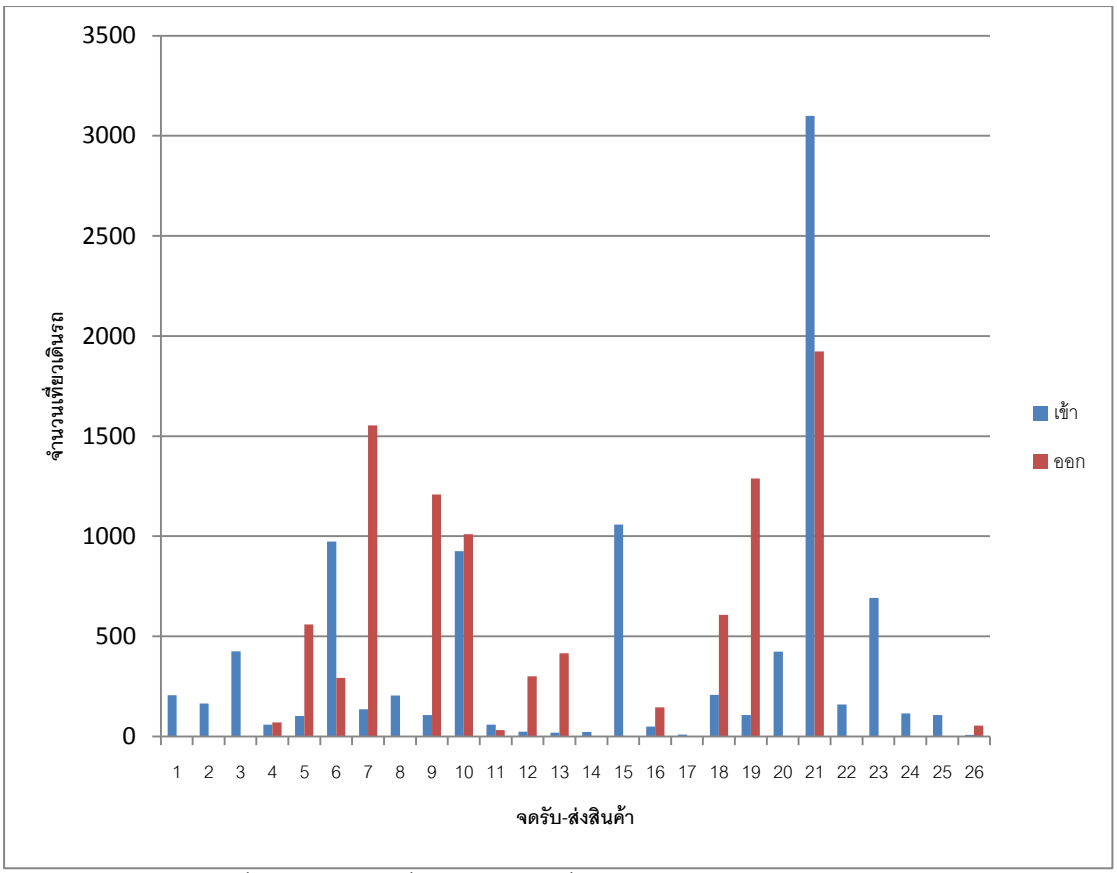
4.3 ข้อมูลจุดรับ-ส่งสินค้า

จากข้อมูลความต้องการที่อยู่ในรูปแบบของจำนวนเที่ยวที่โดยคิดจากเที่ยวเดินรถจากจุดรับ-ส่งสินค้าต่างๆ ซึ่งกระจายตัวอยู่ในกรุงเทพฯ และปริมณฑลดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แผนที่ความหนาแน่นของจุดรับ - ส่งสินค้าในกรุงเทพฯและปริมณฑล

จากภาพที่ 4.6 จะเห็นว่าขนาดของจุดขนาดของจุดรับ- ส่งสินค้ามีหลายขนาดแตกต่างกัน โดยขนาดของวงกลมแสดงถึงความหนาแน่นของจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่มีการรับ-ส่งสินค้า และพบว่ามีจุดที่มีขนาดใหญ่อยู่ 2 จุดนั่นคือ จุดที่เป็นศูนย์กระจายสินค้าหลักของผู้ผลิต ส่วนจุดอื่นๆ แสดงถึงโรงงานผลิตและร้านลูกค้ารายย่อย เมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นของจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่มีการรับ-ส่งสินค้า จะสามารถเขียนกราฟของจำนวนเที่ยวที่มีการเข้าออกภายในจุดรับ-ส่งสินค้าแต่ละจุดดังแสดงในภาพที่ 4.7



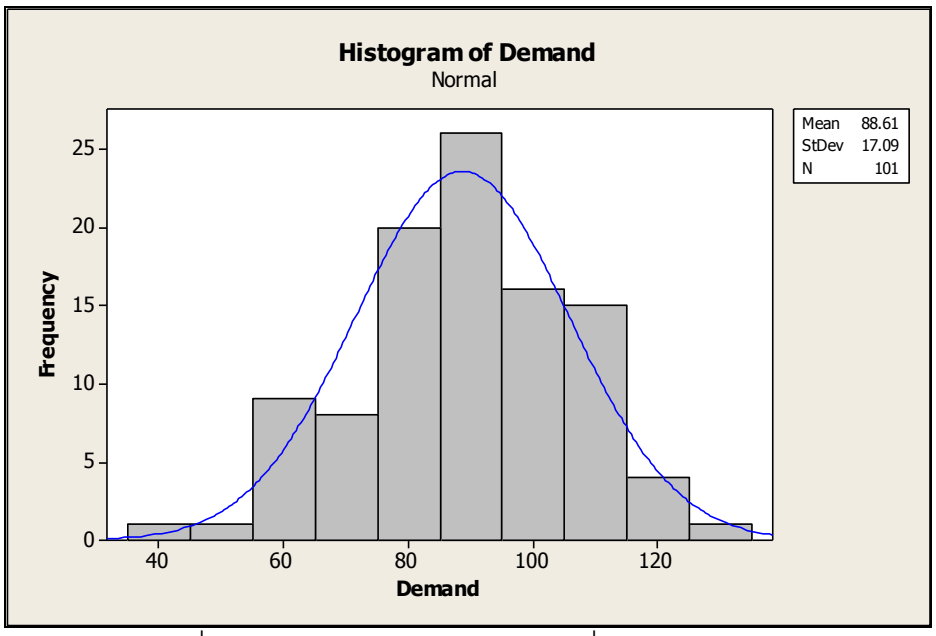
ภาพที่ 4.7 จำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่เข้าและออกจากจุดรับ-ส่งสินค้า

4.4 การพยากรณ์ความต้องการ

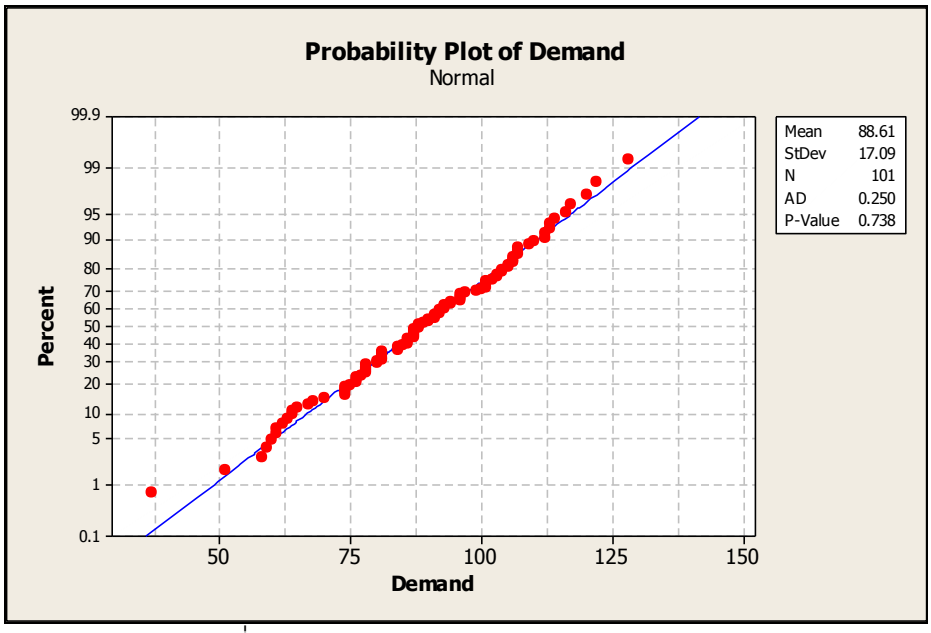
การพยากรณ์ความต้องการในอนาคตอาศัยการพยากรณ์จากข้อมูลความต้องการในอดีต โดยวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลความต้องการ รวมถึงลักษณะของการกระจายความน่าจะเป็นของความต้องการในอดีตเพื่อนำไปสร้างแบบจำลองความต้องการ

4.4.1 การทดสอบการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลความต้องการในอดีต

การวิเคราะห์ความต้องการโดยการทดสอบการกระจายความน่าจะเป็นส่วนใหญ่ทดสอบด้วยการกระจายแบบปกติ เมื่อทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.8 กราฟฮิสโตแกรมแสดงความถี่ของความต้องการ



ภาพที่ 4.9 กราฟความน่าจะเป็นของความต้องการ

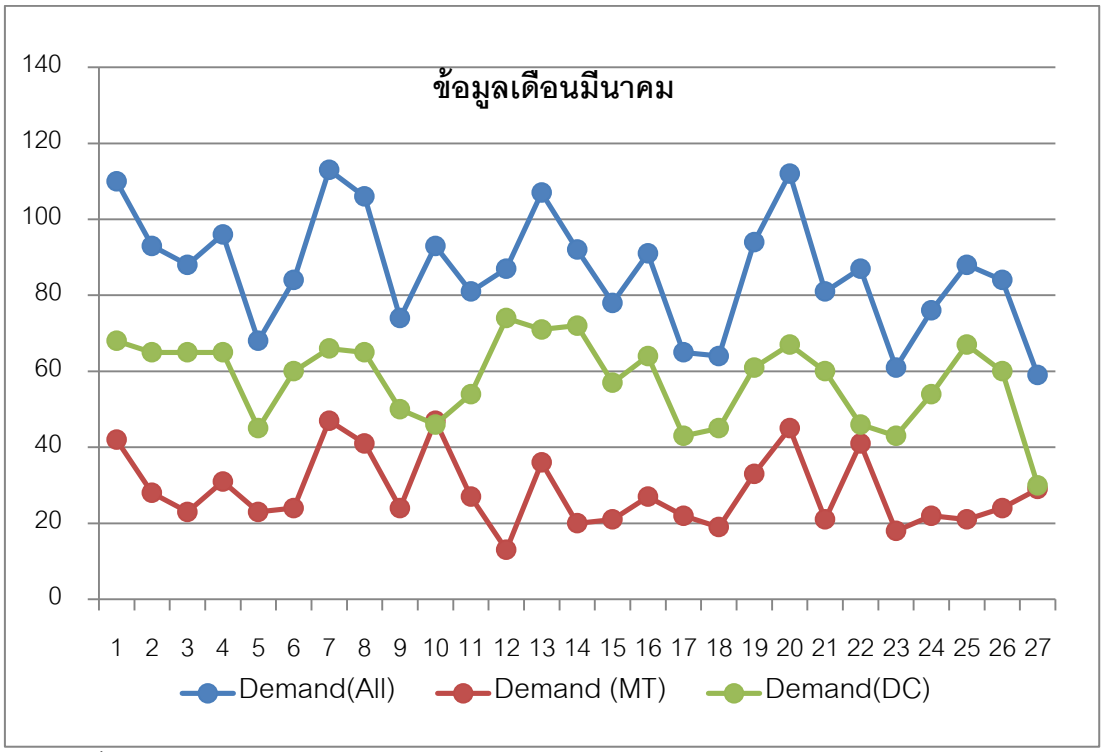
การวิเคราะห์ข้อมูลในภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 รวมถึงผลจากการทดสอบการกระจายแบบปกติพบว่าข้อมูลความต้องการจำนวนเที่ยวมีการกระจายแบบปกติโดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 88.61 และ17.09 ตามลำดับด้วยค่า p-value ที่ 0.74

4.4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการ

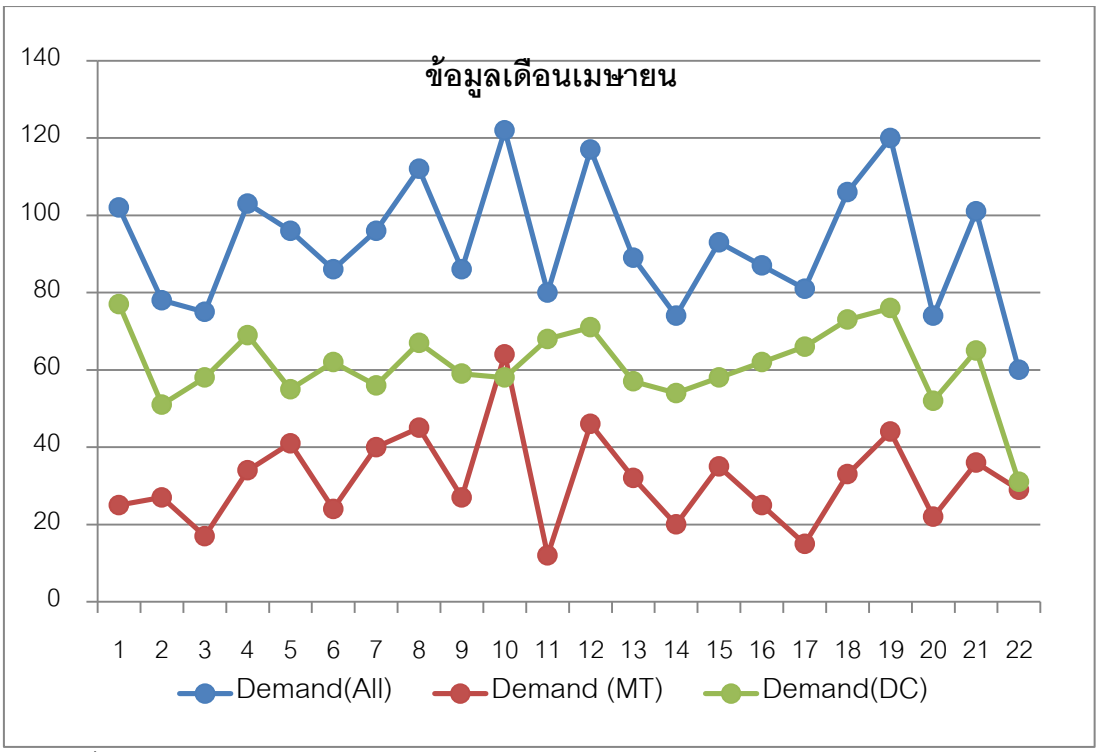
จากการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ผลิตผู้วิจัยมีข้อสังเกตเกี่ยวกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงของความต้องการที่เกิดขึ้นในแต่ละวันว่า ปัจจัยที่คาดว่าส่งผลคือ ปัจจัยของประเภทจุดรับ-ส่งสินค้า และปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา

4.4.2.1 ปัจจัยของประเภทจุดรับ-ส่งสินค้า

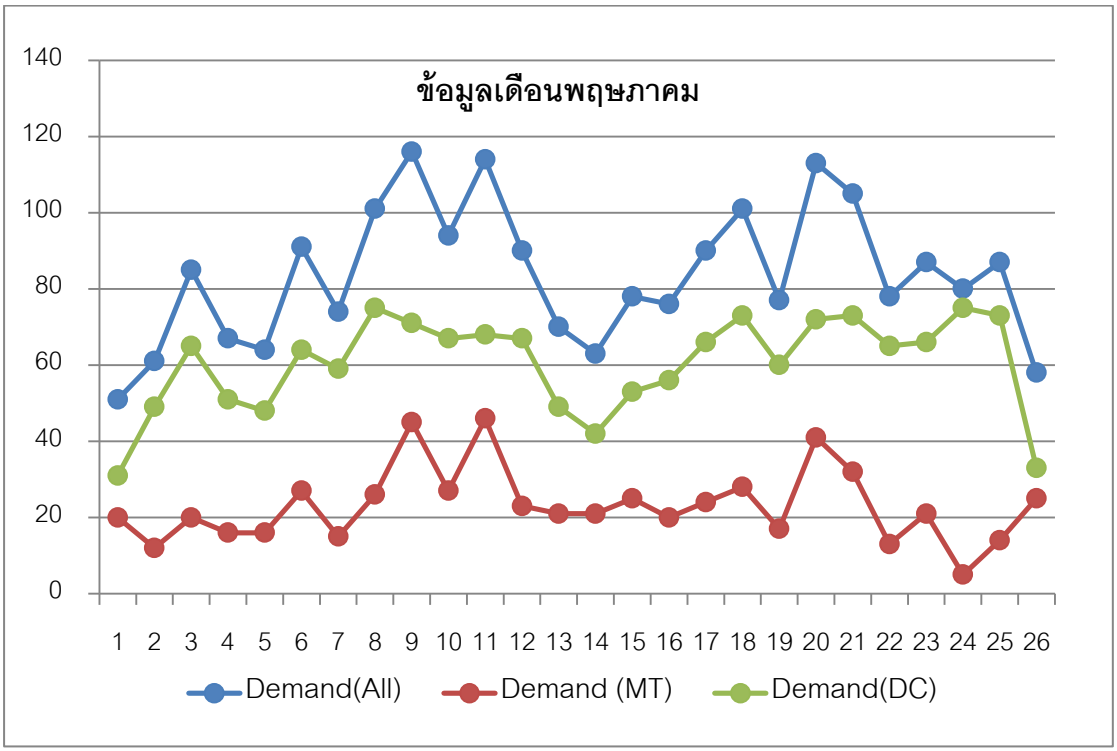
จากการพิจารณาข้อมูลความต้องการ พบว่าสามารถแบ่งลักษณะของความต้องการจากประเภทของจุดรับ-ส่งสินค้าออกเป็น 2 ประภทใหญ่ๆ คือ ความต้องการที่เกิดจากลูกค้าปลายทางหรือลูกค้าในกลุ่มห้างสรรพสินค้า (Modern Trade MT) และความต้องการที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสินค้าโอนย้ายระหว่างโรงงานผลิต และจุดกระจายสินค้า (Distribution Center DC) รวมถึงการรับสินค้าจากผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) สำหรับงานวิจัยนี้ขอเรียกความต้องการใน 2 กลุ่มนี้ว่า MT และ DC เมื่อนำมาทดสอบโดยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อวิเคาะห์ว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อความต้องการทั้งหมดในแต่ละวันหรือไม่ โดยเริ่มจากสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความต้องการทั้งหมด เทียบกับความต้องการในแต่ละกลุ่มจะได้กราฟดังนี้



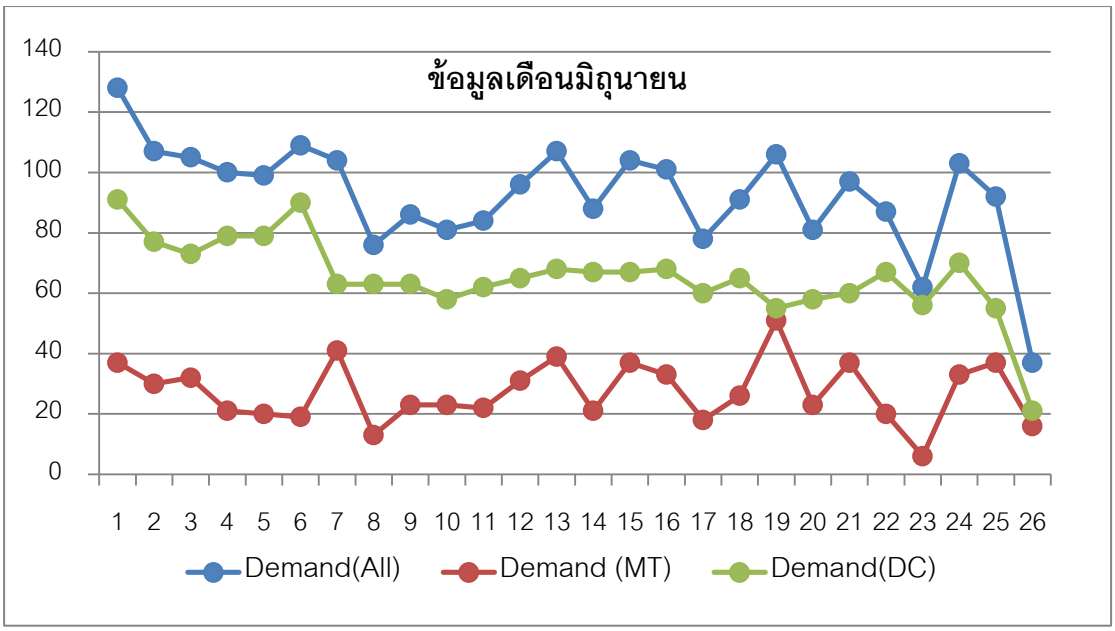
ภาพที่ 4.10 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนมีนาคมโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC



ภาพที่ 4.11 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนเมษายนโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC

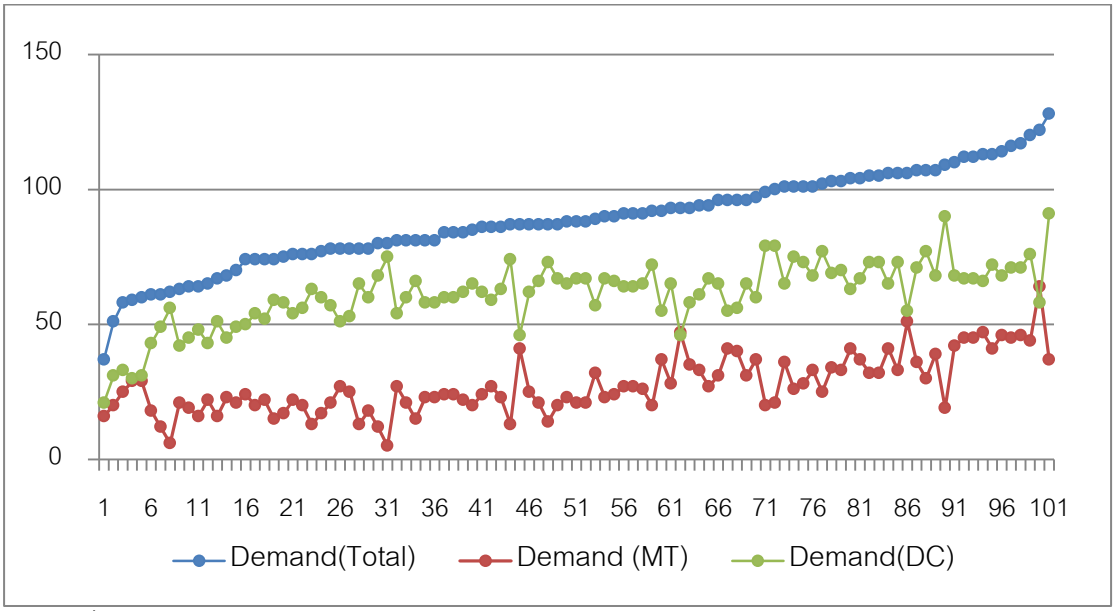


ภาพที่ 4.12 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนพฤษภาคมโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC



ภาพที่ 4.13 ความต้องการต่อช่วงเวลาในเดือนมิถุนายนโดยเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC

ดังนั้นเมื่อนำภาพที่ 4.10ถึง ภาพที่ 4.13 มาจัดเรียงลำดับข้อมูลความต้องการรวมเพื่อทดสอบปัจจัยที่มีผลพบว่า เมื่อหาค่าความแปรปรวนร่วม(Covarience)ของ MT และ DC โดยเปรียบเทียบกับความต้องการรวมมีค่า 129.61 และ 159.57 ตามลำดับและมีค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของ MT และ DC โดยเปรียบเทียบกับความต้องการรวมมีค่า 0.72 และ 0.79 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.14 ความต้องการต่อช่วงเวลาโดยจัดเรียงลำดับและเปรียบเทียบระหว่าง MT และ DC

จากนั้นนำข้อมูลปัจจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โดยโปรแกรม Minitab เพื่อทดสอบข้อสมมติฐานปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของความต้องการได้ผลการทดสอบดังนี้

Regression Analysis: Demand(Total) versus Demand (MT)

The regression equation is
Demand(Total) = 56.9 + 1.15 Demand (MT)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	56.927	3.295	17.28	0.000
Demand (MT)	1.1549	0.1120	10.31	0.000

S = 11.9294 R-Sq = 51.8% R-Sq(adj) = 51.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	15119	15119	106.24	0.000
Residual Error	99	14089	142		
Total	100	29208			

Unusual Observations

Obs	Demand(MT)	Demand(Total)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
27	29.0	59.00	90.42	1.20	-31.42	-2.65R
37	64.0	122.00	130.84	4.27	-8.84	-0.79 X
49	29.0	60.00	90.42	1.20	-30.42	-2.56R
50	20.0	51.00	80.03	1.45	-29.03	-2.45R
75	25.0	58.00	85.80	1.22	-27.80	-2.34R
76	37.0	128.00	99.66	1.60	28.34	2.40R
81	19.0	109.00	78.87	1.52	30.13	2.55R
101	16.0	37.00	75.41	1.75	-38.41	-3.25R

R denotes an observation with a large standardized residual.
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

ภาพที่ 4.15 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการทั้งหมดและความต้องการกลุ่ม MT

Regression Analysis: Demand(Total) versus Demand(DC)

The regression equation is
Demand(Total) = 20.0 + 1.12 Demand(DC)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	19.954	5.512	3.62	0.000
Demand(DC)	1.12229	0.08844	12.69	0.000

S = 10.5983 R-Sq = 61.9% R-Sq(adj) = 61.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	18088	18088	161.03	0.000
Residual Error	99	11120	112		
Total	100	29208			

Unusual Observations

Obs	Demand(DC)	Demand(Total)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
10	46.0	93.00	71.58	1.71	21.42	2.05R
27	30.0	59.00	53.62	2.95	5.38	0.53 X
37	58.0	122.00	85.05	1.09	36.95	3.51R
49	31.0	60.00	54.75	2.87	5.25	0.52 X
50	31.0	51.00	54.75	2.87	-3.75	-0.37 X
73	75.0	80.00	104.13	1.61	-24.13	-2.30R
75	33.0	58.00	56.99	2.71	1.01	0.10 X
76	91.0	128.00	122.08	2.84	5.92	0.58 X
81	90.0	109.00	120.96	2.76	-11.96	-1.17 X
94	55.0	106.00	81.68	1.19	24.32	2.31R
101	21.0	37.00	43.52	3.71	-6.52	-0.66 X

R denotes an observation with a large standardized residual.
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

ภาพที่ 4.16 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการทั้งหมดและความต้องการกลุ่ม DC

จากผลการทดสอบที่แสดงดังภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16 พบว่าค่า R-squre Adjust มีค่า 51.3% และ 61.5% ทำให้มีข้อสังเกตประการหนึ่งคือ ความต้องการในกลุ่มของ DC ส่งผลต่อความต้องการทั้งหมดมากกว่าความต้องการในกลุ่ม MT ดังนั้นการนำข้อมูลความต้องการในอดีตมาพยากรณ์ความต้องการในอนาคตนั้นควรพิจารณาความต้องการในกลุ่มของ DC มากกว่าความต้องการในกลุ่มของ MT ซึ่งจากการวิเคราะห์จะเห็นว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในความต้องการรวมนั้นจะเกิดจากการจัดส่งสินค้าระหว่างโรงงานของผู้ผลิตและจุดกระจายสินค้า

4.4.2.2 ปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา

การวิเคราะห์ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของความต้องการที่เกิดขึ้นเมื่อสังเกตจากในแต่ละวันของความต้องการ พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะวนรอบโดยจะวนรอบตามแต่ละวันในรอบสัปดาห์ดังแสดงจากภาพที่ 4.2 ถึงภาพที่ 4.5 ดังนั้นจึงมีข้อสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงของวันในรอบสัปดาห์จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการของผู้ผลิต จึงวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านเวลาทั้งหมดของความต้องการประกอบด้วยปัจจัยของวัน สัปดาห์ และเดือน เพื่อหาว่าปัจจัยของวันมีผลต่อความต้องการของผู้ผลิตดังข้อสมมติฐานหรือไม่ โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ในโปรแกรม MINITAB จะได้ผลการทดสอบปัจจัยต่างๆ ดังนี้

One-way ANOVA: Demand versus Week Factor

```
Source        DF     SS   MS     F      P
Week Factor   18   6339  352  1.29  0.213
Error         82  22300  272
Total        100  28639

S = 16.49   R-Sq = 22.13%   R-Sq(adj) = 5.04%


                        Individual 95% CIs For Mean Based on
                        Pooled StDev
Level  N   Mean  StDev  --+---------+---------+---------+-------
 1     5  91.00  15.23            (-------*------)
 2     6  91.83  15.14             (------*------)
 3     6  86.67  14.18           (-----*------)
 4     6  83.17  19.11         (------*-----)
 5     6  81.17  14.26        (------*-----)
 6     6  94.67  12.93                (-----*------)
 7     2  99.00  18.38            (-----------*----------)
 8     2  98.50  26.16            (----------*-----------)
 9     4  85.75   8.22         (-------*-------)
10     6  90.33  22.42            (------*------)
11     6  69.83  15.18  (------*------)
12     6  98.17  15.78                (------*------)
13     6  79.67  13.78       (------*------)
14     6  90.00  15.34            (------*------)
15     6  97.50  23.47                (------*-----)
16     6  92.50  13.37              (-----*------)
17     6  96.67   9.11                (-----*------)
18     6  90.00  10.39            (------*------)
19     4  73.50  29.87   (-------*-------)
                        --+---------+---------+---------+-------
                          60        80       100       120

Pooled StDev = 16.49
```

ภาพที่ 4.17 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยของสัปดาห์

One-way ANOVA: Demand versus Month Factor

```
Source          DF     SS   MS     F      P
Month Factor     3   1519  506  1.81  0.150
Error           97  27120  280
Total          100  28639

S = 16.72   R-Sq = 5.30%   R-Sq(adj) = 2.38%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on
                          Pooled StDev
Level   N   Mean  StDev   --+---------+---------+---------+-------
3      27  86.37  15.34        (----------*----------)
4      22  92.18  15.84                  (-----------*----------)
5      26  83.50  17.82   (----------*----------)
6      26  92.65  17.66                    (---------*----------)
                          --+---------+---------+---------+-------
                         78.0      84.0      90.0      96.0

Pooled StDev = 16.72
```

ภาพที่ 4.18 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยของเดือน

One-way ANOVA: Demand versus Day Factor

```
Source       DF     SS    MS     F      P
Day Factor    5   8838  1768  8.48  0.000
Error        95  19801   208
Total       100  28639

S = 14.44   R-Sq = 30.86%   R-Sq(adj) = 27.22%


                           Individual 95% CIs For Mean Based on
                           Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev   +---------+---------+---------+---------
2      17   77.35  11.24   (------*------)
3      18   96.94  18.50                      (------*------)
4      17  100.76  13.73                          (------*------)
5      17   77.53  14.99    (------*------)
6      16   94.13  11.07                    (------*------)
7      16   83.94  15.30          (------*------)
                           +---------+---------+---------+---------
                          70        80        90       100

Pooled StDev = 14.44
```

ภาพที่ 4.19 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยของวัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยโปรแกรม Minitab ระหว่างความต้องการและปัจจัยต่างๆ พบว่าค่า p-Value ของปัจจัยของสัปดาห์ และปัจจัยของเดือนมีค่าสูงกว่า 0.05 จึงไม่สามารถสรุปว่าปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการ แต่ค่า p-Value ของปัจจัยของวันมีค่าน้อยกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยของวันนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

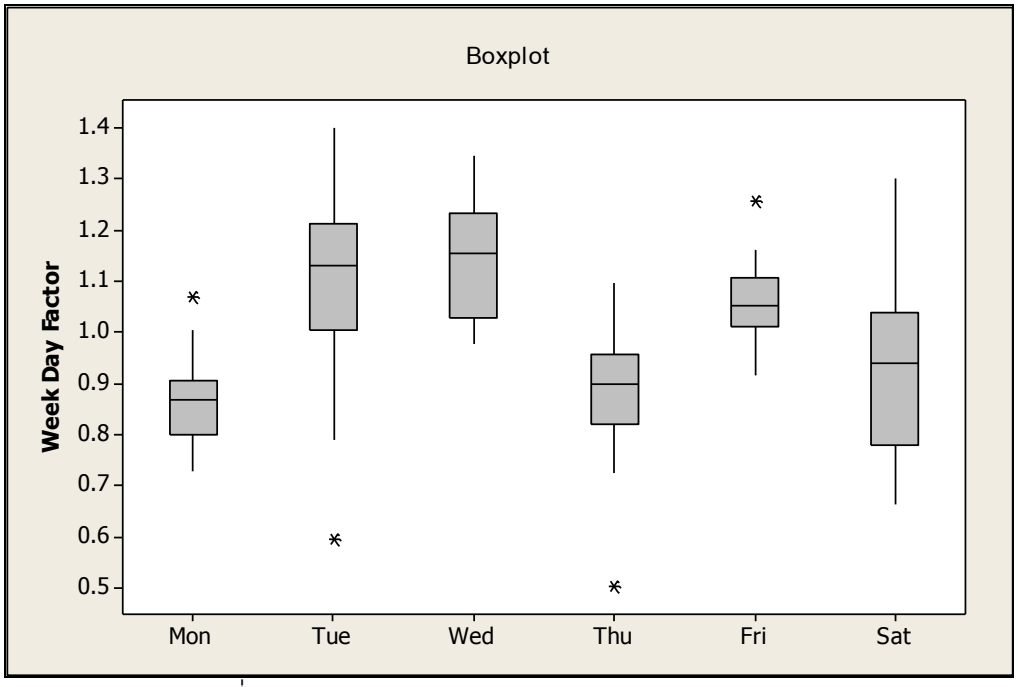
ดังนั้นจึงหาค่าแฟคเตอร์ที่มีผลของแต่ละวันโดยวัดจากค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณความต้องการในแต่ละวันต่อความต้องการเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์โดยจะแสดงข้อมูลดังตาราง

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนระหว่างความต้องการในแต่ละวันต่อความต้องการเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์ที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	ความต้องการเฉลี่ยต่อสัปดาห์
1	-	1.21	1.02	0.97	1.05	0.75	91
2	0.91	1.23	1.15	0.81	1.01	0.88	91.83
3	1.00	1.23	1.06	0.90	1.05	0.75	86.67
4	0.77	1.13	1.35	0.97	1.05	0.73	83.17
5	0.94	1.08	1.03	0.73	1.26	0.96	81.17
6	0.79	1.09	1.01	0.91	1.01	-	94.67
7	0.87	1.13	-	-	-	-	99.00
8	0.81	1.19		-	-	1.18	98.50
9	-	-	0.99	0.82	1.03	0.97	90.00
10	0.90	1.17	1.33	0.82	1.12	0.66	90.33
11	0.73	0.87	1.22	0.96	0.92	1.30	69.83
12	0.75	1.03	1.18	0.96	1.16	0.92	98.17
13	0.88	0.79	0.98	0.95	1.13	1.27	79.67
14	0.86	1.26	1.17	0.87	0.97	0.89	90
15	0.89	0.59	1.31	1.10	1.08	1.03	97.5
16	1.07	1.18	1.12	0.82	0.93	0.88	92.5
17	0.87	0.99	1.11	0.91	1.08	1.04	96.67
18	0.87	1.01	1.18	0.90	1.08	0.97	90

สัปดาห์ที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	ความต้องการเฉลี่ยต่อสัปดาห์
19	0.84	1.40	1.25	0.50	-	-	73.5

จากตารางที่ 4.1 สามารถนำข้อมูลอัตราส่วนระหว่างปริมาณความต้องการในแต่ละวันต่อความต้องการเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาปัจจัยของวันที่มีผลต่อความต้องการโดยสร้างกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 4.20 ปัจจัยของวันในสัปดาห์กับข้อมูลความต้องการ

4.4.3 **สมการการพยากรณ์ความต้องการ**

จากข้อมูลความต้องการในหัวข้อที่ 4.2 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกับความต้องการจำนวนเที่ยวต่อวันคือ ประเภทของวันในแต่ละสัปดาห์เท่านั้นดังภาพที่ 4.20 เพราะฉะนั้นสมการการพยากรณ์ความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุกได้ดังนี้

$$d_{ij} = W_j[z^{-1}{}_{\mu=88.61;\sigma=17.09}(u_{ij})] \quad \forall i \in I, \forall j \in J \qquad (4.1)$$

โดยที่

I คือเซตของสัปดาห์ {1, 2, 3, 4, 5}

J คือเซตของวันในแต่ละสัปดาห์ {จันทร์, อังคาร, พุธ... เสาร์}

u_{ij} คือค่าความน่าจะเป็นแบบสะสมจากการสุ่มในวัน j ในสัปดาห์ i

d_{ij} คือความต้องการจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่พยากรณ์ ในวัน j ในสัปดาห์ i

σ_d คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการในอดีต

μ_d คือค่าเฉลี่ยของความต้องการในอดีต

W_j คือค่าเฉลี่ยของปัจจัยจากวัน j ที่ส่งผลต่อความต้องการ

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในแต่ละวันในสัปดาห์

ปัจจัยวัน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์
W_j	0.87	1.09	1.15	0.88	1.06	0.95

4.5 แบบจำลองสถานการณ์ของความต้องการของผู้ผลิต

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของความต้องการต้องอาศัยการพยากรณ์ความต้องการจากหัวข้อที่ 4.4 ซึ่งให้ความสำคัญกับการกระจายตัวทางสถิติและปัจจัยของวันมาวิเคราะห์

โดยทำการสร้างแบบจำลองความต้องการจำนวน 30 วัน และสร้างทั้งหมดเป็นจำนวน 100 ชุดโดยข้อมูลแต่ละชุดเป็นที่อิสระต่อกัน จากการสุ่มจากความน่าจะเป็นของลักษณะการกระจายจากสมการที่ (4.1) โดยระบุพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในสัญญาซึ่งแบ่งออกเป็นกรณีพิเศษและกรณีทั่วไปดังนี้

4.5.1 พฤติกรรมของความต้องการของผู้ผลิตจากการทดสอบการทำสัญญา

สัญญาทางการขนส่งนั้นสร้างขึ้นเพื่อทำให้การวางแผนขนส่งมีประสิทธิภาพ และบ่อยครั้งที่สัญญาช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของคู่สัญญา

ในที่นี้ทางผู้วิจัยคาดว่าสัญญาที่นำเสนอคาดว่าจะส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมและการบริหารจัดการขนส่งของผู้ผลิตเนื่องจากทางผู้ผลิตต้องมีส่วนร่วมในการวางแผนขนส่งและแลกเปลี่ยนข้อมูลมากขึ้น โดยพฤติกรรมที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสัญญาที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 พฤติกรรม ดังนี้

1) พฤติกรรมที่เกิดจากการปรับแผนการจัดส่งสินค้าของผู้ผลิต โดยคำนึงถึงความต้องการที่สูงกว่าปริมาณรถบรรทุกที่เตรียมไว้หรือ $Q^* + \Delta$ เมื่อ Δ คือค่าความยืดหยุ่นของสัญญา ทางผู้ผลิตจะเลี่ยงการเสียค่าปรับในการหารถบรรทุกเพิ่ม (g) โดยยอมเลื่อนความต้องการส่วนที่เกินไปส่งต่อในวันถัดไป แต่ถ้าความต้องการต่ำกว่าค่า $Q^* - \Delta$ ทางผู้ผลิตจะยอมเสียค่าเตรียมรถบรรทุกกับทางผู้ให้บริการขนส่ง (g) โดยจะอธิบายอย่างละเอียดด้วยซูโดโค้ดดังภาพที่ 4.21

```
1.  input: Demand and, Q_UpperBound
2.  output: ScenarioDemand
3.          while i ← 1 to |Demand| do
4.                  if i mod  |row Demand| ≠ 0 then
5.                          if Demand[i] > Q_UpperBound then
6.                                  Surplus ← Demand[i]  -  Q_UpperBound
7.                                  Demand[i] ← Q_UpperBound
8.                                  Demand[i+1] ← Demand[i+1] + Surplus
9.                          end if
10.                 end if
11.                 ScenarioDemand [i] ← Demand[i]
12.         end do
```

ภาพที่ 4.21 แนวคิดของพฤติกรรมที่ 1 (Push Demand Behavior)

2) พฤติกรรมที่เกิดจากการปรับแผนการจัดส่งสินค้าของผู้ผลิต โดยคำนึงถึงความต้องการต่ำกว่ารถบรรทุกที่เตรียมไว้หรือ $Q^* - \Delta$ เมื่อ Δ คือค่าความยืดหยุ่นของสัญญาทางผู้ผลิตจะเลี่ยงการเสียค่าเตรียมและค่าจองรถบรรทุก (r) โดยปรับแผนการส่งเพื่อไม่ให้ความต้องการต่ำกว่าที่จองรถบรรทุกไว้ แต่ถ้าความต้องการสูงกว่าค่า $Q^* + \Delta$ ทางผู้ผลิตจะยอมเสียค่าปรับในการหารถบรรทุกเพิ่ม (g) โดยจะอธิบายอย่างละเอียดด้วยซูโดโค้ดดังภาพที่ 4.22

```
1.  input: Demand, Q_LowerBound, LimitDecrease
2.  output: ScenarioDemand
3.          while i ← 1 to |Demand| do
4.                  if i mod  |row Demand| ≠ 0 then
5.                          if Demand[i] < Q_LowerBound then
6.                                  Provide ←  max{Demand[i+1] - LimitDecrease, 0}
7.                                  Receive ← min{Q_LowerBound - Demand[i], Provide}
8.                                  Demand[i] ← Demand[i] + Receive
9.                                  Demand[i+1] ← Demand[i+1] - Receive
10.                         end if
11.                 end if
12.                 ScenarioDemand [i] ← Demand [i]
13.         end do
```

ภาพที่ 4.22 แนวคิดของพฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand Behavior)

3) พฤติกรรมที่เกิดจากปรับแผนการจัดส่งสินค้าของผู้ผลิต โดยคำนึงถึงความต้องการต่ำกว่ารถบรรทุกที่เตรียมไว้หรือ $Q^* - \Delta$ เมื่อ Δ คือค่าความยืดหยุ่นของสัญญา ทางผู้ผลิตจะเลี่ยงการเสียค่าเตรียมและค่าจองรถบรรทุก (r) รวมถึงจะคำนึงถึงถ้าความต้องการสูงกว่าค่า $Q^* + \Delta$ ทางผู้ผลิตจะยอมเสียค่าปรับในการหารถบรรทุกเพิ่ม (g) ด้วยเช่นกัน โดยจะปรับแผนการส่งเพื่อไม่ให้ความต้องการเท่ากับช่วงที่จองรถบรรทุกไว้ $Q^* \pm \Delta$ โดยจะอธิบายอย่างละเอียดด้วยซูโดโค้ดดังภาพที่ 4.23

```
1.  input: Demand, Q_UpperBound, Q_LowerBound, LimitDecrease
2.  output: ScenarioDemand
3.          while i ← 1 to |Demand| do
4.                  if i mod  |row Demand| ≠ 0 then
5.                          if Demand[i] > Q_UpperBound then
6.                                  Surplus ← Demand[i]  -  Q_UpperBound
7.                                  Demand[i] ← Q_UpperBound
8.                                  Demand[i+1] ← Demand[i+1] + Surplus
9.                          else if Demand[i] < Q_LowerBound then
10.                                 Provide ←  max{Demand[i+1] - LimitDecrease, 0}
11.                                 Receive ← min{Q_LowerBound - Demand[i], Provide}
12.                                 Demand[i] ← Demand[i] + Receive
13.                                 Demand[i+1] ← Demand[i+1] - Receive
14.                         end if
15.                 end if
16.                 ScenarioDemand [i] ← Demand [i]
17.         end do
```

ภาพที่ 4.23 แนวคิดของพฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand Behavior)

4.5.1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในสัญญา

พารามิเตอร์ที่เกิดจากการเก็บข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวทั้งหมดในการเตรียมรถบรรทุก, ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในการเช่ารถบรรทุกจากภายนอก, ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยว, ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวตามสัญญา, และค่าปรับต่อเที่ยวจากผู้ผลิตสินค้าในกรณีที่ความต้องการเกินกว่าจำนวนรถบรรทุกที่เตรียมไว้ แต่ค่าจองรถและค่าปรับเป็นพารามิเตอร์ที่พิจารณาจากข้อเสนอในการจัดทำสัญญาในงานวิจัยนี้ ดังจะแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองสัญญากรณีพิเศษ

พารามิเตอร์	**ราคา(บาท)**
1. ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวทั้งหมดในการเตรียมรถบรรทุก (c)	1,850
2. ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในการเช่ารถบรรทุกจากภายนอก (h)	3,600
3. ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยว (p)	2,850
4. ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวตามสัญญา (r)	1,350
5. ค่าปรับต่อเที่ยวจากผู้ผลิตสินค้าในกรณีที่ความต้องการเกินกว่าจำนวนรถบรรทุกที่เตรียมไว้ (g)	750

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองสัญญากรณีทั่วไป

พารามิเตอร์	**ราคา(บาท)**
1. ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวทั้งหมดในการเตรียมรถบรรทุก (c)	1,850
2. ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในการเช่ารถบรรทุกจากภายนอก (h)	3,600
3. ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยว (p)	2,850
4. ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวตามสัญญา (r)	1,350
5. ค่าปรับต่อเที่ยวจากผู้ผลิตสินค้าในกรณีที่ความต้องการเกินกว่าจำนวนรถบรรทุกที่เตรียมไว้ (g)	1,200

4.6 แบบจำลองสถานการณ์ความต้องการของลูกค้ารายย่อย

จากแบบจำลองสำหรับกรณีความต้องการหลายช่องทางดังแสดงในหัวข้อที่ 3.3.2 ลูกค้ารายย่อยที่เข้ามานั้นต้องมีความต้องการน้อยกว่าความต้องการของผู้ผลิต และรายได้จากการวิ่งรถบรรทุกของลูกค้ารายย่อยต้องต่ำกว่ารายได้จากการวิ่งรถบรรทุกของผู้ผลิต

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทดสอบแบบจำลองกับความต้องการของลูกค้ารายย่อยจากข้อมูลเชิงตัวเลขที่มีการสร้างจากแบบจำลองสถานการณ์ที่วิเคราะห์มาจากลักษณะของการกระจายตัวของที่ควรจะเป็นของความต้องการของลูกค้ารายย่อยด้วยสมมติฐานในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ดังนี้

1) สำหรับกรณีนี้ผู้ให้บริการขนส่งไม่คิดกำไรต่อเที่ยวจากการวิ่งรถบรรทุกนอกสัญญา หรือ $p_1 + g - h = 0$
2) รายได้จากค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวจากผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้รวมกับค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวจะต้องมากกว่าค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวจากผู้ผลิตรายย่อย หรือ $p_1 + r > p_2$
3) ความต้องการของลูกค้ารายย่อยมีการกระจายปกติแบบตัดปลาย (Truncate Normal Disribution) เนื่องจากความต้องการดังกล่าวมีแนวคิดมาจากการกระจายแบบปกติของความต้องการของผู้ผลิตที่ทำสัญญาไว้แต่มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นจึงเฉพาะค่าความต้องการที่เป็นค่าบวกนั้นค่าที่ติดลบทั้งหมดจะถูกปรับให้เป็นค่าศูนย์
4) ค่าเฉลี่ยของความต้องการของลูกค้ารายย่อยขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของความต้องการของผู้ผลิตโดยพิจารณาที่อัตราส่วนค่าเฉลี่ยของความต้องการของลูกค้ารายย่อยต่อค่าเฉลี่ยของความต้องการของผู้ผลิตอยู่ที่ค่า 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรคือ 10

เมื่อนำผลจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของความต้องการขอลูกค้ารายย่อยมาทดสอบกับแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทางดังแสดงในสมการที่ (3.16) จะไม่สามารถหาคำตอบของปริมาณการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจอง (Q^*) ได้เนื่องจากสมการของแบบจำลองนั้นติดอยู่ในรูปของฟังก์ชันการกระจายแบบสะสมของความต้องการของผู้ผลิต $F_1(Q^*)$ และฟังก์ชันการกระจายแบบสะสมของความต้องการของลูกค้ารายย่อย $G_2(Q^*)$ ดังนั้นจึงค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากสมการที่ (3.16) โดยมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

ตารางที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ในการทดลองสัญญากรณีที่ความต้องการหลายช่องทาง

พารามิเตอร์	**ราคา(บาท)**
1. ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวทั้งหมดในการเตรียมรถบรรทุก (c)	1,850
2. ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในการเช่ารถบรรทุกจากภายนอก (h)	3,600
3. ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวผู้ผลิต (p_1)	2,850
3. ค่าวิ่งงานของรถบรรทุกต่อเที่ยวของลูกค้ารายย่อย (p_2)	2,500
4. ค่าจองรถบรรทุกต่อเที่ยวตามสัญญา (r)	1,350
5. ค่าปรับต่อเที่ยวจากผู้ผลิตสินค้าในกรณีที่ความต้องการเกินกว่าจำนวนรถบรรทุกที่เตรียมไว้ (g)	750

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบจำลอง

ในบทนี้จะนำเสนอถึงการวิเคราะห์ผลที่ได้จากทดสอบแบบจำลองด้วยพฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากผู้ผลิตโดยการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือผลที่เกิดขึ้นจากการทดสอบแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกด้วยแบบจำลองสถานการณ์ความต้องการจากผู้ผลิตและลูกค้ารายย่อย จากนั้นวิเคราะห์ผลจากความยืดหยุ่นของสัญญา รวมถึงวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์รายได้ และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

5.1 ผลการทดสอบแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกด้วยแบบจำลองสถานการณ์ความต้องการจากผู้ผลิตและลูกค้ารายย่อย

สำหรับผลการทดสอบแบบจำลองดังกล่าวจะพิจารณาทั้ง 3 แบบคือ แบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษที่ไม่คิดกำไรจากการที่รถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา และแบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไป รวมถึงแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทาง เพื่อนำไปวิเคราะห์และทดสอบความยืดหยุ่นของสัญญาในส่วนถัดไป

5.1.1 ผลการทดสอบแบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษ

จากการทดสอบแบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษพบว่าค่าที่เหมาะสมในการจัดเตรียมรถสำหรับการจองรถจากผู้ผลิต (Q^*) คือ 104.136 หรือประมาณค่าเป็นจำนวนเที่ยวรถบรรทุกคือ 105 เที่ยว โดยเฉลี่ยแล้วรถบรรทุกหนึ่งคันวิ่งได้ประมาณ 3 เที่ยว ดังนั้นเมื่อคิดเป็นจำนวนรถบรรทุกพบว่าจะต้องเตรียมรถบรรทุกไว้ทั้งหมด 35 คัน

5.1.2 ผลการทดสอบแบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไป

จากการทดสอบแบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไปพบว่าค่าที่เหมาะสมในการจัดเตรียมรถสำหรับการจองรถจากผู้ผลิต (Q^*) คือ 102.132 หรือประมาณค่าเป็นจำนวนเที่ยวรถบรรทุกคือ 103 เที่ยว โดยเฉลี่ยแล้วรถบรรทุกหนึ่งคันวิ่งได้ประมาณ 3 เที่ยว ดังนั้นเมื่อคิดเป็นจำนวนรถบรรทุกพบว่าจะต้องเตรียมรถบรรทุกไว้ทั้งหมด 35 คัน

5.1.3 ผลการทดสอบแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทาง

จากการทดสอบแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทางพบว่าค่าที่เหมาะสมในการจัดเตรียมรถสำหรับการจองรถจากผู้ผลิต (Q^*) คือ 106 เที่ยว ดังนั้นเมื่อคิดเป็นจำนวนรถบรรทุกพบว่าจะต้องเตรียมรถบรรทุกไว้ทั้งหมด 36 คัน

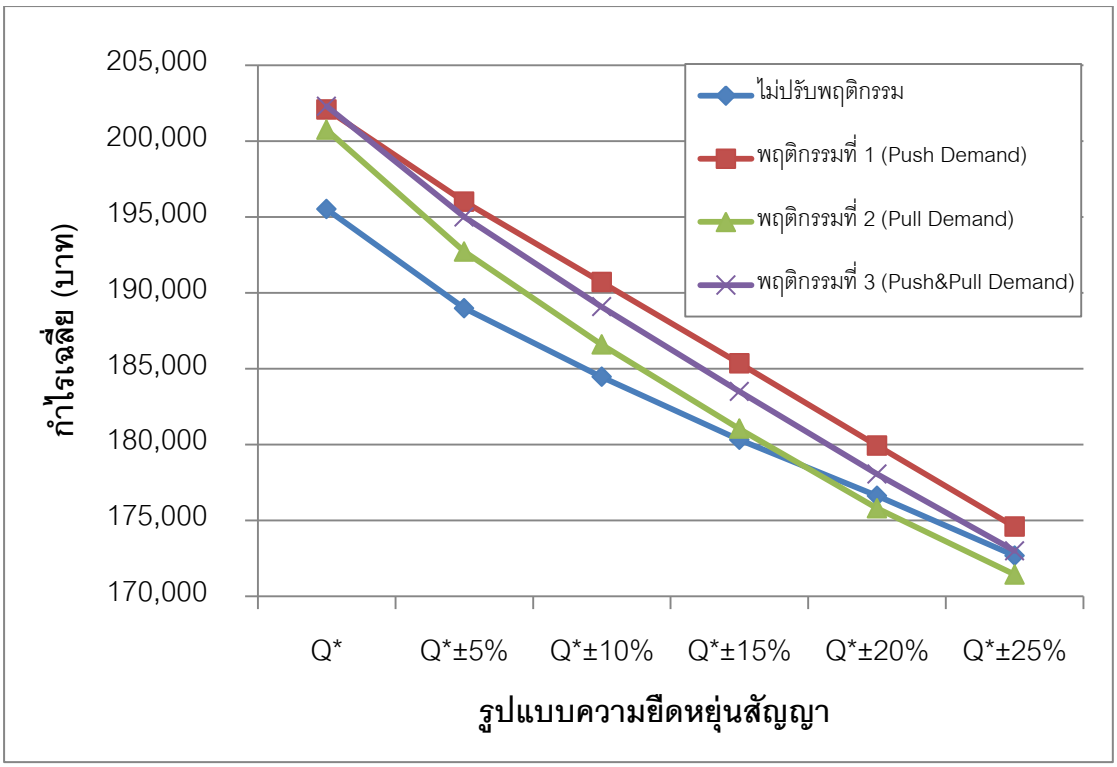
5.2 การวิเคราะห์ผลจากความยืดหยุ่นของสัญญา

จากข้อเสนอในการจัดทำสัญญาในหัวข้อที่ 3.2 และการวิเคราะห์พฤติกรรมต่างๆ ของทางผู้ผลิตในหัวข้อที่ 4.5.1 พบว่าถ้าเรามีข้อเสนอในการทำสัญญาโดยคำนวณปริมาณการจองรถบรรทุกเพื่อสร้างข้อจำกัดให้ทางผู้ผลิตซึ่งในทางบริหารจัดการนั้นสัญญานี้ถือว่าเป็นสัญญาที่สร้างข้อจำกัดให้ทางผู้ผลิตมากเกินไปอาจส่งผลให้ผู้ผลิตเกิดความไม่พึงพอใจ และยกเลิกการจัดทำสัญญา

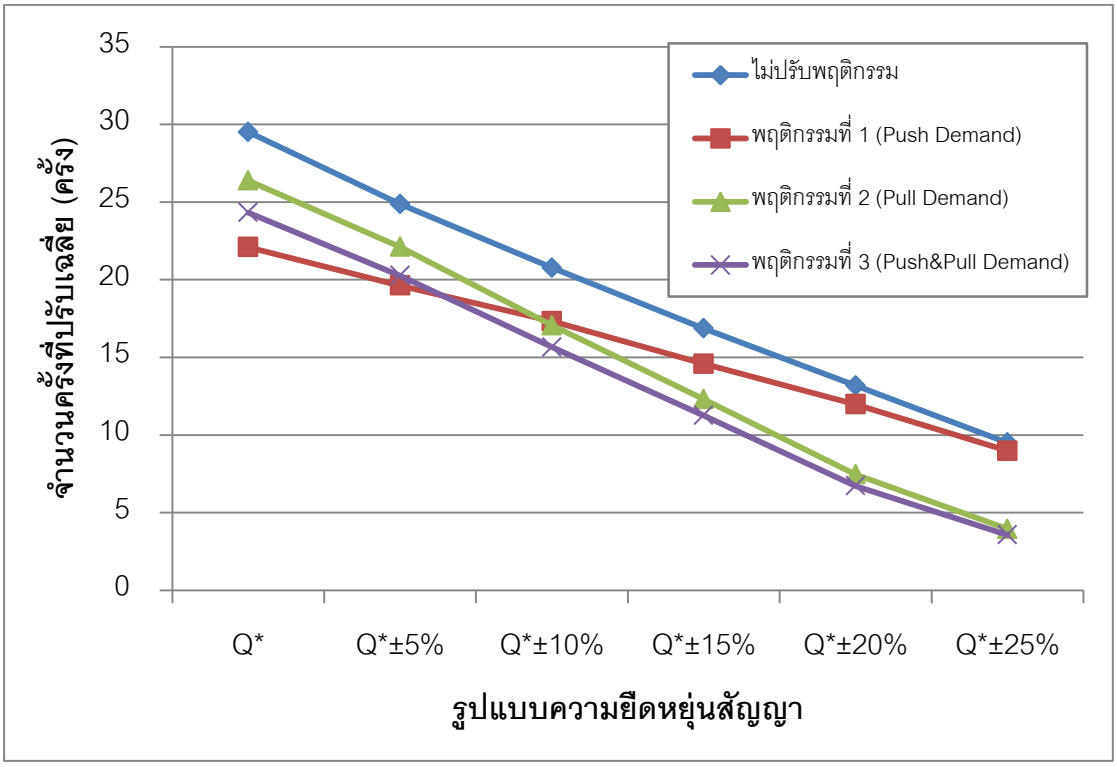
ดังนั้นเพื่อลดเงื่อนไขของข้อจำจัดในข้อเสนอสัญญาจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของสัญญาโดยมีจำนวน 6 รูปแบบความยืดหยุ่นคือ Q^*, $Q^* \pm 5\%$, $Q^* \pm 10\%$, $Q^* \pm 15\%$, $Q^* \pm 20\%$ และ $Q^* \pm 25\%$ ตามลำดับโดยทำการทดสอบเพื่อหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบจากผลกำไรเฉลี่ยจากพฤติกรรมแต่ละแบบของผู้ผลิต

อย่างไรก็ตามการเพิ่มความยืดหยุ่นให้ทางผู้ผลิตนั้นจะต้องหาค่าความยือหยุ่น (Δ) ที่เหมาะสมกับผู้ผลิต และมีผลกระทบกับการบริหารจัดการของทางให้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความร่วมมือของทั้งสองฝ่ายจากการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับสัญญา

จากแบบจำลองในกรณีต่างๆ รวมถึงแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทางนำมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบความยืดหยุ่น โดยเริ่มจากแสดงผลการทดสอบความยืดหยุ่นดังกล่าวโดยเปรียบเทียบพฤติกรรมต่างๆ ของผู้ผลิตที่มีผลต่อสัญญาโดยพิจารณาจากกำไรเฉลี่ย และจำนวนครั้งเฉลี่ยที่ผู้ผลิตถูกปรับดังจะแสดงในภาพที่ 5.1 ถึงภาพที่ 5.6 ในส่วนถัดไปจะแสดงผลการทดสอบความยืดหยุ่นโดยไม่ปรับพฤติกรรมจะสามารถเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยจากการสร้างแบบจำลองจำนวน 30 วันโดยทำซ้ำทั้งหมด 30 ชุดดังจะแสดงในตารางที่ 5.1 และ ภาพที่ 5.7



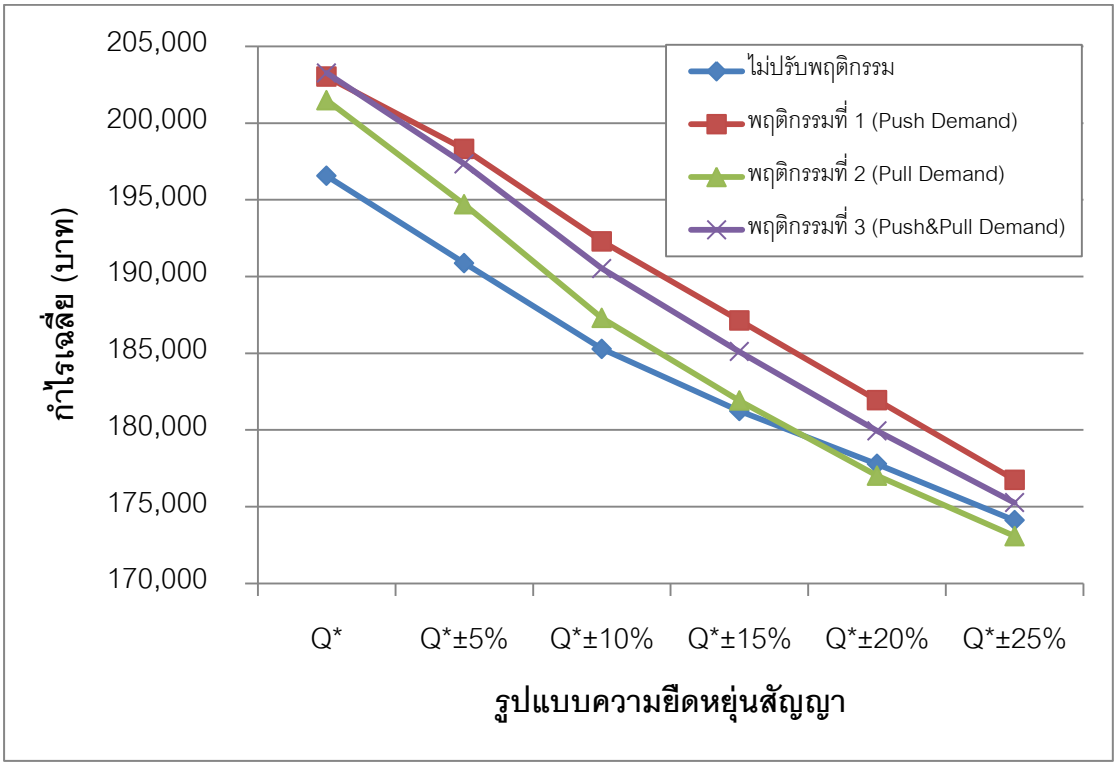
ภาพที่ 5.1 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษโดยเปรียบเทียบค่ากำไรเฉลี่ย



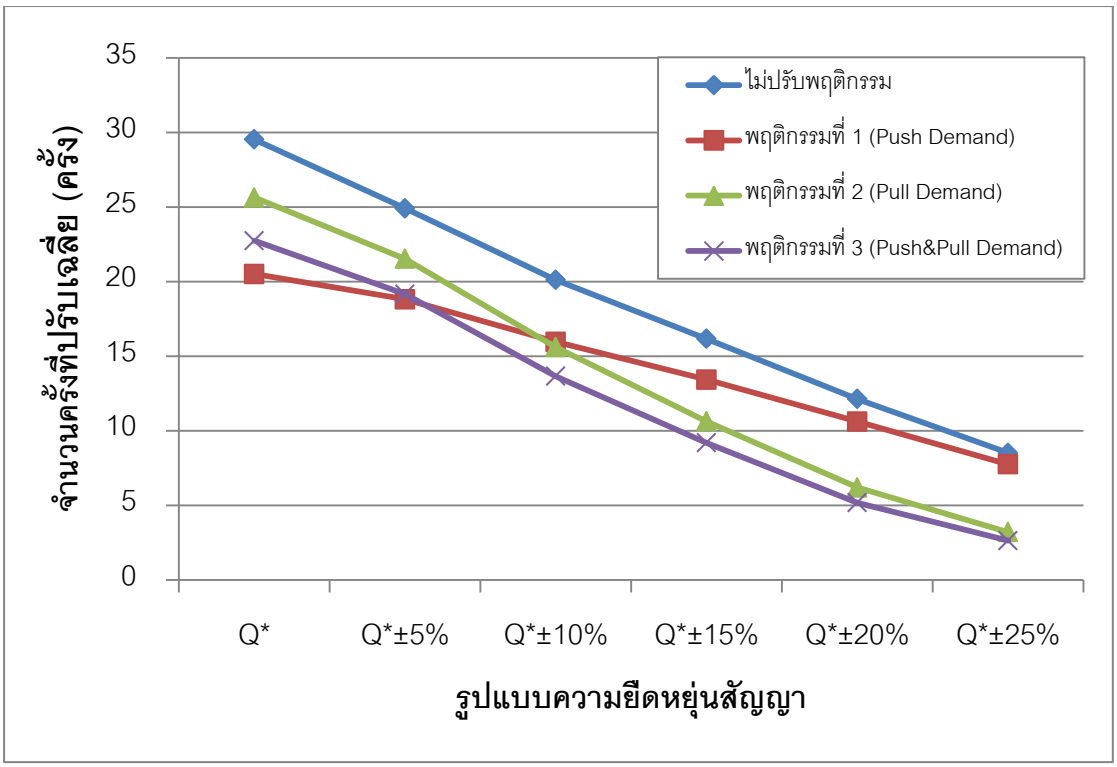
ภาพที่ 5.2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษโดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ปรับ

จากภาพที่ 5.1 พบว่าในแต่ละรูปแบบความยืดหยุ่นสัญญาทำให้กำไรเฉลี่ยจากพฤติกรรมของผู้ผลิตทุกๆ พฤติกรรมที่วิเคราะห์นั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ และกำไรเฉลี่ยของพฤติกรรมที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าพฤติกรรมอื่นๆ โดยพฤติกรรม 3 จะสูงกว่าพฤติกรรมที่ 2 และสูงกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมตามลำดับ รวมถึงเมื่อพิจารณาที่พฤติกรรมที่ 2 นั้นกำไรเฉลี่ยมีการปรับค่าสูงขึ้นทำให้เปลี่ยนไปมากกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมที่ช่วง $Q^* \pm 20\%$ และ $Q^* \pm 25\%$ โดยกราฟเกิดส่วนตัดในช่วง $Q^* \pm 15\%$ และ $Q^* \pm 20\%$

จากภาพที่ 5.2 พบว่ารูปแบบความยืดหยุ่น Q^* และ $Q^* \pm 5\%$ ของพฤติกรรมที่ 1 มีจำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยน้อยที่สุดโดยพฤติกรรม 3 จะต่ำกว่าพฤติกรรมที่ 2 และต่ำกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมตามลำดับ แต่หลังจากช่วง $Q^* \pm 10\%$ พฤติกรรมที่ 3 จำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยกราฟเกิดส่วนตัดในช่วง $Q^* \pm 5\%$ และ $Q^* \pm 10\%$ และเมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของกราฟแต่ละพฤติกรรมพบว่าจำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยจะมีค่าลดลง โดยพฤติกรรมที่ 1 และแบบไม่ปรับพฤติกรรมมีลักษณะลู่เข้าหากัน รวมถึงพฤติกรรมที่ 2 และพฤติกรรมที่ 3 จะลู่เข้าหากัน



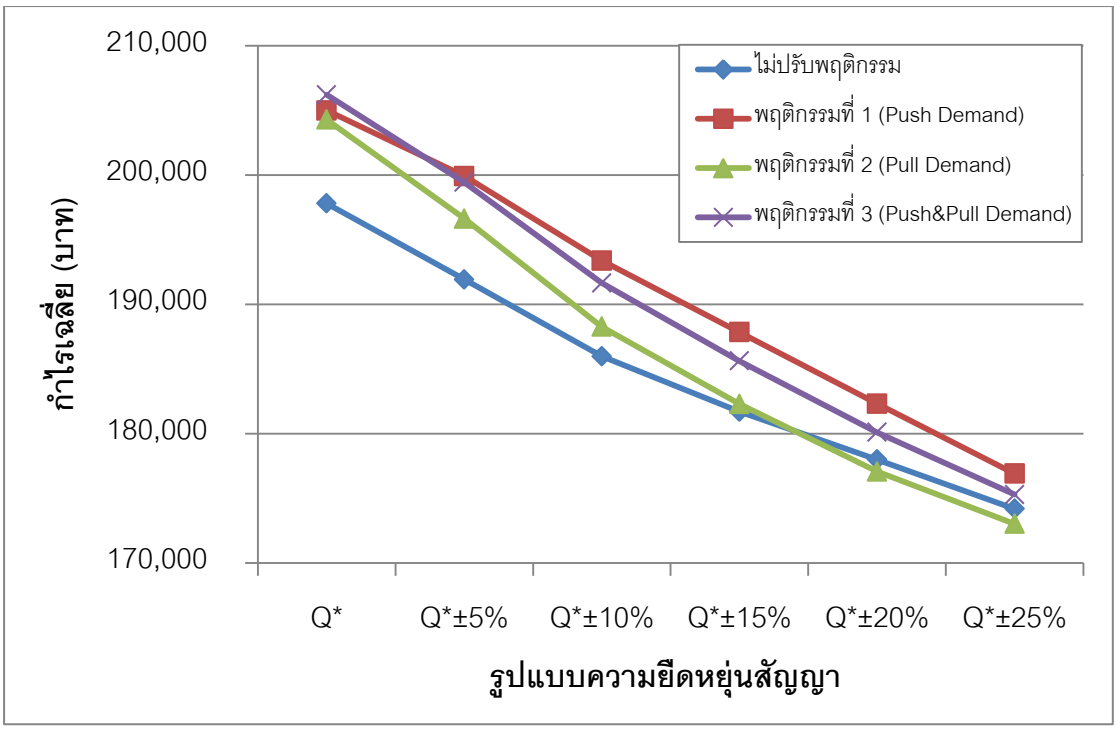
ภาพที่ 5.3 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีทั่วไปโดยเปรียบเทียบค่ากำไรเฉลี่ย



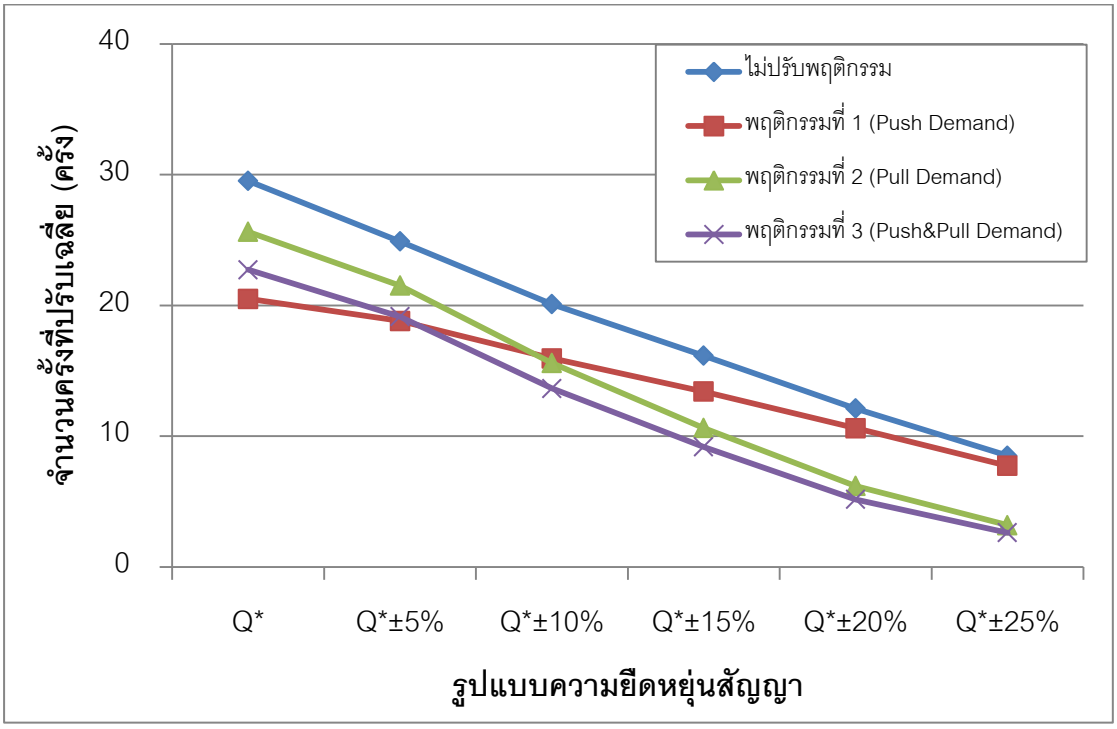
ภาพที่ 5.4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีทั่วไปโดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ปรับ

จากภาพที่ 5.3 พบว่าในแต่ละรูปแบบความยืดหยุ่นสัญญาทำให้กำไรเฉลี่ยจากพฤติกรรมของผู้ผลิตทุกๆ พฤติกรรมที่วิเคราะห์นั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ และกำไรเฉลี่ยของพฤติกรรมที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าพฤติกรรมอื่นๆ โดยพฤติกรรม 3 จะสูงกว่าพฤติกรรมที่ 2 และสูงกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมตามลำดับ รวมถึงเมื่อพิจารณาที่พฤติกรรมที่ 2 นั้นกำไรเฉลี่ยมีการปรับค่าสูงขึ้นทำให้เปลี่ยนไปมากกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมที่ช่วง $Q^* \pm 20\%$ และ $Q^* \pm 25\%$ โดยกราฟเกิดส่วนตัดในช่วง $Q^* \pm 15\%$ และ $Q^* \pm 20\%$

จากภาพที่ 5.4 พบว่ารูปแบบความยืดหยุ่น Q^* และ $Q^* \pm 5\%$ ของพฤติกรรมที่ 1 มีจำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยน้อยที่สุดโดยพฤติกรรม 3 จะต่ำกว่าพฤติกรรมที่ 2 และต่ำกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมตามลำดับ แต่หลังจากช่วง $Q^* \pm 10\%$ พฤติกรรมที่ 3 จำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยกราฟเกิดส่วนตัดในช่วง $Q^* \pm 5\%$ และ $Q^* \pm 10\%$ และเมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของกราฟแต่ละพฤติกรรมพบว่าจำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยจะมีค่าลดลง โดยพฤติกรรมที่ 1 และแบบไม่ปรับพฤติกรรมมีลักษณะลู่เข้าหากัน รวมถึงพฤติกรรมที่ 2 และพฤติกรรมที่ 3 จะลู่เข้าหากัน



ภาพที่ 5.5 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทาง โดยเปรียบเทียบค่ากำไรเฉลี่ย



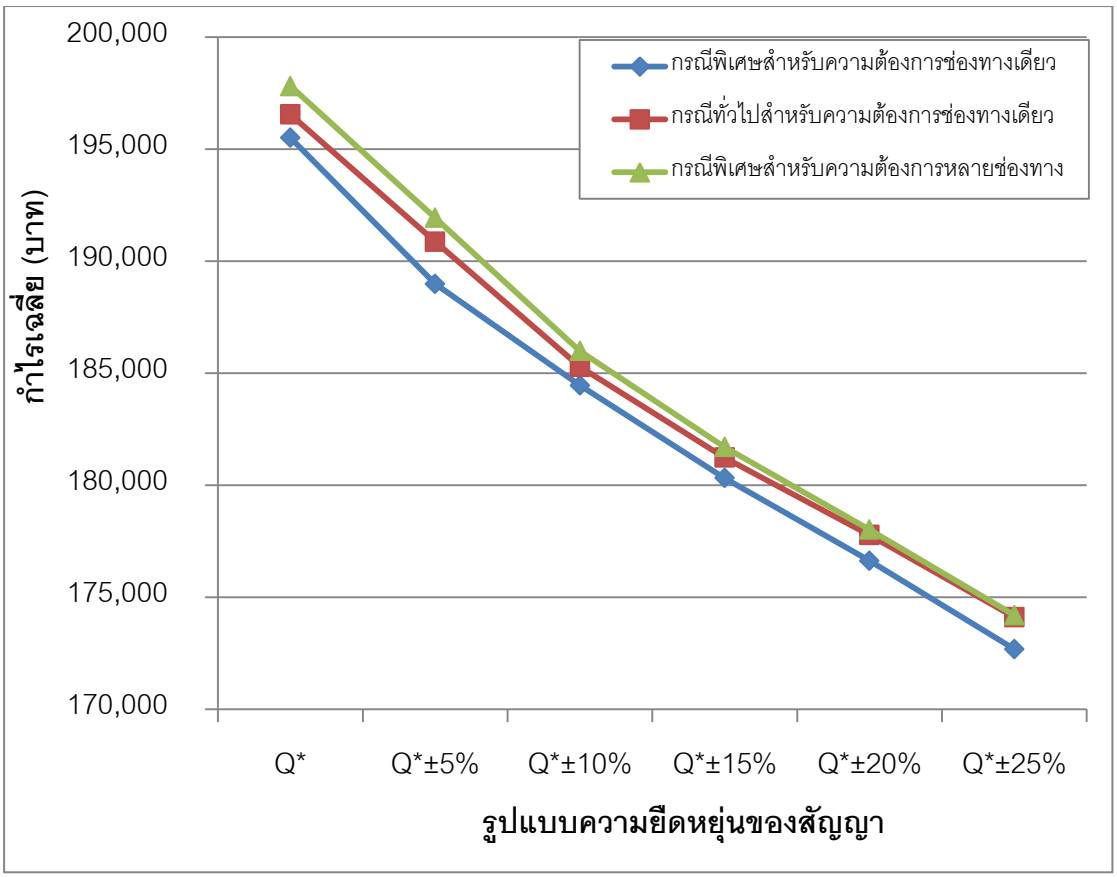
ภาพที่ 5.6 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทาง โดยเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ปรับ

จากภาพที่ 5.3 พบว่าในแต่ละรูปแบบความยืดหยุ่นสัญญาทำให้กำไรเฉลี่ยจากพฤติกรรมของผู้ผลิตทุกๆ พฤติกรรมที่วิเคราะห์นั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆ โดยก่อนปรับรูปแบบความยืดหยุ่นของสัญญานั้นพฤติกรรมที่ 3 กำไรเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดและเมื่อพิจารณารูปแบบความยืดหยุ่นสัญญาที่ $Q^* \pm 5\%$ ถึง $Q^* \pm 15\%$ ทำให้กำไรเฉลี่ยของพฤติกรรมที่ 1 มีการปรับเปลี่ยน และมีค่าสูงกว่าพฤติกรรมอื่นๆ โดยพฤติกรรม 3 จะสูงกว่าพฤติกรรมที่ 2 และสูงกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมตามลำดับ รวมถึงเมื่อพิจารณาที่พฤติกรรมที่ 2 นั้นกำไรเฉลี่ยมีการปรับค่าสูงขึ้นทำให้เปลี่ยนไปมากกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมที่ช่วง $Q^* \pm 20\%$ และ $Q^* \pm 25\%$ โดยกราฟเกิดส่วนตัดในช่วง $Q^* \pm 15\%$ และ $Q^* \pm 20\%$

จากภาพที่ 5.4 พบว่ารูปแบบความยืดหยุ่น Q^* และ $Q^* \pm 5\%$ ของพฤติกรรมที่ 1 มีจำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยน้อยที่สุดโดยพฤติกรรม 3 จะต่ำกว่าพฤติกรรมที่ 2 และต่ำกว่าแบบไม่ปรับพฤติกรรมตามลำดับ แต่หลังจากช่วง $Q^* \pm 10\%$ พฤติกรรมที่ 3 จำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด โดยกราฟเกิดส่วนตัดในช่วง $Q^* \pm 5\%$ และ $Q^* \pm 10\%$ และเมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของกราฟแต่ละพฤติกรรมพบว่าจำนวนครั้งที่ปรับเฉลี่ยจะมีค่าลดลง โดยพฤติกรรมที่ 1 และแบบไม่ปรับพฤติกรรมมีลักษณะลู่เข้าหากัน รวมถึงพฤติกรรมที่ 2 และพฤติกรรมที่ 3 จะลู่เข้าหากัน

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยของแบบจำลองแต่ละกรณี โดยไม่ปรับพฤติกรรม

กำไรเฉลี่ย (บาท)	Q*	Q*±5%	Q*±10%	Q*±15%	Q*±20%	Q*±25%
กรณีพิเศษ(ความต้องการช่องทางเดียว)	195,509	188,980	184,456	180,314	176,620	172,679
กรณีทั่วไป(ความต้องการช่องทางเดียว)	196,552	190,873	185,281	181,228	177,776	174,106
กรณีพิเศษ(ความต้องการหลายช่องทาง)	197,812	191,935	185,991	181,702	178,014	174,192



ภาพที่ 5.7 เปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยของแบบจำลองแต่ละกรณี โดยไม่ปรับพฤติกรรม

จากภาพที่ 5.7 เมื่อสรุปภาพรวมของกำไรเฉลี่ยของแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกของแต่ละกรณีพบว่ากำไรเฉลี่ยในกรณีพิเศษและกรณีทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 195,509 บาท และ 196,551 บาทตามลำดับ โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำไรเฉลี่ยของบริษัทในกรณีศึกษาที่ต้องจัดเตรียมรถบรรทุกไว้ 30 คันจำนวน 90 เที่ยวเพื่อสนับสนุนงานของผู้ผลิตโดยมีกำไรเฉลี่ยประมาณ 182,636 บาท ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองดังกล่าวจะสามารถเพิ่มกำไรให้ผู้ให้บริการขนส่งสูงขึ้น 7.05% และ 7.62% ตามลำดับ

สำหรับแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทางพบว่ากำไรเฉลี่ยอยู่ที่ 197,812 โดยจะสามารถเพิ่มกำไรให้ผู้ให้บริการขนส่งสูงขึ้น 8.31%

ดังนั้นจากผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีต่างๆ โดยศึกษาแต่ละพฤติกรรมของผู้ผลิตพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยในกรณีต่างๆ ของแบบจำลองพบว่ากำไรของกรณีความต้องการหลายช่องทางจะสูงกว่า กรณีทั่วไปและกรณีพิเศษตามลำดับในทุกๆ ค่าความยืดหยุ่น (Δ) ที่ยืดหยุ่นให้ลูกค้าเนื่องจากความต้องการหลายช่องทางนั้นจะสามารถเพิ่มช่องทางรายได้จากลูกค้ารายอื่นๆ มากขึ้นทำให้กำไรเฉลี่ยสูงที่สุด จากภาพที่ 5.1 ถึง ภาพที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าทั้งกำไรเฉลี่ยและจำนวนครั้งเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าความยืดหยุ่นจะมีลักษณะลดลงเรื่อยๆ โดยถ้าพิจารณาในส่วนของกำไรเฉลี่ยนั้นพฤติกรรมของผู้ผลิตในการปรับความต้องการแบบพฤติกรรมที่ 1 (Push Demand) นั้นทำให้กำไรเฉลี่ยสูงกว่าพฤติกรรมอื่นๆ

การเพิ่มความยืดหยุ่นให้ผู้ผลิตนั้นควรเพิ่มค่าความยืดหยุ่นที่เหมาะสมเนื่องจากกำไรเฉลี่ยมีค่าลดลงโดยในกรณีพิเศษกำไรลดลงเฉลี่ย 4,539 บาท กรณีทั่วไปกำไรลดลงเฉลี่ย 4,381 บาท และกรณีความต้องการหลายช่องทางกำไรลดลงเฉลี่ย 4,744 บาท ดังนั้นทางผู้ให้บริการขนส่งจึงควรปรับความยืดหยุ่นให้ลูกค้าด้วยค่าความยืดหยุ่นที่ 5% หรือ 10% เพื่อไม่ให้เสียโอกาสจากกำไรรวมถึงสามารถสร้างความยืดหยุ่นให้ผู้ผลิตได้

5.3 การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์

จากผลการทดสอบความยืดหยุ่นของสัญญานั้นจะศึกษาและพิจารณาแบบจำลองที่ปรับความยืดหยุ่นด้วยค่าค่าความยืดหยุ่น (Δ) ที่ 5% และ 10% สำหรับพฤติกรรมของผู้ผลิตในการปรับความต้องการแบบพฤติกรรมที่ 1 (Push Demand) เท่านั้น รวมถึงพิจารณาเพียงแบบจำลองกรณีทั่วไป และกรณีความต้องการหลายช่องทางในกระบวนการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ โดยพารารมิเตอร์ที่นำมาวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะพารารมิเตอร์รายได้ทั้งหมดที่เกิดขึ้น คือ รายได้จากค่าที่รถบรรทุกได้วิ่งของผู้ผลิต รายได้จากค่าที่รถบรรทุกได้วิ่งของลูกค้ารายย่อย รายได้จากการจองรถบรรทุกในสัญญา และรายได้จากการปรับในการจัดหารถบรรทุกมาวิ่งนอกสัญญา เนื่องจากผู้ให้บริการขนส่งสามารถปรับรายได้เหล่านี้เพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนส่งของแต่ละบริษัทโดยจะเปรียบเทียบเป็นคู่ จากการปรับรายได้ที่เปลี่ยน ±5% และ ±10% ดังแสดงในภาคผนวกตารางที่ ค.1 ถึง ตารางที่ ค.30 ซึ่งจะยกตัวอย่างของตารางการปรับพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	103	Q*±5%	203,658	211,092	47,171	49,062
		Q*±10%	198,066	205,070	50,530	55,131
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	210,450	217,266	47,909	50,492
		Q*±10%	205,669	211,842	51,130	55,729
ปรับเพิ่ม10%	108	Q*±5%	224,377	229,144	50,355	52,728
		Q*±10%	217,126	221,439	53,573	57,536
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	197,156	205,794	45,851	47,490
		Q*±10%	192,995	201,295	48,712	53,548
ปรับลด10%	100	Q*±5%	190,648	199,926	45,128	46,581
		Q*±10%	186,776	195,767	47,846	52,750

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	203,658	211,092	47,171	49,062
		Q*±10%	198,066	205,070	50,530	55,131
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	203,854	211,715	46,789	48,362
		Q*±10%	199,492	206,793	49,964	54,833
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	203,975	211,718	46,945	48,365
		Q*±10%	199,311	206,838	49,667	54,253
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	203,547	211,090	47,027	49,059
		Q*±10%	199,025	206,064	50,025	54,662
ปรับลด10%	103	Q*±5%	203,436	211,087	46,886	49,057
		Q*±10%	199,219	206,029	50,349	55,186

ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา

รายได้จากการจองรถบรรทุก = 1,418 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	104	Q*±5%	197,665	204,480	45,312	48,182
		Q*±10%	192,883	199,056	48,552	53,289
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	197,750	204,508	45,401	47,535
		Q*±10%	192,815	199,098	48,403	52,834
ปรับเพิ่ม10%	103	Q*±5%	197,852	204,510	45,535	47,537
		Q*±10%	191,777	198,028	48,907	53,312
ปรับลด 5%	104	Q*±5%	196,399	202,852	46,055	48,514
		Q*±10%	191,372	197,264	49,029	53,521
ปรับลด10%	104	Q*±5%	197,431	203,928	45,555	48,074
		Q*±10%	191,315	197,263	48,958	53,520

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ปรับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	205,122	210,845	48,717	51,849
		Q*±10%	199,825	204,823	51,421	55,889
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	205,382	211,086	48,735	51,844
		Q*±10%	200,018	205,006	51,394	55,851
ปรับเพิ่ม10%	107	Q*±5%	205,642	211,327	48,756	51,840
		Q*±10%	200,212	205,189	51,368	55,814
ปรับลด 5%	106	Q*±5%	204,729	211,058	47,955	51,281
		Q*±10%	199,703	205,214	50,940	55,672
ปรับลด10%	106	Q*±5%	204,484	210,834	47,948	51,298
		Q*±10%	199,522	205,044	50,974	55,716

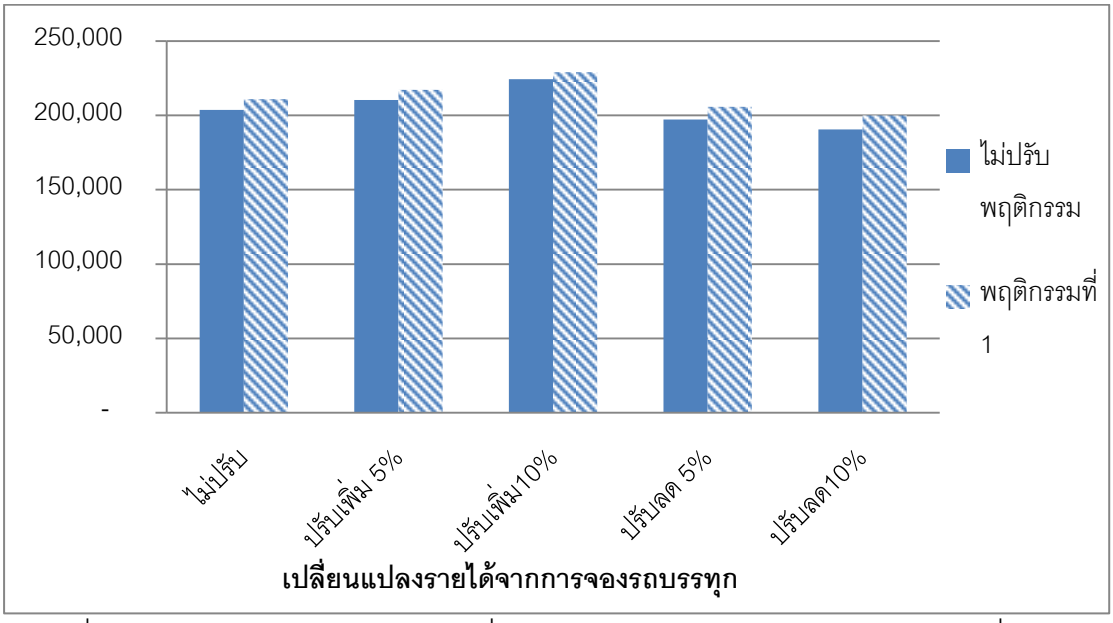
ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	205,122	210,845	48,717	51,849
		Q*±10%	199,825	204,823	51,421	55,889
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	212,119	217,337	49,469	52,467
		Q*±10%	206,388	210,953	52,079	56,352
ปรับเพิ่ม10%	112	Q*±5%	226,462	230,095	51,874	54,448
		Q*±10%	218,647	221,364	55,060	58,163
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	198,241	205,078	47,225	50,575
		Q*±10%	193,436	199,547	50,032	55,087
ปรับลด10%	104	Q*±5%	191,459	198,877	46,411	49,808
		Q*±10%	187,186	193,745	49,454	54,530

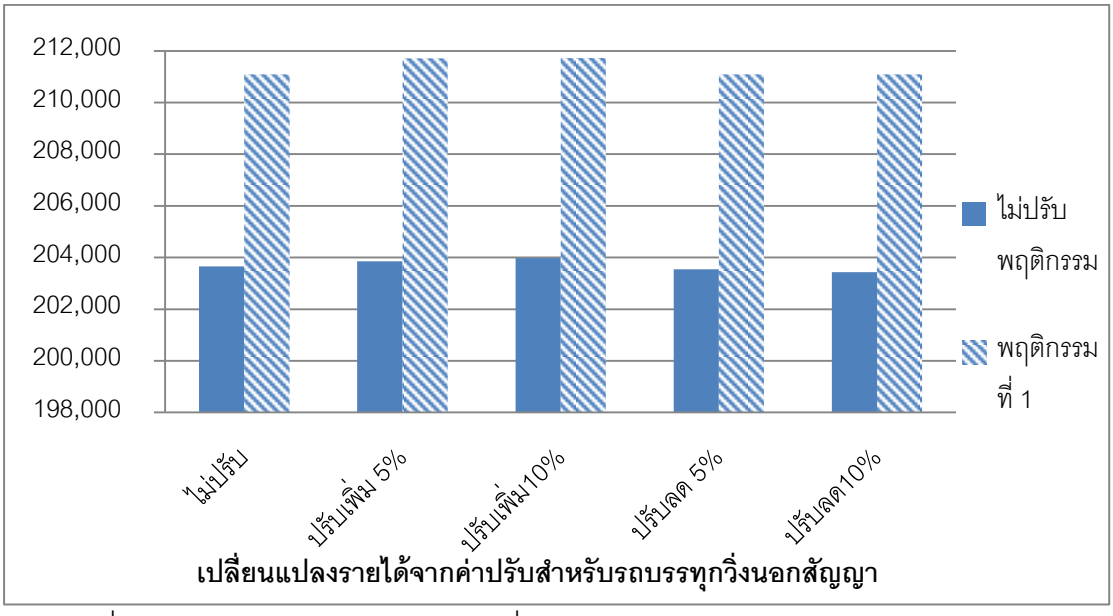
ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก

รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย = 2,625 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	192,617	198,725	45,625	48,887
		Q*±10%	187,388	192,768	48,432	53,103
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	199,758	204,810	47,091	50,049
		Q*±10%	193,895	198,364	49,566	53,796
ปรับเพิ่ม10%	112	Q*±5%	214,109	217,634	49,444	51,981
		Q*±10%	206,154	208,819	52,477	55,547
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	185,888	192,504	44,907	48,220
		Q*±10%	180,942	186,919	47,579	52,581
ปรับลด10%	104	Q*±5%	179,113	186,289	44,119	47,480
		Q*±10%	174,693	181,104	47,024	52,046

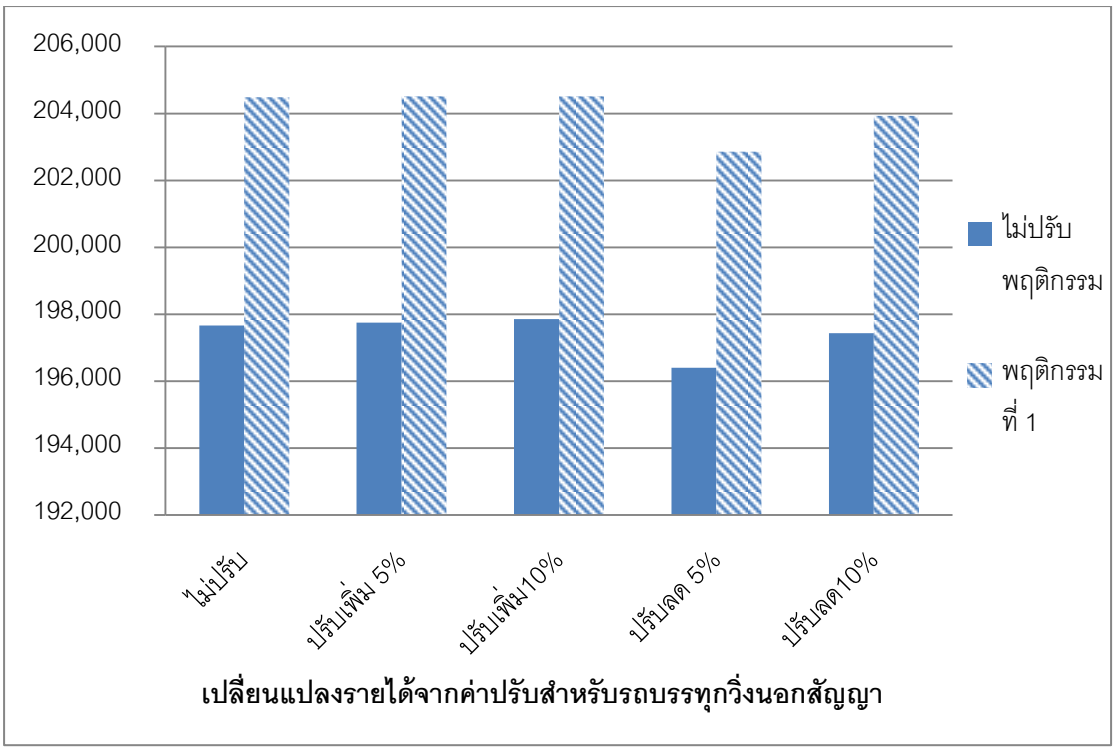
จากตัวอย่างตารางผลของการเปรียบเทียบที่เกิดขึ้นจากพารามิเตอร์รายได้ของผู้ให้บริการขนส่งจะเห็นว่าการปรับพารามิเตอร์นั้นส่งผลกระทบต่อปริมาณการเตรียมรถสำหรับการจอง Q^* และเมื่อนำตารางที่ตารางที่ 5.2 ถึงตารางที่ 5.7 มาวาดกราฟโดยพิจารณาเฉพาะค่าความยืดหยุ่นที่ $Q^* \pm 5\%$ จะได้กราฟดังนี้



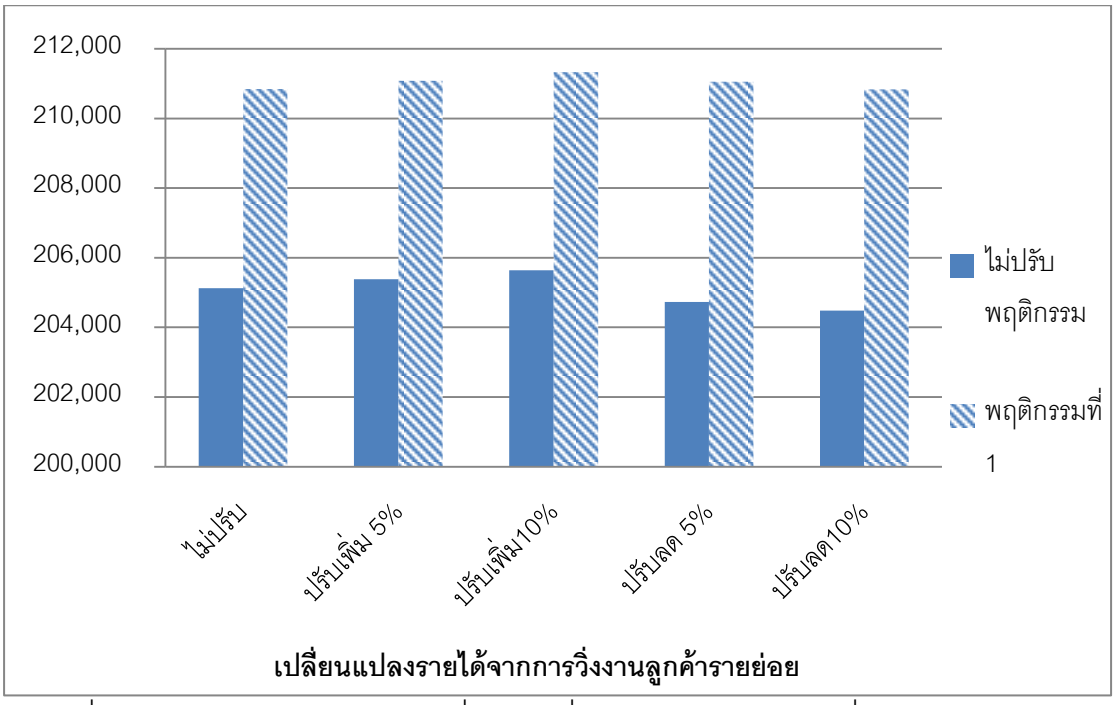
ภาพที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบกำไรโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการจองรถบรรทุก และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5%



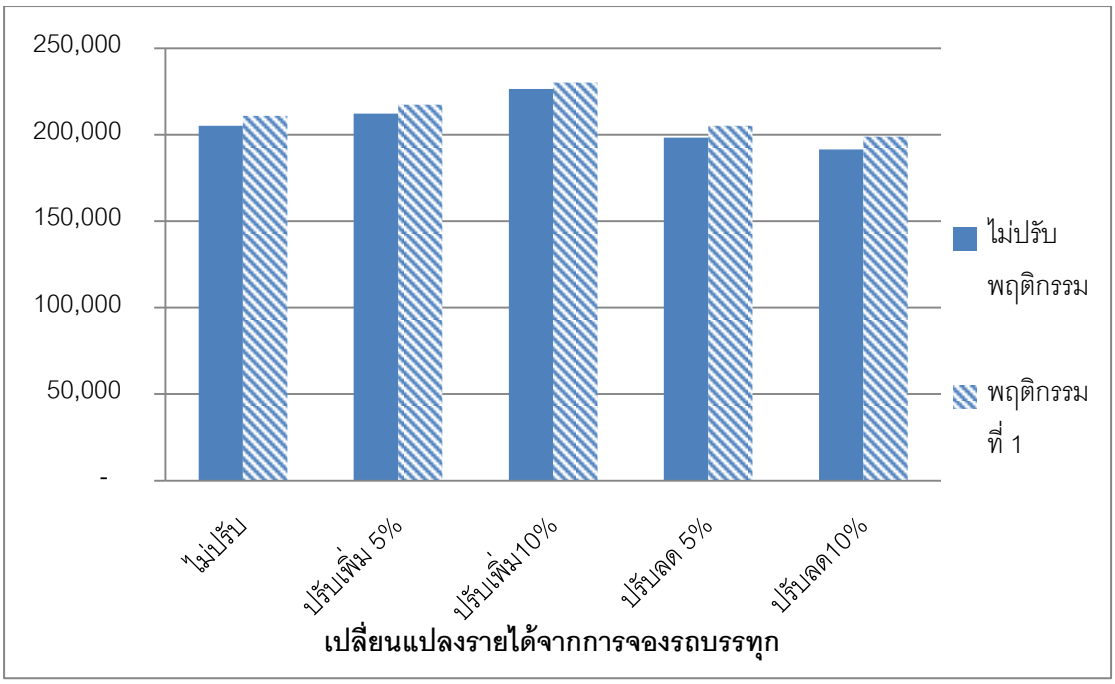
ภาพที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบกำไรโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกนอกสัญญา และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5%



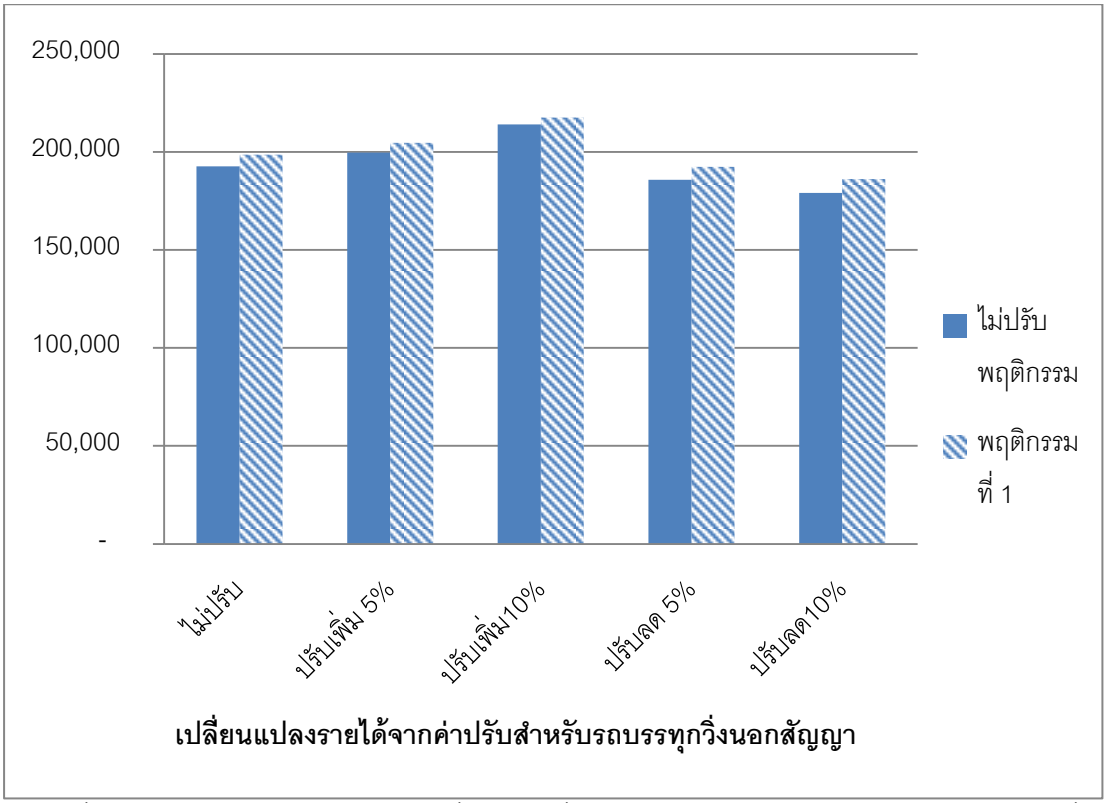
ภาพที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกนอกสัญญา และเพิ่มรายได้จากการจองรถบรรทุก 5%



ภาพที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5%



ภาพที่ 5.12 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการจองรถบรรทุก และเพิ่มรายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง 5%



ภาพที่ 5.13 กราฟเปรียบเทียบกำไรเฉลี่ยโดยเปลี่ยนแปลงรายได้จากการจองรถบรรทุก และเพิ่มรายได้จากการวิ่งงานลูกค้าย่อย 5%

จากภาพที่ 5.8 ถึงภาพที่ 5.13 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวโน้มของกำไรเฉลี่ยในแต่ละกราฟมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าพารามิเตอร์ และแนวโน้นการเปลี่ยนแปลงของกำไรที่เกิดจากความต้องการของผู้ผลิตในพฤติกรรมที่1 และไม่ปรับพฤติกรรมจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

จากผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของแบบจำลองในกรณีทั่วไป และแบบจำลองสำหรับความต้องการหลายช่องทางในภาคผนวกตารางที่ ค.1 ถึง ตารางที่ ค.30 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวโน้มของกำไรเฉลี่ย จากค่าพารามิเตอร์จะมีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของกำไรที่เกิดจากความต้องการของผู้ผลิตในพฤติกรรมที่1 และไม่ปรับพฤติกรรมพบว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน รวมถึงพิจารณาถึงผลกระทบเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เทียบกับคำตอบของแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกหรือปริมาณการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจอง (Q^*) พบว่าปริมาณการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นการปรับเปลี่ยนแบบเพิ่มลดโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเพียงแนวทางหนึ่งในการทดสอบแบบจำลองที่ได้จัดสร้างขึ้น โดยได้ทดสอบกับข้อมูลพารามิเตอร์และความต้องการเพียง 1 ชุดเท่านั้นถ้าความต้องการมีลักษณะการกระจายแบบอื่นหรือมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในลักษณะอื่น ซึ่งมีโอกาสทำให้ความไวของพารามิเตอร์เปลี่ยนไป แนวโน้มของแบบจำลองก็จะเปลี่ยนไปเช่นกัน

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้พิจารณาถึงปัญหาในมุมมองของผู้ให้บริการขนส่ง ซึ่งพิจารณาปัญหาการจัดการปริมาณรถบรรทุกโดยสร้างข้อเสนอในการจัดทำสัญญาระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิต เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการวางแผนจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการที่เกิดขึ้นของผู้ผลิต และความต้องการของลูกค้ารายย่อยอื่นๆ ทีมีความผันแปรของข้อมูลสูง จึงพิจารณาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการจัดเตรียมปริมาณรถบรรทุกสำหรับการจองที่จะเกิดขึ้นในสัญญาที่เป็นการวางแผนระยะยาว โดยบทสรุปของงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือการสร้างแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกที่เหมาะสมที่สุด การสร้างสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่ง รวมถึงการวิเคราะห์พฤติกรรมและพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการจัดทำสัญญาดังนี้

6.1.1 การสร้างแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกที่เหมาะสมที่สุด

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีแนวคิดมาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาคลาสสิค Newsvendor ซึ่งเป็นที่นิยมในเรื่องการวิเคราะห์การจัดการสินค้าคงคลัง โดยจุดเด่นของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาคลาสสิค Newsvendor คือสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ ถึงแม้ว่าความต้องการที่เกิดขึ้นจะมีความไม่แน่นอน แต่ต้องทราบลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลความต้องการแทน และเมื่อพิจารณาแบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษที่ผู้ให้บริการขนส่งไม่คิดกำไรจากการจ้างรถบรรทุกจากบริษัทรับเหมาภายนอกมาวิ่งงาน และแบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไปที่สามารถสร้างกำไรจากการจ้างรถบรรทุกจากบริษัทรับเหมาภายนอกมาวิ่งงาน พบว่าแบบจำลองทั้งสองกรณีสามารถประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาของปัญหาคลาสสิค Newsvendor เพื่อหาสมการในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดและจะเห็นว่าค่าคำตอบของสมการจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของพารามิเตอร์ และฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็นแบบสะสมของความต้องการของผู้ผลิต ดังนั้นจึงศึกษาความต้องการของผู้ผลิตกรณีศึกษามาทดสอบการกระจายแบบปกติพบว่าความต้องการของผู้ผลิตมีการกระจายแบบปกติที่ค่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 88.61 และ17.09 ตามลำดับด้วยค่า p-value ที่ 0.74

สำหรับแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทางนั้น วิเคราะห์โดยขยายมาจากพิจารณาแบบจำลองสำหรับกรณีพิเศษที่ผู้ให้บริการขนส่งไม่คิดกำไรจากการจ้างรถบรรทุกจากบริษัทรับเหมาภายนอกมาวิ่งงาน และแบบจำลองสำหรับกรณีทั่วไป รวมถึงประยุกต์ปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทางจะช่วยให้สร้างแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทางเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ ดังแสดงในหัวข้อที่ 2.1.1 และหัวข้อที่ 3.3.2 แต่สิ่งสำคัญของแบบจำลองปัญหา Newsvendor สำหรับความต้องการหลายช่องทางนั้นไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดด้วยฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสมแบบส่วนกลับของอัตราส่วนของพารามิเตอร์ได้เหมือนปัญหาคลาสสิค Newsvendor เนื่องจากแบบจำลองจะขึ้นอยู่ในลักษณะของฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสมของความต้องการของผู้ผลิต และฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบสะสมของความต้องการของลูกค้ารายย่อย ดังนั้นจึงพิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้มากที่สุดโดยการหาจากคำตอบจำนวนเต็มที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อทำให้แบบจำลองเป็นจริง

อย่างไรก็ตามการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องตั้งสมมติฐานหลายประการ เพื่อทำให้นำไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมการให้บริการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จุดเด่นของแบบจำลองในลักษณะนี้คือจะช่วยให้ผู้ให้บริการขนส่งสามารถตัดสินใจหาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการจองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ความต้องการที่ไม่แน่นอนของผู้ผลิต

6.1.2 การสร้างสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่ง

ข้อเสนอในการสร้างสัญญาระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตนั้น ในงานวิจัยนี้นำเสนอให้ผู้ผลิตมีการจองรถบรรทุกในระยะยาวด้วยปริมาณการจองรถบรรทุกที่หามาจากแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทาง เพื่อเพิ่มโอกาสในการหารายได้ของผู้ให้บริการขนส่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการรับรองการใช้ปริมาณรถบรรทุกจากทางผู้ผลิต และลดความเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้นกับผู้ให้บริการขนส่ง โดยมีเงื่อนไขว่าผู้ให้บริการขนส่งจะเพิ่มความยืดหยุ่นของปริมาณการจองรถบรรทุกโดยพิจารณาเป็นช่วงคือ $Q^{*} \pm 5\%$ เพื่อยืดหยุ่นให้ทางผู้ผลิตโดยถ้าเพิ่มความยืดหยุ่นดังกล่าวจะทำให้กำไรเฉลี่ยของกรณีพิเศษ กรณีทั่วไป และกรณีความต้องการหลายช่องทางคือ 188,980 บาท, 190,873 บาท, 191,935 บาท ตามลำดับ โดยจะลดลงจากกำไรเฉลี่ยก่อนเพิ่มความยืดหยุ่นคิดเป็น 3.34%, 2.37%, 1.83% ตามลำดับ

6.1.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมและพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการจัดทำสัญญา

ในการสร้างสัญญาระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตนั้นจะต้องคำนึงถึงพฤติกรรมของผู้ผลิตที่มีผลกระทบมาจากสัญญาที่จัดทำขึ้น ฉะนั้นเพื่อพยายามให้ความต้องการอยู่ในช่วงของปริมาณที่จองไว้กับผู้ให้บริการขนส่งนั้นในงานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ผลิตที่มีโอกาสจะเกิดพฤติกรรมในการปรับความต้องการ 3 ลักษณะประกอบด้วย พฤติกรรมที่ 1 เกิดจากการปรับแผนการจัดส่งสินค้าของผู้ผลิต โดยคำนึงถึงความต้องการสูงกว่ารถบรรทุกที่ช่วงจองไว้ (Push Demand) พฤติกรรมที่ 2 เกิดจากการปรับแผนการจัดส่งสินค้าของผู้ผลิต โดยคำนึงถึงความต้องการต่ำกว่าช่วงรถบรรทุกที่จองไว้ (Pull Demand) และพฤติกรรมที่ 3 เกิดจากปรับแผนการจัดส่งสินค้าของผู้ผลิตโดยคำนึงถึงความต้องการต่ำกว่าช่วงรถบรรทุกที่จองไว้ รวมถึงจะคำนึงถึงถ้าความต้องการสูงกว่ารถช่วงบรรทุกที่จองไว้ (Push&Pull Demand)

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมต่างๆ เพื่อทดสอบกับแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกทั้ง 3 กรณีพบว่าพฤติกรรมที่ 1 เสียค่าปรับน้อยที่สุดในช่วงที่ $Q^{*}\pm 5\%$ แต่จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าพฤติกรรมที่ 2 และพฤติกรรมที่ 3 ตั้งแต่ช่วง $Q^{*}\pm 10\%$ เป็นต้นไปทำให้พฤติกรรมที่ 1 ผู้ผลิตจะเสียค่าใช้จ่ายสูงที่สุด โดยมีพฤติกรรมที่ 3 และพฤติกรรมที่ 2 ลดลงมาตามลำดับ

ดังนั้นจากการวิเคราะห์พฤติกรรมเหล่านี้จะทำให้ผู้ให้บริการขนส่งมองภาพรวมของธุรกิจการขนส่งในหลายมิติโดยเป็นสิ่งสำคัญในการจัดทำสัญญา และเกิดความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ให้บริการขนส่งและผู้ผลิตมากขึ้น

อย่างไรแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการนั้น นอกจากความต้องการจากผู้ผลิตแล้วยังมีผลมาจากพารามิเตอร์อย่างมาก เนื่องจากในแบบจำลองที่หาค่าสำหรับปริมาณการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจอง ต้องอาศัยข้อมูลค่าพารามิเตอร์ รายได้และรายจ่ายเป็นหลักที่จะทำให้แนวโน้มของคำตอบมากหรือน้อยก็ตาม ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์รายได้ที่เกิดขึ้นพบว่าส่งผลต่อแบบจำลองดักล่าว ทำให้ส่งผลต่อการจัดทำสัญญาด้วยเช่นกัน เพราะฉะนั้นสามารถมองภาพในอีกมุมหนึ่งได้โดยนำปริมาณการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจองเพื่อเป็นตัวแปรต้นในการหาความเหมาะสมของพารามิเตอร์ได้เช่นกัน

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทางมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สำหรับผู้ที่สนใจสามารถจะพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป โดยพิจารณาประเด็นต่างๆ ที่สามารถเพิ่มได้ดังนี้

1) การเตรียมรถบรรทุกของผู้ให้บริการขนส่งเป็นจำนวนคันรถบรรทุกสำหรับผู้ผลิตแต่ละรายในขณะที่ผู้ผลิตมีความต้องการเป็นจำนวนเที่ยวรถบรรทุก ทำให้ต้องมีการประมาณจำนวนเที่ยวต่อรถบรรทุกในการวิเคราะห์ ซึ่งค่าดังกล่าวแปรผันกับหลายปัจจัยอาทิเช่น ระยะทางของการรับส่งสินค้า สภาพการจารจร และลักษณะงาน ส่งผลให้การวิเคราะห์จำนวนเที่ยวรถบรรทุกอาจมีความคลาดเคลื่อน
2) ความถูกต้องของข้อมูลจำนวนการใช้รถบรรทุกล่วงหน้าของผู้ผลิตขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่แจ้ง ซึ่งแบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกดังกล่าวอาจเพิ่มเติมปัจจัยดังกล่าวเพื่อให้สะท้อนความคลาดเคลื่อนต่อการบริหารความเสี่ยงนี้
3) การวิเคราะห์สัญญาว่าจ้างขนส่งสามารถให้เพิ่มมิติด้านพฤติกรรมของผู้ผลิตต่อสัญญาที่นำเสนอเพื่อให้ผู้ให้บริการขนส่งปรับสัญญาให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของผู้ผลิตได้โดยการประยุกต์ทฤษฎีเกมส์ (Game Theory) ประกอบ
4) ผู้ที่สนใจสามารถเพิ่มเงื่อนไขข้อจำกัดของปริมาณรถบรรทุกของผู้ให้บริการขนส่ง โดยบางบริษัทเป็นบริษัทขนาดเล็กจะมีรถบรรทุกที่จำกัด จะทำให้แบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสามารถประยุกต์กับบริษัทผู้ให้บริการขนส่งในลักษณะนี้ได้

รายการอ้างอิง

[1] รัฐพล. วิธีเลือกผู้ให้บริการขนส่ง ปัญหาในการจ้างและใช้ผู้ให้บริการขนส่ง [ออนไลน์]. 2553.แหล่งที่มา: http://www.logisticscorner.com/index.php?option=com_content &view=article&id=2086 [2554, กันยายน 8].

[2] Lee, S. T. et al. Newsvendor-type models with decision-dependent uncertainty. Mathematical Methods of Operations Research 6, (2009): 1-33.

[3] SEn, A. and Zhang, A. X. The newsboy problem with multiple demand classes. IIE Transactions 31, 5 (1999): 91-100.

[4] Mendenhall, W., Beaver, R. J., and Beaver, B. M.Introduction to probability and statistics Belmont, CA, Thomson/Brooks/Cole.73, (2006)

[5] Höhn, M. I. Optimal Concessions in Return Policies for Continuous Quality Improvements. Relational Supply Contracts (2009)

[6] Corbett, C. J., et al. Designing Supply Contracts: Contract Type and Information Asymmetry. Management Science 50, 4 (2004): 550-559.

[7] Pasternack, B. A. Optimal Pricing and Return Policies for Perishable Commodities Marketing Science 4, 2(1985): 166-176

[8] Koulamas, C. A. Newsvendor Problem with Revenue Sharing and Channel Coordination. Decision Sciences 37, 1 (2006) 91-100.

[9] Cachon, G. P. and Lariviere, M. A. Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations. Management Science 51, 1 (2005): 30-44.

[10] Tsay, A. A. The Quantity Flexibility Contract and Supplier-Customer Incentives. Management Science 45, 10 (1999): 1339-1358.

[11] Chan, F. T. S. and Chan, H. K. A simulation study with quantity flexibility in a supply chain subjected to uncertainties. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 19, 2 (2006): 148-160.

[12] ธีรธรรม มีเทศน์. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2551.

[13] ยศศิริ อดุลยศักดิ์. แบบจำลองและขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาจัดเส้นทางการขนส่งแบบเต็มคันรถอย่างต่อเนื่อง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2549.

[14] ฐิตินันท์ ผลสุข. แบบจำลองสถานการณ์ในการดำเนินการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2549.

[15] ภาสภณ ชัยบูรณ์. แบบจำลองความน่าจะเป็นสำหรับวิเคราะห์การเดินรถเที่ยวกลับ, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, 2549.

[16] Nahmias, S. Production and operations analysis, McGraw-Hill/Irwin. (2009)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจุดรับ-ส่งสินค้า

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลตำแหน่งละติจูด ลองจิจูดของจุดรับ-ส่งสินค้า

จุดรับ-ส่งสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด
1	14°21'43.00"น	100°40'13.00"ตะวันออก
2	14° 6'50.91"น	100°35'59.22"ตะวันออก
3	14°12'25.89"น	100°40'11.83"ตะวันออก
4	13°35'32.49"น	100°48'56.82"ตะวันออก
5	13°42'18.44"น	100°29'6.21"ตะวันออก
6	14° 6'50.91"น	100°35'59.22"ตะวันออก
7	14°19'26.95"น	100°37'48.97"ตะวันออก
8	13°44'44.80"น	100°30'22.42"ตะวันออก
9	14° 2'43.86"น	100°41'16.05"ตะวันออก
10	14° 6'50.91"น	100°35'59.22"ตะวันออก
11	13°51'59.76"น	100°29'51.90"ตะวันออก
12	13°41'20.70"น	101° 4'16.69"ตะวันออก
13	14°13'16.25"น	100°41'15.39"ตะวันออก
14	13°31'25.10"น	100°38'42.18"ตะวันออก
15	13°55'44.99"น	100°24'21.82"ตะวันออก
16	13°43'9.34"น	100°47'10.45"ตะวันออก
17	13°46'28.56"น	100°44'39.84"ตะวันออก
18	13°54'47.42"น	100°24'56.97"ตะวันออก
19	14° 6'50.91"น	100°35'59.22"ตะวันออก
20	14° 6'50.91"น	100°35'59.22"ตะวันออก
21	14°13'35.26"น	100°42'57.11"ตะวันออก
22	14° 1'11.66"น	100°31'34.71"ตะวันออก
23	13°32'56.94"น	100°13'50.20"ตะวันออก
24	13°35'32.49"น	100°48'56.82"ตะวันออก

จุดรับ-ส่งสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด
25	14° 9'40.23"น	100°37'3.57"ตะวันออก
26	13°42'21.45"น	100°38'43.56"ตะวันออก

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบแบบจำลอง

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษ

รูปแบบความยืดหยุ่นสัญญา (Q* = 105)		Q*	Q*±5%	Q*±10%	Q*±15%	Q*±20%	Q*±25%
กำไรเฉลี่ย (บาท)	ไม่ปรับพฤติกรรม	195,509	188,980	184,456	180,314	176,620	172,679
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	202,079	196,011	190,702	185,359	179,937	174,586
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	200,744	192,721	186,592	181,038	175,801	171,431
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	202,296	194,993	189,078	183,494	178,057	172,995
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไม่ปรับพฤติกรรม	43,187	45,187	48,375	52,359	57,195	61,744
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	42,262	48,376	53,279	57,481	61,055	64,172
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	38,458	36,284	36,071	39,086	43,750	51,146
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	38,173	37,906	39,015	42,642	47,404	53,667
จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย (ครั้ง)	ไม่ปรับพฤติกรรม	29.5	24.87	20.77	16.86	13.18	9.5
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	22.1	19.62	17.32	14.58	11.98	8.98
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	26.38	22.12	17.06	12.31	7.46	3.95
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	24.32	20.26	15.66	11.26	6.72	3.57

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีทั่วไป

รูปแบบความยืดหยุ่นสัญญา (Q* = 103)		Q*	Q*±5%	Q*±10%	Q*±15%	Q*±20%	Q*±25%
กำไรเฉลี่ย (บาท)	ไม่ปรับพฤติกรรม	196,552	190,873	185,281	181,228	177,776	174,106
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	203,023	198,307	192,285	187,137	181,939	176,744
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	201,496	194,700	187,296	181,913	177,019	173,072
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	203,260	197,339	190,514	185,099	179,935	175,258
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไม่ปรับพฤติกรรม	43,289	44,576	47,957	51,893	56,871	61,581
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	40,315	46,818	52,740	57,361	61,342	64,742
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	37,156	35,310	35,289	38,962	44,658	52,451
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	36,273	36,763	38,833	43,258	48,916	55,659
จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย (ครั้ง)	ไม่ปรับพฤติกรรม	29.53	24.9	20.1	16.16	12.12	8.51
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	20.5	18.81	15.95	13.42	10.61	7.74
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	25.63	21.52	15.6	10.62	6.19	3.19
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	22.73	19.15	13.65	9.18	5.17	2.62

ตารางที่ ข.3 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นสัญญาในกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทาง

รูปแบบความยืดหยุ่นสัญญา (Q* = 106)		Q*	Q*±5%	Q*±10%	Q*±15%	Q*±20%	Q*±25%
กำไรเฉลี่ย (บาท)	ไม่ปรับพฤติกรรม	197,812	191,935	185,991	181,702	178,014	174,192
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	204,990	199,917	193,383	187,864	182,326	176,915
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	204,286	196,632	188,274	182,306	177,085	173,038
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	206,212	199,436	191,651	185,632	180,108	175,298
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ไม่ปรับพฤติกรรม	42,180	43,458	46,955	51,159	56,425	61,353
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	40,304	46,446	52,252	56,935	61,060	64,598
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	37,398	34,888	34,501	38,379	44,367	52,334
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	36,761	36,563	38,343	42,916	48,773	55,620
จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย (ครั้ง)	ไม่ปรับพฤติกรรม	29.53	24.9	20.1	16.16	12.12	8.51
	พฤติกรรมที่ 1 (Push Demand)	20.5	18.81	15.95	13.42	10.61	7.74
	พฤติกรรมที่ 2 (Pull Demand)	25.63	21.52	15.6	10.62	6.19	3.19
	พฤติกรรมที่ 3 (Push&Pull Demand)	22.73	19.15	13.65	9.18	5.17	2.62

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 1)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,850 บาท (ไม่ปรับ)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	103	Q*±5%	190,873	198,307	44,576	46,818	25	19
		Q*±10%	185,281	192,285	47,957	52,740	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	197,665	204,480	45,312	48,182	25	20
		Q*±10%	192,883	199,056	48,552	53,289	21	17
ปรับเพิ่ม10%	108	Q*±5%	211,592	216,359	47,724	50,306	26	22
		Q*±10%	204,340	208,653	50,951	55,017	22	19
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	184,371	193,009	43,278	45,320	25	17
		Q*±10%	180,209	188,509	46,170	51,213	20	15
ปรับลด10%	100	Q*±5%	177,862	187,141	42,568	44,452	24	17
		Q*±10%	173,991	182,982	45,320	50,446	20	15

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 2)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	103	Q*±5%	203,658	211,092	47,171	49,062	25	19
		Q*±10%	198,066	205,070	50,530	55,131	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	210,450	217,266	47,909	50,492	25	20
		Q*±10%	205,669	211,842	51,130	55,729	21	17
ปรับเพิ่ม10%	108	Q*±5%	224,377	229,144	50,355	52,728	26	22
		Q*±10%	217,126	221,439	53,573	57,536	22	19
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	197,156	205,794	45,851	47,490	25	17
		Q*±10%	192,995	201,295	48,712	53,548	20	15
ปรับลด10%	100	Q*±5%	190,648	199,926	45,128	46,581	24	17
		Q*±10%	186,776	195,767	47,846	52,750	20	15

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 3)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 3,135 บาท (ปรับเพิ่ม10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	103	Q*±5%	216,354	223,788	49,759	51,292	25	19
		Q*±10%	210,763	217,766	53,097	57,506	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	223,146	229,962	50,500	52,786	25	20
		Q*±10%	218,365	224,538	53,702	58,152	21	17
ปรับเพิ่ม10%	108	Q*±5%	237,073	241,840	52,976	55,134	26	22
		Q*±10%	229,822	234,135	56,185	60,038	22	19
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	209,852	218,491	48,421	49,645	25	17
		Q*±10%	205,691	213,991	51,254	55,868	20	15
ปรับลด10%	100	Q*±5%	203,344	212,622	47,686	48,697	24	17
		Q*±10%	199,472	208,463	50,373	55,040	20	15

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 4)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,708 บาท (ปรับลด 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	103	Q*±5%	178,177	185,611	42,013	44,590	25	19
		Q*±10%	172,585	179,589	45,418	50,367	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	184,969	191,784	42,745	45,889	25	20
		Q*±10%	180,187	186,360	46,006	50,867	21	17
ปรับเพิ่ม10%	108	Q*±5%	198,896	203,663	45,120	47,901	26	22
		Q*±10%	191,644	195,957	48,356	52,517	22	19
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	171,675	180,313	40,740	43,167	25	17
		Q*±10%	167,513	175,813	43,665	48,894	20	15
ปรับลด10%	100	Q*±5%	165,166	174,445	40,044	42,338	24	17
		Q*±10%	161,295	170,285	42,834	48,159	20	15

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 5)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,565 บาท (ปรับลด10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	103	Q*±5%	165,391	172,826	39,449	42,347	25	19
		Q*±10%	159,800	166,803	42,879	47,978	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	172,183	178,999	40,177	43,580	25	20
		Q*±10%	167,402	173,575	43,460	48,429	21	17
ปรับเพิ่ม10%	108	Q*±5%	186,110	190,877	42,507	45,479	26	22
		Q*±10%	178,859	183,172	45,753	50,000	22	19
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	158,889	167,528	38,204	40,999	25	17
		Q*±10%	154,728	163,028	41,165	46,561	20	15
ปรับลด10%	100	Q*±5%	152,381	161,659	37,526	40,211	24	17
		Q*±10%	148,509	157,500	40,356	45,856	20	15

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 1)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,850 บาท (ไม่ปรับ)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	190,873	198,307	44,576	46,818	25	19
		Q*±10%	185,281	192,285	47,957	52,740	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	191,068	198,930	44,199	46,154	25	18
		Q*±10%	186,707	194,008	47,409	52,441	20	16
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	191,189	198,933	44,350	46,157	25	18
		Q*±10%	186,526	194,053	47,101	51,889	20	16
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	190,762	198,304	44,438	46,815	25	19
		Q*±10%	186,239	193,279	47,459	52,270	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	190,651	198,302	44,301	46,813	25	19
		Q*±10%	186,434	193,243	47,792	52,769	20	17

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 2)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	203,658	211,092	47,171	49,062	25	19
		Q*±10%	198,066	205,070	50,530	55,131	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	203,854	211,715	46,789	48,362	25	18
		Q*±10%	199,492	206,793	49,964	54,833	20	16
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	203,975	211,718	46,945	48,365	25	18
		Q*±10%	199,311	206,838	49,667	54,253	20	16
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	203,547	211,090	47,027	49,059	25	19
		Q*±10%	199,025	206,064	50,025	54,662	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	203,436	211,087	46,886	49,057	25	19
		Q*±10%	199,219	206,029	50,349	55,186	20	17

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 3)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 3,135 บาท (ปรับเพิ่ม10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	216,354	223,788	49,759	51,292	25	19
		Q*±10%	210,763	217,766	53,097	57,506	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	216,550	224,411	49,372	50,555	25	18
		Q*±10%	212,188	219,490	52,516	57,209	20	16
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	216,671	224,414	49,534	50,559	25	18
		Q*±10%	212,007	219,534	52,230	56,601	20	16
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	216,243	223,786	49,611	51,289	25	19
		Q*±10%	211,721	218,760	52,587	57,038	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	216,132	223,783	49,465	51,286	25	19
		Q*±10%	211,915	218,725	52,902	57,587	20	17

ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 4)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,708 บาท (ปรับลด 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	178,177	185,611	42,013	44,590	25	19
		Q*±10%	172,585	179,589	45,418	50,367	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	178,372	186,234	41,642	43,962	25	18
		Q*±10%	174,011	181,312	44,890	50,067	20	16
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	178,493	186,237	41,788	43,965	25	18
		Q*±10%	173,830	181,357	44,569	49,542	20	16
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	178,066	185,608	41,881	44,587	25	19
		Q*±10%	173,543	180,583	44,926	49,896	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	177,955	185,606	41,750	44,585	25	19
		Q*±10%	173,738	180,547	45,271	50,370	20	17

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 5)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,565 บาท (ปรับลด10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	165,391	172,826	39,449	42,347	25	19
		Q*±10%	159,800	166,803	42,879	47,978	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	165,587	173,448	39,085	41,755	25	18
		Q*±10%	161,225	168,527	42,373	47,677	20	16
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	165,708	173,451	39,223	41,758	25	18
		Q*±10%	161,044	168,571	42,038	47,180	20	16
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	165,280	172,823	39,323	42,345	25	19
		Q*±10%	160,758	167,797	42,395	47,505	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	165,169	172,820	39,199	42,342	25	19
		Q*±10%	160,952	167,762	42,752	47,955	20	17

ตารางที่ ค.11 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 1)

รายได้จากการจองรถบรรทุก = 1,350 บาท (ไม่ปรับ)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	102	Q*±5%	190,873	198,307	44,576	46,818	25	19
		Q*±10%	185,281	192,285	47,957	52,740	20	16
ปรับเพิ่ม 5%	102	Q*±5%	191,068	198,930	44,199	46,154	25	18
		Q*±10%	186,707	194,008	47,409	52,441	20	16
ปรับเพิ่ม10%	102	Q*±5%	191,189	198,933	44,350	46,157	25	18
		Q*±10%	186,526	194,053	47,101	51,889	20	16
ปรับลด 5%	102	Q*±5%	190,762	198,304	44,438	46,815	25	19
		Q*±10%	186,239	193,279	47,459	52,270	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	190,651	198,302	44,301	46,813	25	19
		Q*±10%	186,434	193,243	47,792	52,769	20	17

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 2)

รายได้จากการจองรถบรรทุก = 1,418 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	104	Q*±5%	197,665	204,480	45,312	48,182	25	20
		Q*±10%	192,883	199,056	48,552	53,289	21	17
ปรับเพิ่ม 5%	104	Q*±5%	197,750	204,508	45,401	47,535	25	19
		Q*±10%	192,815	199,098	48,403	52,834	21	17
ปรับเพิ่ม10%	103	Q*±5%	197,852	204,510	45,535	47,537	25	19
		Q*±10%	191,777	198,028	48,907	53,312	20	17
ปรับลด 5%	104	Q*±5%	196,399	202,852	46,055	48,514	25	20
		Q*±10%	191,372	197,264	49,029	53,521	21	17
ปรับลด10%	104	Q*±5%	197,431	203,928	45,555	48,074	25	20
		Q*±10%	191,315	197,263	48,958	53,520	21	17

ตารางที่ ค.13 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 3)

รายได้จากการจองรถบรรทุก = 1,485 บาท (ปรับเพิ่ม10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	108	Q*±5%	211,592	216,359	47,724	50,306	26	22
		Q*±10%	204,340	208,653	50,951	55,017	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	211,584	216,371	47,694	49,793	26	22
		Q*±10%	204,376	208,653	51,002	55,017	22	19
ปรับเพิ่ม10%	107	Q*±5%	210,360	215,110	48,167	50,213	26	22
		Q*±10%	204,273	208,676	50,798	54,653	22	19
ปรับลด 5%	108	Q*±5%	211,529	216,358	47,636	50,305	26	22
		Q*±10%	205,598	209,932	50,506	54,578	22	20
ปรับลด10%	108	Q*±5%	210,165	214,719	48,323	50,641	26	22
		Q*±10%	204,275	208,200	51,360	55,219	22	20

ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 4)

รายได้จากการจองรถบรรทุก = 1,283 บาท (ปรับลด 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	101	Q*±5%	184,371	193,009	43,278	45,320	25	17
		Q*±10%	180,209	188,509	46,170	51,213	20	15
ปรับเพิ่ม 5%	100	Q*±5%	184,503	193,013	43,436	45,324	25	17
		Q*±10%	180,294	188,511	46,264	51,214	20	15
ปรับเพิ่ม10%	100	Q*±5%	184,635	193,017	43,596	45,328	25	17
		Q*±10%	180,378	188,512	46,360	51,215	20	15
ปรับลด 5%	101	Q*±5%	184,322	193,006	43,252	46,116	24	18
		Q*±10%	180,321	188,486	46,389	51,799	20	15
ปรับลด10%	101	Q*±5%	184,120	192,318	43,659	46,028	25	18
		Q*±10%	179,884	187,694	46,536	51,644	20	16

ตารางที่ ค.15 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีทั่วไปเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการจองรถบรรทุกเทียบกับรายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา(ตาราง 5)

รายได้จากการจองรถบรรทุก = 1,215 บาท (ปรับลด10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
รายได้จากค่าปรับสำหรับรถบรรทุกวิ่งนอกสัญญา	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	99	Q*±5%	177,862	187,141	42,568	44,452	24	17
		Q*±10%	173,991	182,982	45,320	50,446	20	15
ปรับเพิ่ม 5%	99	Q*±5%	177,968	187,871	41,974	43,557	24	16
		Q*±10%	174,270	183,883	44,853	49,925	19	14
ปรับเพิ่ม10%	99	Q*±5%	178,124	187,878	42,154	43,562	24	16
		Q*±10%	174,372	183,885	44,961	49,927	19	14
ปรับลด 5%	100	Q*±5%	177,719	187,136	42,404	44,447	24	17
		Q*±10%	173,898	182,980	45,222	50,445	20	15
ปรับลด10%	100	Q*±5%	177,576	187,131	42,244	44,443	24	17
		Q*±10%	173,806	182,978	45,126	50,443	20	15

ตารางที่ ค.16 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย(ตาราง 1)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,850 บาท (ไม่ปรับ)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	192,372	198,500	45,612	48,900	25	21
		Q*±10%	187,207	192,598	48,462	53,145	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	106	Q*±5%	192,617	198,725	45,625	48,887	25	21
		Q*±10%	187,388	192,768	48,432	53,103	22	19
ปรับเพิ่ม10%	107	Q*±5%	193,022	198,544	46,380	49,448	26	22
		Q*±10%	187,524	192,404	48,903	53,312	22	19
ปรับลด 5%	106	Q*±5%	192,126	198,275	45,601	48,915	25	21
		Q*±10%	187,026	192,429	48,493	53,187	22	19
ปรับลด10%	106	Q*±5%	191,881	198,051	45,592	48,931	25	21
		Q*±10%	186,845	192,259	48,526	53,231	22	19

ตารางที่ ค.17 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย(ตาราง 2)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	205,122	210,845	48,717	51,849	26	22
		Q*±10%	199,825	204,823	51,421	55,889	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	205,382	211,086	48,735	51,844	26	22
		Q*±10%	200,018	205,006	51,394	55,851	22	19
ปรับเพิ่ม10%	107	Q*±5%	205,642	211,327	48,756	51,840	26	22
		Q*±10%	200,212	205,189	51,368	55,814	22	19
ปรับลด 5%	106	Q*±5%	204,729	211,058	47,955	51,281	25	21
		Q*±10%	199,703	205,214	50,940	55,672	22	19
ปรับลด10%	106	Q*±5%	204,484	210,834	47,948	51,298	25	21
		Q*±10%	199,522	205,044	50,974	55,716	22	19

ตารางที่ ค.18 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย(ตาราง 3)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 3,135 บาท (ปรับเพิ่ม10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	217,654	223,540	51,081	54,227	26	22
		Q*±10%	212,424	217,519	53,875	58,375	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	217,914	223,780	51,098	54,221	26	22
		Q*±10%	212,618	217,702	53,847	58,336	22	19
ปรับเพิ่ม10%	107	Q*±5%	218,174	224,021	51,118	54,216	26	22
		Q*±10%	212,811	217,885	53,821	58,299	22	19
ปรับลด 5%	107	Q*±5%	217,395	223,299	51,066	54,235	26	22
		Q*±10%	212,231	217,336	53,904	58,415	22	19
ปรับลด10%	107	Q*±5%	217,135	223,058	51,053	54,245	26	22
		Q*±10%	212,038	217,153	53,935	58,457	22	19

ตารางที่ ค.19 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย(ตาราง 4)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,708 บาท (ปรับลด 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	179,857	185,806	43,277	46,551	25	21
		Q*±10%	174,619	179,903	46,037	50,678	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	106	Q*±5%	180,102	186,031	43,291	46,539	25	21
		Q*±10%	174,800	180,072	46,008	50,637	22	19
ปรับเพิ่ม10%	106	Q*±5%	180,348	186,256	43,308	46,529	25	21
		Q*±10%	174,981	180,242	45,981	50,597	22	19
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	179,573	186,062	42,668	46,051	25	20
		Q*±10%	174,441	180,340	45,445	50,460	21	18
ปรับลด10%	105	Q*±5%	179,341	185,853	42,665	46,074	25	20
		Q*±10%	174,272	180,183	45,480	50,506	21	18

ตารางที่ ค.20 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย(ตาราง 5)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,565 บาท (ปรับลด10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	105	Q*±5%	167,220	173,488	40,352	43,694	25	20
		Q*±10%	161,946	167,712	43,001	47,954	21	18
ปรับเพิ่ม 5%	105	Q*±5%	167,452	173,696	40,361	43,676	25	20
		Q*±10%	162,116	167,869	42,970	47,910	21	18
ปรับเพิ่ม10%	106	Q*±5%	167,745	173,472	40,963	44,166	25	21
		Q*±10%	162,305	167,457	43,546	48,116	22	19
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	166,989	173,279	40,345	43,715	25	20
		Q*±10%	161,777	167,555	43,033	47,999	21	18
ปรับลด10%	105	Q*±5%	166,757	173,071	40,341	43,738	25	20
		Q*±10%	161,608	167,398	43,067	48,045	21	18

ตารางที่ ค.21 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 1)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,850 บาท (ไม่ปรับ)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	192,372	198,500	45,612	48,900	25	21
		Q*±10%	187,207	192,598	48,462	53,145	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	199,483	204,553	47,064	50,047	26	22
		Q*±10%	193,689	198,167	49,589	53,831	22	20
ปรับเพิ่ม10%	111	Q*±5%	213,694	217,588	48,896	51,599	27	24
		Q*±10%	205,997	208,960	52,232	55,497	23	21
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	185,656	192,296	44,900	48,239	25	20
		Q*±10%	180,772	186,762	47,611	52,625	21	18
ปรับลด10%	104	Q*±5%	178,894	186,096	44,116	47,504	25	20
		Q*±10%	174,536	180,960	47,058	52,090	21	17

ตารางที่ ค.22 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 2)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,993 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	205,122	210,845	48,717	51,849	26	22
		Q*±10%	199,825	204,823	51,421	55,889	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	212,119	217,337	49,469	52,467	26	22
		Q*±10%	206,388	210,953	52,079	56,352	22	20
ปรับเพิ่ม10%	112	Q*±5%	226,462	230,095	51,874	54,448	27	24
		Q*±10%	218,647	221,364	55,060	58,163	23	22
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	198,241	205,078	47,225	50,575	25	20
		Q*±10%	193,436	199,547	50,032	55,087	21	18
ปรับลด10%	104	Q*±5%	191,459	198,877	46,411	49,808	25	20
		Q*±10%	187,186	193,745	49,454	54,530	21	17

ตารางที่ ค.23 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 3)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 3,135 บาท (ปรับเพิ่ม10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	217,654	223,540	51,081	54,227	26	22
		Q*±10%	212,424	217,519	53,875	58,375	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	109	Q*±5%	224,762	229,672	52,488	55,399	26	23
		Q*±10%	219,045	223,207	55,172	59,153	23	20
ปรับเพิ่ม10%	112	Q*±5%	239,062	242,791	54,349	56,937	27	24
		Q*±10%	231,296	234,060	57,614	60,739	23	22
ปรับลด 5%	106	Q*±5%	210,791	217,258	50,229	53,513	25	21
		Q*±10%	206,009	211,602	53,149	57,874	22	19
ปรับลด10%	105	Q*±5%	203,993	211,005	49,453	52,784	25	20
		Q*±10%	199,503	205,717	52,235	57,297	21	18

ตารางที่ ค.24 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 4)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,708 บาท (ปรับลด 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	179,857	185,806	43,277	46,551	25	21
		Q*±10%	174,619	179,903	46,037	50,678	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	186,826	192,240	44,045	47,175	26	22
		Q*±10%	181,151	185,967	46,695	51,119	22	19
ปรับเพิ่ม10%	111	Q*±5%	201,106	204,893	46,442	49,129	27	24
		Q*±10%	193,353	196,264	49,697	52,934	23	21
ปรับลด 5%	104	Q*±5%	173,107	180,118	41,926	45,336	25	20
		Q*±10%	168,433	174,743	44,896	49,916	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	166,421	173,999	41,194	44,624	25	19
		Q*±10%	162,151	168,992	44,231	49,373	20	17

ตารางที่ ค.25 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่งเทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 5)

รายได้จากการที่รถบรรทุกได้วิ่ง = 2,565 บาท (ปรับลด10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	105	Q*±5%	167,220	173,488	40,352	43,694	25	20
		Q*±10%	161,946	167,712	43,001	47,954	21	18
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	174,206	179,457	41,669	44,781	26	22
		Q*±10%	168,463	173,182	44,235	48,618	22	19
ปรับเพิ่ม10%	110	Q*±5%	188,243	192,334	43,351	46,229	26	23
		Q*±10%	180,356	183,842	46,286	49,970	22	20
ปรับลด 5%	104	Q*±5%	160,542	167,337	39,635	43,033	25	20
		Q*±10%	155,782	161,959	42,511	47,478	21	17
ปรับลด10%	102	Q*±5%	153,845	161,814	38,273	41,762	25	18
		Q*±10%	149,574	156,958	41,268	46,657	20	16

ตารางที่ ค.26 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 1)

รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย = 2,500 บาท (ไม่ปรับ)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	192,372	198,500	45,612	48,900	25	21
		Q*±10%	187,207	192,598	48,462	53,145	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	199,483	204,553	47,064	50,047	26	22
		Q*±10%	193,689	198,167	49,589	53,831	22	20
ปรับเพิ่ม10%	111	Q*±5%	213,694	217,588	48,896	51,599	27	24
		Q*±10%	205,997	208,960	52,232	55,497	23	21
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	185,656	192,296	44,900	48,239	25	20
		Q*±10%	180,772	186,762	47,611	52,625	21	18
ปรับลด10%	104	Q*±5%	178,894	186,096	44,116	47,504	25	20
		Q*±10%	174,536	180,960	47,058	52,090	21	17

ตารางที่ ค.27 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 2)

รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย = 2,625 บาท (ปรับเพิ่ม 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	192,617	198,725	45,625	48,887	25	21
		Q*±10%	187,388	192,768	48,432	53,103	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	199,758	204,810	47,091	50,049	26	22
		Q*±10%	193,895	198,364	49,566	53,796	22	20
ปรับเพิ่ม10%	112	Q*±5%	214,109	217,634	49,444	51,981	27	24
		Q*±10%	206,154	208,819	52,477	55,547	23	22
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	185,888	192,504	44,907	48,220	25	20
		Q*±10%	180,942	186,919	47,579	52,581	21	18
ปรับลด10%	104	Q*±5%	179,113	186,289	44,119	47,480	25	20
		Q*±10%	174,693	181,104	47,024	52,046	21	17

ตารางที่ ค.28 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 3)

รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย = 2,750 บาท (ปรับเพิ่ม10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	107	Q*±5%	193,022	198,544	46,380	49,448	26	22
		Q*±10%	187,524	192,404	48,903	53,312	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	108	Q*±5%	200,033	205,068	47,120	50,053	26	22
		Q*±10%	194,101	198,561	49,544	53,762	22	20
ปรับเพิ่ม10%	112	Q*±5%	214,444	217,958	49,508	52,024	27	24
		Q*±10%	206,400	209,059	52,466	55,526	23	22
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	186,120	192,713	44,917	48,204	25	20
		Q*±10%	181,111	187,076	47,549	52,539	21	18
ปรับลด10%	104	Q*±5%	179,332	186,482	44,124	47,458	25	20
		Q*±10%	174,850	181,248	46,992	52,002	21	17

ตารางที่ ค.29 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 4)

รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย = 2,375 บาท (ปรับลด 5%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	192,126	198,275	45,601	48,915	25	21
		Q*±10%	187,026	192,429	48,493	53,187	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	199,098	204,694	46,390	49,560	26	22
		Q*±10%	193,557	198,480	49,171	53,644	22	19
ปรับเพิ่ม10%	111	Q*±5%	213,373	217,280	48,847	51,573	27	24
		Q*±10%	205,765	208,734	52,253	55,527	23	21
ปรับลด 5%	105	Q*±5%	185,425	192,087	44,894	48,259	25	20
		Q*±10%	180,603	186,606	47,644	52,669	21	18
ปรับลด10%	103	Q*±5%	178,671	186,510	43,445	46,908	25	19
		Q*±10%	174,554	181,555	46,616	51,818	20	17

ตารางที่ ค.30 การวิเคราะห์ความไวแบบจำลองกรณีพิเศษสำหรับความต้องการหลายช่องทางเมื่อปรับพารามิเตอร์รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย เทียบกับรายได้จากการจองรถบรรทุก(ตาราง 5)

รายได้จากการวิ่งงานลูกค้ารายย่อย = 2,250 บาท (ปรับลด10%)			กำไรเฉลี่ย(บาท)		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		จ่ายครั้งที่ปรับเฉลี่ย(ครั้ง)	
ปรับรายได้จากการจองรถบรรทุก	Q*	ความยืดหยุ่นของสัญญา	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1	ไม่ปรับพฤติกรรม	พฤติกรรมที่ 1
ไม่ปรับ	106	Q*±5%	191,881	198,051	45,592	48,931	25	21
		Q*±10%	186,845	192,259	48,526	53,231	22	19
ปรับเพิ่ม 5%	107	Q*±5%	198,838	204,453	46,376	49,571	26	22
		Q*±10%	193,364	198,297	49,202	53,686	22	19
ปรับเพิ่ม10%	111	Q*±5%	213,053	216,972	48,800	51,549	27	24
		Q*±10%	205,533	208,508	52,276	55,559	23	21
ปรับลด 5%	104	Q*±5%	185,146	192,424	44,206	47,678	25	20
		Q*±10%	180,681	187,151	47,344	52,432	21	17
ปรับลด10%	103	Q*±5%	178,465	186,331	43,451	46,940	25	19
		Q*±10%	174,409	181,423	46,654	51,866	20	17

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวัฒนา แย้มประยูรสวัสดิ์ เกิดวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552