ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าที่ทดแทนกันได้

นางสาวธิดา ฉานแสงทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Optimal order quantities for substitutable products

Miss Thida Chansangthong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Logistics Management and Supply Chain Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าที่ทดแทนกันได้
โดย	นางสาวธิดา ฉานแสงทอง
สาขาวิชา	การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธารทัศน์ โมกขมรรคกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. สุมณฑา ตันวงศ์วาล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธิดา ฉานแสงทอง : ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าที่ทดแทนกันได้ (Optimal order quantities for substitutable products) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์, 76 หน้า.

ในการบริหารสินค้าคงคลังทั่วไป บริษัทจะประเมินความต้องการสินค้าและกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเป็นรายชนิดไป แต่สำหรับสินค้าที่ทดแทนกันได้ ความต้องการของสินค้าจะมีความสัมพันธ์กัน หากสินค้าชนิดหนึ่งขาดมือจะทำให้สินค้าชนิดอื่นที่สามารถทดแทนสินค้านั้นได้มีปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเพื่อรองรับปริมาณความต้องการที่เพิ่มขึ้นจากการทดแทน ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้กับบริษัท โดยบริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นบริษัทนำเข้าสินค้าประเภทเครื่องดื่ม สินค้าที่ศึกษาได้แก่ สินค้าประเภทกาแฟสำเร็จรูป 2 ชนิดที่สามารถทดแทนกันได้ ซึ่งเป็นสินค้าแบบเดียวกันแต่มีขนาดหีบห่อต่างกัน โดยการศึกษาวิจัยจะอาศัยข้อมูลยอดขายและสถานะสินค้าคงคลังของสินค้าในปี พ.ศ. 2556 ถึง 2559

งานวิจัยนี้อ้างอิงระเบียบวิธีในการประเมินปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าที่ทดแทนกันได้จากงานวิจัยของ Huang, Zhou, and Zhao ในปี 2011 ระเบียบวิธีวิจัยเริ่มจากการประเมินระดับการทดแทนระหว่างสินค้า ซึ่งศึกษาจากการจำลองพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าของลูกค้าจากข้อมูลยอดขายและสถานะสินค้าคงคลังรายเดือน โดยอ้างอิงแบบจำลองในงานวิจัยของ Vulcano, Van Ryzin, and Ratliff ในปี 2012 การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าจะพิจารณาด้วยแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย ภายใต้ระดับการบริการที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่าเมื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าโดยพิจารณาการทดแทนของสินค้าจะทำให้ผลกำไรรวมสูงขึ้นและต้นทุนสินค้าขาดมือลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่พิจารณาการทดแทนของสินค้า ทำให้บริษัทมีระดับการบริการที่ดีขึ้น ในขณะที่ต้นทุนรวมเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลกำไรที่เพิ่มขึ้นเกิดจากรายได้ที่เพิ่มขึ้นนั้นสูงกว่าส่วนต่างต้นทุนรวมที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า หากสินค้ามีระดับการทดแทนกันสูงขึ้น ผลกำไรก็มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น และต้นทุนสินค้าขาดมือก็มีแนวโน้มจะลดลงตามไปด้วย

สาขาวิชา การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5887152220 : MAJOR LOGISTICS MANAGEMENT AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
KEYWORDS: SUBSTITUTABLE PRODUCT / SUBSTITUTABILITY / INVENTORY / ORDER QUANTITY

THIDA CHANSANGTHONG: Optimal order quantities for substitutable products. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMPONG SIRISOPONSILP, Ph.D., 76 pp.

Normally, order quantities of different products will be considered independently. But in case of substitutable products, the demands are interrelated in a sense that a shortage in a particular product may increase the demand for its substitutable products. This study aims to determine optimal order quantities for substitutable products. The case company is an importer of beverage products and the case products include two substitutable coffee product items which are the same product type with different package sizes. The study is based on the sales and product availability data over the period 2013 to 2016.

This study applies the methodology as proposed by Huang, Zhou, and Zhao in 2011 for determining optimal order quantities for substitutable products. The method begins with the estimation of degree of substitutability among the case products by developing customer behavior model making use of monthly sales transaction and product availability data as proposed by Vulcano, Van Ryzin, and Ratliff in 2012. The order quantities are determined under the order-up-to-level inventory policy with a given service level. The results indicate that our analysis that recognizes the substitutability of products yields higher profit, resulting from higher revenue more than offsetting the higher cost, and lower shortage cost, resulting in better service level, than the conventional method that treats these products independently. It is also found that the improvements over conventional method in terms of total profit and shortage cost likely increase with the degree of substitutability among the concerned products.

Field of Study: Logistics Management and Supply Chain Management
Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายบุคคล ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแนวทางในการดำเนินการวิจัยตลอดระยะเวลาการวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธารทัศน์ โมกขมรรคกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. สุมณฑา ตันวงศ์วาล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และยังได้เมตตาสละเวลาอันมีค่าเพื่อชี้แนะและช่วยเหลือผู้วิจัยนอกเหนือจากสาระวิจัยเป็นอย่างดีอีกด้วย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เคยถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ผู้วิจัย ซึ่งล้วนเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดาที่เป็นกำลังใจและผลักดันให้สามารถผ่านพ้นอุปสรรคไปได้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ อีกหลายท่านที่ไม่อาจกล่าวนามได้ครบถ้วน ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 คำถามงานวิจัย 4
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย 5
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ผลกระทบของสินค้าทดแทนต่อการจัดการโลจิสติกส์ 6
2.2 การพยากรณ์ความต้องการสินค้า 8
2.3 การบริหารสินค้าคงคลัง 9
2.3.1 ต้นทุนสินค้า 10
2.3.2 แบบจำลองการสั่งซื้อสินค้า 10
2.3.3 ระดับการบริการ (Service Level) 12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
2.4.1 ด้านการบริหารสินค้าคงคลัง 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.4.2 ด้านการประเมินระดับการทดแทนของสินค้า 18
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 21
3.1 รายละเอียดบริษัทกรณีศึกษา 21
3.1.1 รายละเอียดสินค้า 21
3.1.2 แผนการสั่งซื้อสินค้า 21
3.2 ระเบียบวิธีวิจัย 22
3.2.1 การจำลองรูปแบบการเลือกของลูกค้าด้วย Multinomial Logit Model (MNL) 23
3.2.2 การคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสม 33
3.2.3 การเปรียบเทียบแผนการสั่งซื้อและกำไรรวมของสินค้า 40
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 42
4.1 ข้อมูลสินค้า 42
4.2 ผลการคำนวณระดับการทดแทนของสินค้า 44
4.3 ผลการทดสอบแผนการสั่งซื้อ 46
4.3.1 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย 46
4.3.2 ผลกำไรและต้นทุน 48
4.3.3 ระดับการบริการ 53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 57
5.1 สรุปผลการวิจัย 57
5.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ 59
รายการอ้างอิง 61
ภาคผนวก ก 65
ภาคผนวก ข 68
ภาคผนวก ค 71

หน้า

ภาคผนวก ง 74

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดข้อมูลของสินค้าที่ศึกษา....43
ตารางที่ 4.2 ค่าน้ำหนักความชอบของสินค้าที่คำนวณได้....44
ตารางที่ 4.3 ระดับการทดแทนของสินค้าที่คำนวณได้....44
ตารางที่ 4.4 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A ในเดือนที่ 7 ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....48
ตารางที่ 4.5 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B ในเดือนที่ 7 ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....48
ตารางที่ 4.6 ผลต่างกำไร ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า....51
ตารางที่ 4.7 ผลต่างรายได้ ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า....51
ตารางที่ 4.8 ผลต่างของต้นทุนรวม ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....52
ตารางที่ 4.9 ผลต่างของต้นทุนค่าถือครองสินค้า ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....52
ตารางที่ 4.10 ผลต่างของต้นทุนสินค้าขาดมือ ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....53
ตารางที่ 4.11 ระดับการบริการ Type 1 และ Type 2 ของสินค้า จากแผนการสั่งซื้อทั้งกรณีมีสินค้าทดแทนและไม่มีสินค้าทดแทน....54
ตารางที่ 4.12 ระดับการบริการ (Type 1) ของสินค้า A ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....54
ตารางที่ 4.13 ระดับการบริการ (Type 1) ของสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....55
ตารางที่ 4.14 ระดับการบริการ (Type 2) ของสินค้า A ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....55
ตารางที่ 4.15 ระดับการบริการ (Type 2) ของสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆ....56

สารบัญภาพ

รูปที่ 1.1 สัดส่วนยอดขายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา 1
รูปที่ 1.2 ปริมาณการขายรายปีของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่ปี 2556 ถึง 2559 2
รูปที่ 1.3 ผลการศึกษาวิจัยสัดส่วนการตอบสนองของผู้บริโภค เมื่อไม่พบสินค้าที่ต้องการซื้อ (Sampaio & Sampaio, 2016) 3
รูปที่ 1.4 สัดส่วนสินค้าที่ผู้บริโภคเลือกซื้อทดแทน (Nagare & Dutta, 2014) 3
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์แส้ม้ากับระดับการทดแทนกันของสินค้า (Song, 2009) 6
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการและระดับสินค้าคงคลัง เปรียบเทียบระหว่างกรณีสินค้าทดแทนกันได้กับกรณีสินค้าไม่สามารถทดแทนกันได้ (Song, 2009) 7
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการทดแทนของสินค้าและผลกำไร ที่ระดับความผันแปรของความต้องการต่างๆกัน (Rajaram & Tang, 2001) 8
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังกับเวลา ในแบบจำลองจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ 12
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังกับเวลา ในแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย 12
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) (Syque) 14
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงระเบียบวิธีวิจัยโดยสรุป 23
รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของค่าส่วนแบ่งการตลาด (s) และความคลาดเคลื่อนของค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า (Bias) ที่ระดับส่วนแบ่งการตลาด 14% 46% และ 81% 25
รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธี Expectation-Maximization (EM) โดยสรุป 31
รูปที่ 3.4 การสร้างตัวแปรในโปรแกรม Excel เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า 32
รูปที่ 3.5 การตั้งค่าในหน้าต่างคำสั่ง Solver เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า 32
รูปที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงความต้องการของสินค้าและระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย เมื่อมีการทดแทนของสินค้า 35

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการสร้างตารางอินทิเกรตในโปรแกรม Excel 39
รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย โดยสรุป 39
รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ณ เดือนมกราคม 40
รูปที่ 4.1 ปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้าแบรนด์ X ทั้ง 3 ชนิด 42
รูปที่ 4.2 ปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้าแบรนด์ Y ทั้ง 2 ชนิด 43
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบยอดขายและความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนของ สินค้า A 45
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบยอดขายและความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนของ สินค้า B 45
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A เมื่อสินค้ามีการทดแทนและ ไม่มีการทดแทน 46
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B เมื่อสินค้ามีการทดแทนและ ไม่มีการทดแทน 47
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลต่างกำไร รายได้ และต้นทุน ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการ ทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า 49
รูปที่ ก.1 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า DVD ชนิด A ขนาด 100 กรัม 66
รูปที่ ก.2 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า DVD ชนิด B ขนาด 100 กรัม 66
รูปที่ ก.3 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า DVD ชนิด C ขนาด 100 กรัม 67
รูปที่ ก.4 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า NCF ชนิด A ขนาด 100 กรัม 67
รูปที่ ก.5 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า NCF ชนิด A ขนาด 200 กรัม 67
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบด้วยโปรแกรม Excel (แสดงตัวเลข) 69
รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบด้วยโปรแกรม Excel (แสดงสูตร) 70
รูปที่ ค.1 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A ที่ระดับการทดแทนต่างๆในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 9 72
รูปที่ ค.2 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 9 73

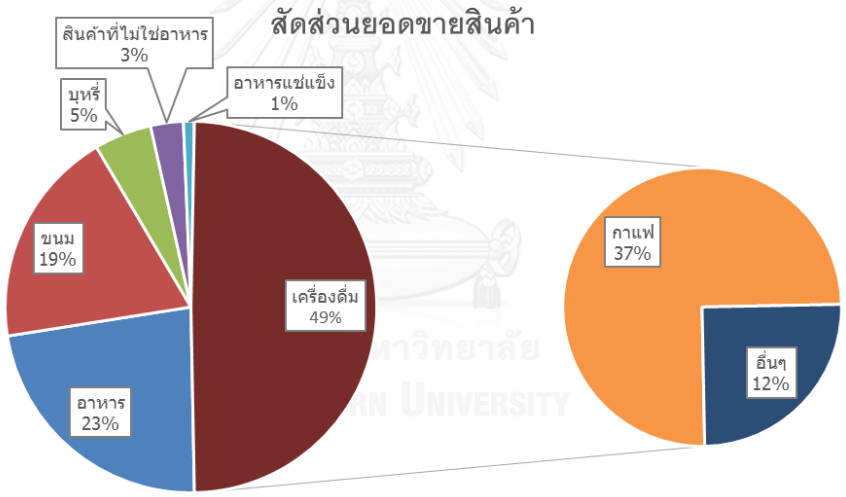
รูปที่ ง.1 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าและยอดขายของสินค้า A ในปี 2559.....75
รูปที่ ง.2 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าและยอดขายของสินค้า B ในปี 2559.....75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

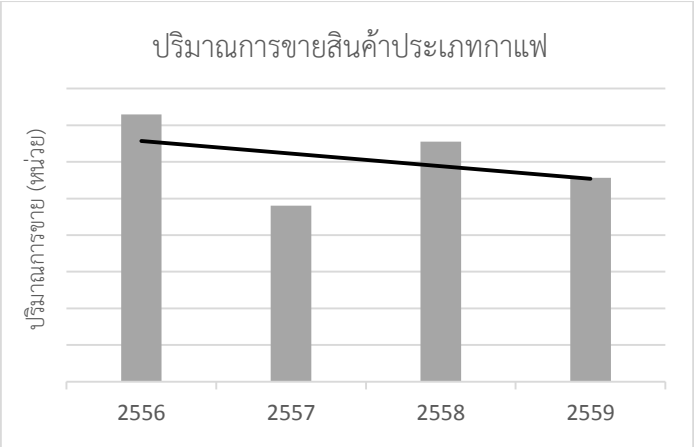
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

บริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นบริษัทนำเข้าสินค้าหลายชนิดมาจำหน่ายในประเทศไทย กลุ่มลูกค้าของบริษัทแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ร้านค้าปลีกทั่วไป (Traditional trade) กลุ่มธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ (Modern trade) และกลุ่มธุรกิจบริการ (ร้านอาหารและโรงแรม) สินค้าที่นำเข้ามีหลายประเภท ได้แก่ เครื่องดื่ม อาหาร สินค้าที่ไม่ใช่อาหาร ขนม บุหรี่ และอาหารแช่แข็ง โดยเครื่องดื่มเป็นสินค้าที่มีส่วนแบ่งยอดขายสูงสุดถึง 49.4% ของยอดขายทั้งหมด สินค้าประเภทเครื่องดื่มประกอบด้วย กาแฟสำเร็จรูป กาแฟ 3in1 ชา น้ำผลไม้ นม และอื่นๆ ซึ่งกาแฟเป็นสินค้าที่มีส่วนแบ่งยอดขายถึง 75% ในหมวดเครื่องดื่ม



รูปที่ 1.1 สัดส่วนยอดขายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

ปัจจุบันตลาดกาแฟในประเทศไทยเติบโตอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2557 ตลาดกาแฟในประเทศไทยมีมูลค่าสูงถึง 31,000 ล้านบาท โดยกาแฟสำเร็จรูปและกาแฟ 3in1 มีมูลค่ารวมกันถึง 19,000 ล้านบาท (Marketeer, 2558) แต่บริษัทกลับมีแนวโน้มยอดจำหน่ายสินค้าประเภทกาแฟลดลงในช่วง 4 ปีที่ผ่านมา ส่วนหนึ่งเกิดจากพฤติกรรมของผู้บริโภคกาแฟที่เปลี่ยนไป จากที่เคยนิยมดื่มกาแฟสำเร็จรูปก็เปลี่ยนมานิยมบริโภคกาแฟสดคั่วบดตามร้านกาแฟที่มีการตกแต่งสวยงามแทน (สถาบันอาหาร, 2558) นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาด้านการแข่งขันในตลาด เนื่องจากมีบริษัทคู่แข่งขันหลายรายที่นำเข้าสินค้าชนิดเดียวกัน แบรนด์เดียวกัน จึงเกิดการแข่งขันทางด้านราคาขึ้นบ่อยครั้ง



รูปที่ 1.2 ปริมาณการขายรายปีของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่ปี 2556 ถึง 2559

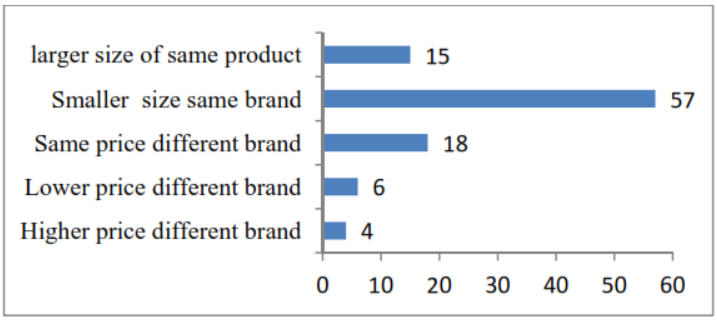
การแข่งขันแย่งชิงส่วนแบ่งตลาดทำให้บริษัทต้องปรับกลยุทธ์การขายค่อนข้างบ่อย มีการจัดโปรโมชั่นสินค้ากะทันหันหลายครั้งในแต่ละปี ทำให้ความต้องการของสินค้าแต่ละชนิดมีความไม่แน่นอนสูง ประกอบกับสินค้าของบริษัทนำเข้าจากต่างประเทศ ระยะเวลานำของสินค้าตั้งแต่เริ่มส่งคำสั่งซื้อจนกระทั่งสินค้ามาถึงคลังสินค้าของบริษัท อาจใช้เวลานานถึง 3 เดือน โดยเฉพาะสำหรับประเทศแถบอเมริกาและยุโรป เช่น อังกฤษ สเปน เยอรมัน ฝรั่งเศส ซึ่งเป็นแหล่งนำเข้าสินค้าส่วนใหญ่ของบริษัท ที่ผ่านมาบริษัทไม่เคยมีการวางแผนการสั่งซื้อสินค้า แต่จะกำหนดปริมาณการสั่งซื้อโดยอาศัยประสบการณ์ของพนักงาน ทำให้บริษัทมักประสบปัญหาทั้งกรณีสินค้าขาดมือและกรณีสินค้ามากเกินความต้องการ และเนื่องจากสินค้าของบริษัทเป็นประเภทอาหารที่มีวันหมดอายุ เมื่อมีสินค้าคงคลังที่ใกล้ถึงวันหมดอายุก็จะต้องจำหน่ายลดราคา ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

กาแฟจัดเป็นสินค้าอุปโภคบริโภคที่สามารถทดแทนกันได้ (Substitute Goods) ซึ่งในตลาดก็มีสินค้าประเภทกาแฟออกมาแข่งขันกันอย่างมากมาย แต่ละแบรนด์จะประกอบด้วยสินค้าหลายประเภท เช่น กาแฟสำเร็จรูป กาแฟพร้อมดื่ม กาแฟ 3in1 นอกจากนี้แต่ละประเภทก็ยังมีขนาดหีบห่อและรสชาติแตกต่างกัน เช่น คาปูชิโน เอสเปรสโซ หรือกาแฟแบบไม่มีคาเฟอีน (Decaffeinated coffee) ผู้บริโภคจึงมีตัวเลือกในการบริโภคมากมาย มีการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อผู้บริโภคพบว่าสินค้าที่ตนเองต้องการซื้อไม่มีในร้านค้า การตอบสนองของผู้บริโภคจะเป็นไปได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) ซื้อสินค้าชนิดอื่นทดแทน (Substitute) (2) ชะลอการซื้อสินค้า (Delay) (3) ออกจากร้านค้าหรือหาซื้อสินค้าจากร้านอื่นๆ (Leave) หรือที่เรียกว่า SDL Behavior (Nagare & Dutta, 2014) ซึ่ง Sampaio and Sampaio (2016) ได้รวบรวมผลการศึกษาวิจัยสัดส่วนการตอบสนองของผู้บริโภคเมื่อสินค้าที่ต้องการไม่มีจำหน่าย พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ 40 – 60% เลือกที่จะซื้อสินค้าชนิดอื่นทดแทน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 นอกจากนี้ Nagare and Dutta (2014) ยังพบว่า 57% ของผู้บริโภคที่ซื้อสินค้า

ชนิดอื่นทดแทน จะซื้อสินค้าแบรนด์เดียวกันแต่ขนาดเล็กกว่า รองลงมาคือสินค้าแบรนด์อื่นที่มีราคาเท่ากัน 18% ดังแสดงในรูปที่ 1.4

Author	Description	Method	SDL Behavior
Peckham (1963)	Measured stockout levels in grocery stores. Measured also effects on brand loyalty and customer satisfaction	Exit Survey	Did not Buy: 6% Leave : 17% Delay : 19% Substitute : 58%
Grocer (1968)	Documented stockout frequency in supermarkets and measured SDL behavior	Exit Survey	Did not Buy : 0% Leave : 28% Delay : 24% Substitute : 48%
Walter & Grabner (1975)	Proposed a formal model that charted all possible responses to stockouts.	Survey	Did not Buy : 0% Leave : 14% Delay : 1% Substitute : 83%
Schary & Christopher (1979)	Measured SDL behavior with respect to store image, brand loyalty and demographic variables.	Exit Survey	Did not Buy : 0% Leave : 48% Delay : 30% Substitute : 22%
Emmelhainz et al. (1991)	Measured SDL behavior after removing key products from the shelf	Field Experiment	Did not Buy : 0% Leave : 39% Delay : 21% Substitute : 40%
Coca-Cola Retailing Research Councils (1996)	Measured stockout rate and SDL behavior. Combined store audits, scanner data, and personal interviews with industry and consumers	Multiple	Did not Buy : 0% Leave : 31% Delay : 15% Substitute : 42%
Verbeke et al. (1998)	SDL behavior by brand loyalty, store loyalty and amount of purchase	Field Experiment	Did not Buy : 0% Leave : 24% Delay : 21% Substitute : 55%
Campo et al. (2000)	Examined product characteristics, consumer characteristics and situation characteristics as correlates of SDL behavior.	Survey	Did not Buy : 0% Leave : 1% Delay : 30% Substitute : 66%
Zinn & Liu (2001)	Short-term SDL behavior in terms of consumer and perceived store characteristics, as well as situational and demographic variables	Survey	Did not Buy : 0% Leave : 23% Delay : 15% Substitute : 62%
Gruen et al. (2002)	Measured stockout rates and SDL behavior in a worldwide study of grocery stores	Secondary Data	Did not Buy : 6% Leave : 31% Delay : 15% Substitute : 45%
Berger (2003)	Measured stockout rates and SDL behavior in a study of European grocery stores	Survey	Did not Buy : 6% Leave : 27% Delay : 15% Substitute : 48%
Sloot et al. (2005)	Measured SDL behavior related to brand equity and hedonic products	Survey	Did not Buy : 0% Leave : 25% Delay : 27% Substitute : 48%

รูปที่ 1.3 ผลการศึกษาวิจัยสัดส่วนการตอบสนองของผู้บริโภค เมื่อไม่พบสินค้าที่ต้องการซื้อ (Sampaio & Sampaio, 2016)



รูปที่ 1.4 สัดส่วนสินค้าที่ผู้บริโภคเลือกซื้อทดแทน (Nagare & Dutta, 2014)

หากพิจารณาจากผลการวิจัยต่างๆ ข้างต้น จะพบว่ามีแนวโน้มที่ผู้บริโภคจะยอมรับสินค้าทดแทนค่อนข้างมาก แม้ว่าในงานวิจัยที่ผ่านมาจะเป็นการศึกษาวิจัยที่ตัวผู้บริโภคโดยตรงทั้งสิ้น ในขณะที่ลูกค้าของบริษัทเป็นร้านค้าซึ่งจะซื้อสินค้าไปจำหน่ายอีกทอดหนึ่ง การตัดสินใจเลือกสั่งซื้อสินค้าจึงอาจมีปัจจัยหลายอย่างแตกต่างจากผู้บริโภค แต่เนื่องจากที่ผ่านมาบริษัทไม่ได้มีการศึกษาผลกระทบของการทดแทนกันของสินค้ามาก่อน ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าหากผู้บริโภคมีพฤติกรรมซื้อสินค้าทดแทน ก็มีความเป็นไปได้ที่ร้านค้าจะเลือกสินค้าอื่นไปจำหน่ายทดแทนเมื่อสินค้าขาดเช่นกัน หาก

บริษัทผู้นำเข้าสามารถวางแผนการสั่งซื้อสินค้า โดยพิจารณาการทดแทนกันของสินค้าร่วมด้วย จะสามารถทำให้ผลกำไรเพิ่มขึ้นได้ หากเกิดสินค้าขาดมือบริษัทก็สามารถจำหน่ายสินค้าตัวอื่นทดแทน ต้นทุนสินค้าขาดมือก็จะลดลงอีกด้วย

เพื่อเป็นการสำรวจความเป็นไปได้ในการพิจารณาการทดแทนกันของสินค้า ผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์ลูกค้าของบริษัทในเบื้องต้นถึงพฤติกรรมการสั่งซื้อสินค้า โดยพบว่าเมื่อบริษัทไม่มีสินค้าที่ลูกค้าต้องการ ลูกค้าในกลุ่มร้านค้าปลีกทั่วไปส่วนใหญ่จะสั่งซื้อสินค้าอื่นทดแทนเป็นบางครั้ง ลูกค้าในกลุ่มธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่จะไม่สั่งซื้อสินค้าเลย เนื่องจากลูกค้าในกลุ่มนี้สามารถสั่งซื้อสินค้าจากบริษัทคู่แข่งขันรายอื่นทดแทนได้ และลูกค้ามักจะมีการวางแผนการสั่งซื้อสินค้าอย่างเป็นระบบ จึงไม่สั่งซื้อสินค้าชนิดอื่นทดแทน ส่วนลูกค้าในกลุ่มบริการก็มีการสั่งสินค้าอื่นทดแทนน้อยมาก อีกทั้งลูกค้ากลุ่มนี้ก็มีจำนวนน้อย ดังนั้นหากจะศึกษาผลกระทบของสินค้าทดแทนจึงควรมุ่งเป้าที่ลูกค้าในกลุ่มร้านค้าปลีกทั่วไปเป็นหลัก

เนื่องจากสินค้าประเภทกาแฟของบริษัทมีจำนวนค่อนข้างมากถึง 135 ชนิด ผู้วิจัยจึงเลือกสินค้าเพียงบางรายการมาศึกษา โดยเลือกจากสินค้าที่มียอดขายสูงสุด 10 อันดับแรก ประกอบด้วยสินค้า 3 แบรนด์ ซึ่งมียอดขายรวมในปี 2558 คิดเป็น 90% ของยอดขายทั้งหมดในปีนั้น และผู้วิจัยได้สอบถามลูกค้าของบริษัทในเบื้องต้น ถึงพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าทดแทนในกลุ่มสินค้า 10 ชนิดดังกล่าว พบว่า สินค้าที่ลูกค้าส่วนใหญ่ยอมรับสินค้าทดแทนมีเพียง 5 ชนิด จาก 2 แบรนด์ และลูกค้ายอมรับการทดแทนเฉพาะในแบรนด์เดียวกันเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดขอบเขตสินค้าที่ศึกษาลง เหลือเพียง 5 ชนิดดังกล่าว หากแผนการสั่งซื้อสินค้าสามารถเพิ่มผลกำไร และลดต้นทุนสินค้าขาดมือได้ บริษัทก็สามารถขยายผลการวิจัยไปยังสินค้าประเภทอื่นๆ ต่อไปได้

Chulalongkorn University

1.2 คำถามงานวิจัย

แผนการสั่งซื้อสินค้าที่พิจารณาปัจจัยด้านการทดแทนของสินค้า จะช่วยเพิ่มผลกำไรรวมของสินค้า และลดต้นทุนสินค้าขาดมือได้หรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการสั่งซื้อที่ไม่พิจารณาการทดแทนของสินค้า

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาการประเมินระดับการทดแทนกันของสินค้า
2) เพื่อศึกษาวิธีการวางแผนสั่งซื้อสินค้าที่ทดแทนกันได้
3) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลกำไรรวมของสินค้าและต้นทุนสินค้าขาดมือ ระหว่างแผนการสั่งซื้อสินค้าที่พิจารณาการทดแทนของสินค้า กับแผนการสั่งซื้อสินค้าที่ไม่ได้พิจารณาการทดแทนของสินค้า

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1) การศึกษาการทดแทนของสินค้าจะศึกษาระหว่างสินค้า 5 ชนิด จาก 2 แบรนด์ ซึ่งเป็นสินค้ากลุ่มยอดขายสูง และลูกค้ายอมรับการทดแทนสินค้า

2) เนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลของบริษัท จึงจะใช้ข้อมูลยอดขายแทนข้อมูลความต้องการของสินค้าที่ใช้พิจารณาการทดแทนของสินค้า โดยจะอาศัยเฉพาะข้อมูลของลูกค้าในกลุ่มร้านค้าทั่วไป (Traditional Trade) เท่านั้น ไม่รวมถึงกลุ่มธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ (Modern Trade) และกลุ่มบริการ

3) ข้อมูลความต้องการของสินค้าและปริมาณสินค้าคงคลังที่ใช้ในการประมาณระดับการทดแทนของสินค้าและวางแผนการสั่งซื้อสินค้า อาศัยข้อมูลรายเดือนย้อนหลังของบริษัทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2558

4) ข้อมูลความต้องการของสินค้าและปริมาณสินค้าคงคลังที่ใช้ในการทดสอบแผนการสั่งซื้อสินค้าและเปรียบเทียบต้นทุน อาศัยข้อมูลรายเดือนย้อนหลังของบริษัทในปี พ.ศ. 2559

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยสรุปดังนี้ รายละเอียดแต่ละขั้นจะแสดงไว้ในบทที่ 3

1) รวบรวมข้อมูลยอดขายย้อนหลังของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่ปี 2556 – 2559

2) คำนวณปริมาณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า (Preference weight) โดยจำลองรูปแบบการเลือกของลูกค้าด้วย Multinomial Logit Choice Model (MNL) และแก้ปัญหาด้วยระเบียบวิธี Expectation-Maximization (EM) โดยใช้โปรแกรมพื้นฐาน Microsoft Excel

3) คำนวณระดับการทดแทนกันของสินค้าด้วยค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า

4) พยากรณ์ความต้องการของสินค้าด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

5) คำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว และแก้ปัญหาด้วยวิธีการคำนวณซ้ำ (Iterative Algorithm) ด้วยโปรแกรมพื้นฐาน Microsoft Excel

6) เปรียบเทียบกำไรรวมของสินค้า ระหว่างแผนการสั่งซื้อสินค้าที่พิจารณาการทดแทนกันของสินค้ากับแผนการสั่งซื้อสินค้าที่ไม่ได้พิจารณาการทดแทนกันของสินค้า

7) สรุปและนำเสนองานวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถลดต้นทุนสินค้าขาดมือได้

2) สามารถเพิ่มผลกำไรรวมของสินค้าได้

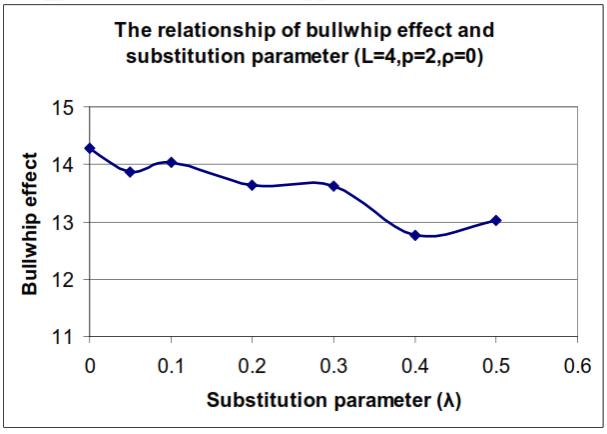
3) สามารถขยายผลการศึกษาเพื่อใช้วางแผนการสั่งซื้อสินค้าประเภทอื่นๆ ได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการวางแผนสั่งซื้อสินค้าโดยพิจารณาการการทดแทนของสินค้า กรณีศึกษาบริษัทนำเข้าสินค้าประเภทกาแฟสำเร็จรูป ได้มีการศึกษาทฤษฎีทางวิชาการ และมีการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 ผลกระทบของสินค้าทดแทนต่อการจัดการโลจิสติกส์

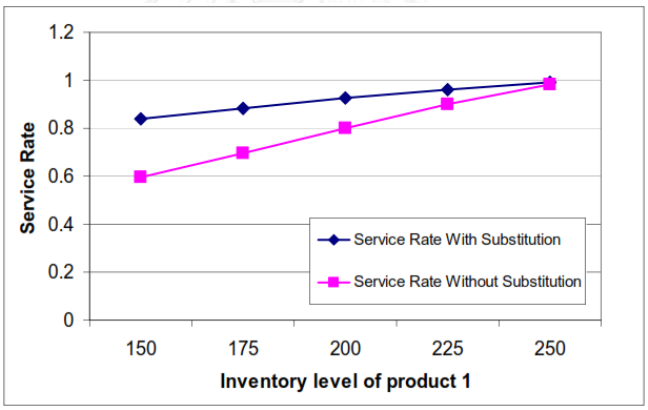
ภายใต้การแข่งขันที่รุนแรงในตลาดสินค้าอุปโภคบริโภคทำให้ผู้ผลิตต่างพยายามขยายกลุ่มสินค้าและชนิดสินค้าออกสู่ตลาดเพื่อแย่งชิงส่วนแบ่งการตลาดให้มากที่สุด ผลที่ตามมาคือตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงร้านค้าปลีกจะมีจำนวน SKU (Stock Keeping Unit) ของสินค้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสินค้าดังกล่าวนี้มักจะทดแทนกันเอง เช่น สินค้าชนิดเดียวกันแต่บรรจุภัณฑ์คนละขนาด เป็นต้น โดยปกติแล้วในระบบโซ่อุปทาน การคาดการณ์ความต้องการสินค้าของผู้กระจายสินค้าและผู้ผลิตจะทำได้ยากขึ้นเนื่องจากไม่สามารถรับรู้ข้อมูลความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภค ผู้กระจายสินค้าจะทราบเพียงคำสั่งซื้อของร้านค้าปลีก และผู้ผลิตก็จะทราบจากคำสั่งซื้อของผู้กระจายสินค้าอีกทอดหนึ่ง ทำให้ปริมาณคำสั่งซื้อมีความผันผวนมากขึ้นเมื่อห่างจากผู้บริโภคมากขึ้น หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์แส้ม้า (Bullwhip's Effect) แต่ Song (2009) ได้ศึกษากรณีการสั่งซื้อสินค้า 2 ชนิดที่ทดแทนกันได้ ระหว่างร้านค้าปลีกร้านหนึ่งและผู้กระจายสินค้าแห่งหนึ่ง โดยพบว่าผลกระทบของปรากฏการณ์แส้ม้าจะลดลงเมื่อสินค้าสามารถทดแทนกันได้มากขึ้น



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์แส้ม้ากับระดับการทดแทนกันของสินค้า (Song, 2009)

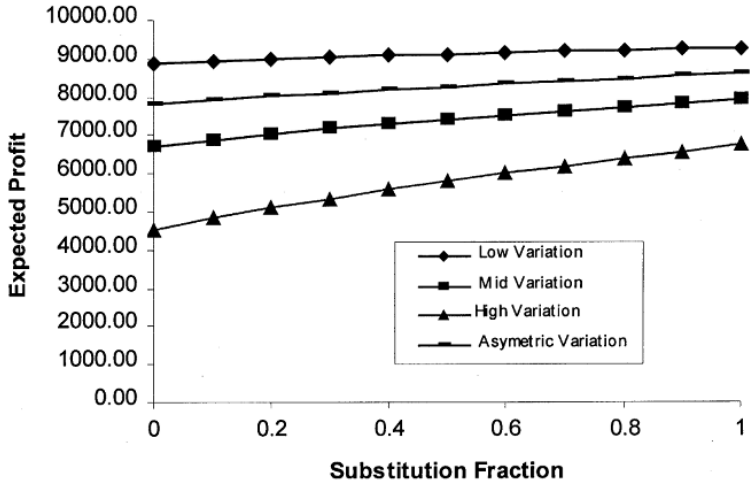
ความต้องการที่ไม่แน่นอนส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณสินค้าคงคลัง ซึ่งเป็นต้นทุนหนึ่งที่สำคัญทางโลจิสติกส์ สินค้าที่สามารถทดแทนด้วยสินค้าอื่นได้ ระดับสินค้าคงคลังจะลดลง ส่วนสินค้า

ไม่สามารถทดแทนด้วยสินค้าอื่นได้ ระดับสินค้าคงคลังก็จะเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการ Fuller, O'Conor, and Rawlinson (1993) ได้ยกตัวอย่างกรณีบริษัทเครื่องปรับอากาศตั้งระดับการบริการไว้ที่ 98% หากไม่คำนึงถึงการทดแทน บริษัทจะต้องเตรียมเครื่องปรับอากาศแต่ละรุ่นเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าให้ได้ 98 ครั้ง ใน 100 ครั้ง แต่ถ้าลูกค้า 3 ใน 4 ยอมรับสินค้าอื่นทดแทน ปริมาณเครื่องปรับอากาศแต่ละรุ่นที่ต้องเตรียมจะเหลือเพียง 92% เท่านั้น ลูกค้า 6% ใน 8% จะยอมรับเครื่องปรับอากาศรุ่นอื่นทดแทน ทำให้ระดับการบริการโดยรวมยังคงอยู่ที่ 98% เท่าเดิม จะเห็นได้ว่าปริมาณสินค้าคงคลังลดลงอย่างมาก ยิ่งหากบริษัทตั้งระดับการบริการไว้ที่ 90% เมื่อระดับการทดแทนอยู่ที่ 3 ใน 4 ระดับสินค้าคงคลังจะเหลือเพียง 60% เท่านั้น Song (2009) ยังได้จำลองสถานการณ์การบริหารสินค้าคงคลังด้วยแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย (s, S) โดยพบว่าที่ระดับสินค้าคงคลังเท่ากัน สินค้าที่ทดแทนกันได้จะมีระดับการบริการดีกว่าสินค้าไม่สามารถทดแทนกันได้ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาผู้บริโภคส่วนใหญ่ 40 – 60% ก็เลือกที่จะซื้อสินค้าชนิดอื่นทดแทนเมื่อสินค้าที่ตนต้องการหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสินค้าที่มีอายุสั้น ผู้บริโภคจะเลือกซื้อสินค้าทดแทนสูงถึง 80-90% (Van Woensel, Van Donselaar, Broekmeulen, & Fransoo, 2007)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการและระดับสินค้าคงคลัง เปรียบเทียบระหว่างกรณีสินค้าทดแทนกันได้กับกรณีสินค้าไม่สามารถทดแทนกันได้ (Song, 2009)

นอกจากนี้ Rajaram and Tang (2001) ได้พิจารณาการทดแทนของสินค้าในการศึกษาปริมาณการสั่งซื้อ โดยใช้แบบจำลองการสั่งซื้อแบบครั้งเดียว (Newsvendor model) และ Agrawal and Smith (2003) ได้ศึกษาการจัดสรรสินค้าในร้านค้าปลีกโดยพิจารณาการทดแทนของสินค้า ผลจากงานวิจัยทั้ง 2 ชิ้นเหมือนกันคือ เมื่อสินค้าทดแทนกันได้มากขึ้น ผลกำไรจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากข้อมูลทั้งหมดข้างต้น จึงอาจกล่าวได้ว่าการทดแทนกันของสินค้ามีผลกระทบต่อการบริหารสินค้าคงคลังเป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการทดแทนของสินค้าและผลกำไร ที่ระดับความผันแปรของความต้องการต่างๆกัน (Rajaram & Tang, 2001)

2.2 การพยากรณ์ความต้องการสินค้า

การพยากรณ์เป็นการคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคตโดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจดำเนินการใดๆ ความต้องการของสินค้าเป็นการคาดการณ์ความต้องการสินค้าในอนาคต (Hyndman & Athanasopoulos, 2014) สำหรับการบริหารสินค้าคงคลัง การวางแผนการสั่งซื้อสินค้าและปริมาณสินค้าคงคลังต้องอาศัยการพยากรณ์ความต้องการสินค้าเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ วิธีการพยากรณ์แบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่

1) การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Method) เป็นการพยากรณ์ที่อาศัยข้อมูลเชิงคุณภาพ และตัดสินใจด้วยความคิดเห็นของผู้พยากรณ์ เนื่องจากข้อมูลในอดีตไม่สามารถใช้พยากรณ์ได้ หรือไม่มีข้อมูลในอดีต ทำได้หลายวิธี เช่น การประเมินจากฝ่ายขาย การทำแบบสำรวจความคิดเห็นของลูกค้า การขอความคิดเห็นของผู้บริหารระดับสูงหรือผู้เชี่ยวชาญ และวิธีการเดลฟาย (Delphi Method) เป็นต้น

2) การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) เป็นการพยากรณ์ที่อาศัยข้อมูลเชิงปริมาณในอดีต มาสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้คาดการณ์ข้อมูลในอนาคต แบ่งย่อยได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

2.1) การพยากรณ์ความสัมพันธ์ (Casual Models) เป็นการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ต้องการพยากรณ์กับปัจจัยอื่นๆ ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อค่าที่ต้องการพยากรณ์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างยอดขายกับช่วงอายุของลูกค้า เป็นต้น

2.2) การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time Series Model) เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ต้องการพยากรณ์กับช่วงเวลาในอดีต เพื่อคาดการณ์ค่าพยากรณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นข้อมูลที่จะพยากรณ์จึงต้องมีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา เช่น ยอดขายสินค้า เป็นต้น

ลักษณะข้อมูลของอนุกรมเวลาแบ่งเป็น 4 รูปแบบ คือ ข้อมูลแบบแนวโน้ม (Trend) ข้อมูลแบบฤดูกาล (Season) ข้อมูลแบบวัฏจักร (Cycle) และข้อมูลที่มีรูปแบบไม่แน่นอน (Random) ตัวแบบสำหรับพยากรณ์อนุกรมเวลาก็มีหลากหลาย เช่น วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average method) ซึ่งใช้การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลย้อนหลังในช่วงระยะเวลาที่จำกัดช่วงหนึ่ง เมื่อพยากรณ์ไปข้างหน้าก็จะใช้ข้อมูลล่าสุดมาเฉลี่ยแทนข้อมูลที่เก่าที่สุดไปเรื่อยๆ หรือวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing method) ซึ่งเป็นการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลย้อนหลังเช่นกัน แต่จะให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดมากที่สุด และจะให้ความสำคัญลดลงตามลำดับเวลาที่ห่างออกไป นอกจากนี้ก็ยังมีวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winter Exponential Smoothing method) วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition method) วิธีบอกซ์เจนกินส์ (Box-Jenkins method) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็อาจเหมาะสมกับข้อมูลแต่ละรูปแบบแตกต่างกันไป

ในงานวิจัยนี้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลยอดขายย้อนหลัง ตั้งแต่ปี 2556 - 2558 ดังนั้นจึงเหมาะกับการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยข้อมูลจึงอาจมีลักษณะแบบแนวโน้มและฤดูกาล ผู้วิจัยจึงเลือกพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนและได้รับความนิยมแพร่หลายสำหรับข้อมูลลักษณะนี้ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

2.3 การบริหารสินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง (Inventory) คือสินค้าที่จัดเตรียมไว้เพื่อรองรับความไม่สมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทาน ซึ่งเกิดได้จากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้า ความไม่แน่นอนของระยะเวลานำ การสั่งซื้อในปริมาณมากเพื่อให้เกิดความคุ้มค่า รวมถึงการคาดการณ์ความต้องการและราคาสินค้าในอนาคต (Nahmias, 2009) การบริหารสินค้าคงคลังที่ดีจะต้องสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างเหมาะสมภายใต้ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม กล่าวคือ หากต้องการตอบสนองความต้องการได้มาก ก็จะเกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าคงคลังมาก แต่หากต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายด้วยการเก็บสินค้าคงคลังน้อย ก็อาจไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้เพียงพอ

ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของการบริหารสินค้าคงคลัง คือ รอบการตรวจสอบระดับสินค้าคงคลัง (Review time) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง (Continuous review) วิธีการนี้จะทำให้สามารถติดตามสถานะของสินค้าคงคลังได้ตลอดเวลา และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงระดับสินค้าคงคลังได้อย่างรวดเร็ว และอีกวิธีหนึ่งคือ การตรวจสอบ

เป็นรอบ (Periodic review) วิธีนี้จะตรวจสอบสถานะของสินค้าคงคลังตามรอบเวลาที่กำหนดเท่านั้น ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า รวมถึงบางครั้งซัพพลายเออร์บางแห่งก็มีเงื่อนไขว่าจะรับคำสั่งซื้อเป็นรอบเท่านั้น

วิธีการบริหารสินค้าคงคลังมีหลายวิธี แต่โดยภาพรวมแล้วต่างก็มีจุดประสงค์เพื่อให้ต้นทุนรวมของสินค้าต่ำที่สุดในขณะที่ยังสามารถรักษาระดับการบริการที่ต้องการได้

2.3.1 ต้นทุนสินค้า

ต้นทุนหลักของสินค้านอกเหนือจากมูลค่าของสินค้าเองแล้ว ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนค่าถือครองสินค้า ต้นทุนการสั่งซื้อสินค้า และต้นทุนสินค้าขาดมือ (ดร. อัศวิณ ปสุธรรม, 2559)

2.3.1.1 ต้นทุนค่าถือครองสินค้า (Holding Cost)

เป็นต้นทุนค่าเสียโอกาสของเงินทุนที่ใช้ในการเก็บสินค้า เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมูลค่าสินค้าคงคลัง ณ ขณะใดๆ ต้นทุนค่าถือครองสินค้าเกิดจากต้นทุนค่าทรัพย์สิน (Cost of Capital), ภาษีและประกันภัย, ค่าเก็บรักษา และค่าเผื่อความเสียหาย การคำนวณต้นทุนค่าถือครองสินค้าจึงนิยมกำหนดเป็นอัตราดอกเบี้ยต่อปี (Interest rate) ของมูลค่าสินค้าคงคลัง

2.3.1.2 ต้นทุนการสั่งซื้อสินค้า (Order Cost)

เป็นต้นทุนที่เกิดจากการสั่งซื้อสินค้า ซึ่งแบ่งออกเป็นต้นทุนคงที่ต่อครั้งของการสั่งซื้อ ไม่ขึ้นกับจำนวนสินค้าที่สั่งซื้อ ได้แก่ ค่าดำเนินการ ค่าเอกสาร เป็นต้น และต้นทุนผันแปร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนสินค้าที่สั่งซื้อ

2.3.1.3 ต้นทุนสินค้าขาดมือ (Shortage Cost)

เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อไม่สามารถส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ตามเวลาที่กำหนด เช่น มูลค่ากำไรที่เสียไปจากการที่ไม่สามารถจำหน่ายสินค้าได้ เป็นต้น

2.3.2 แบบจำลองการสั่งซื้อสินค้า

แบบจำลองการสั่งซื้อสินค้า กรณีที่ความต้องการของสินค้าไม่แน่นอน (Stochastic demand) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว แบบจำลองจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ และแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย (Blumenfeld, 2009)

2.3.2.1 แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว (Newsvendor Model)

แบบจำลองนี้เป็นที่รู้จักจากกรณีปัญหาการขายหนังสือพิมพ์รายวัน เนื่องจากหนังสือพิมพ์จะจำหน่ายได้เพียงแค่วันต่อวันเท่านั้น ผู้ผลิตจึงต้องพิจารณาว่าจะผลิตออกมาจำหน่าย

เป็นปริมาณเท่าใดในแต่ละวัน หากผลิตออกมาน้อยกว่าความต้องการก็จะสูญเสียรายได้ แต่ถ้าผลิตออกมามากกว่าความต้องการ ต้นทุนสินค้าที่จำหน่ายไม่หมดก็จะสูญเปล่า

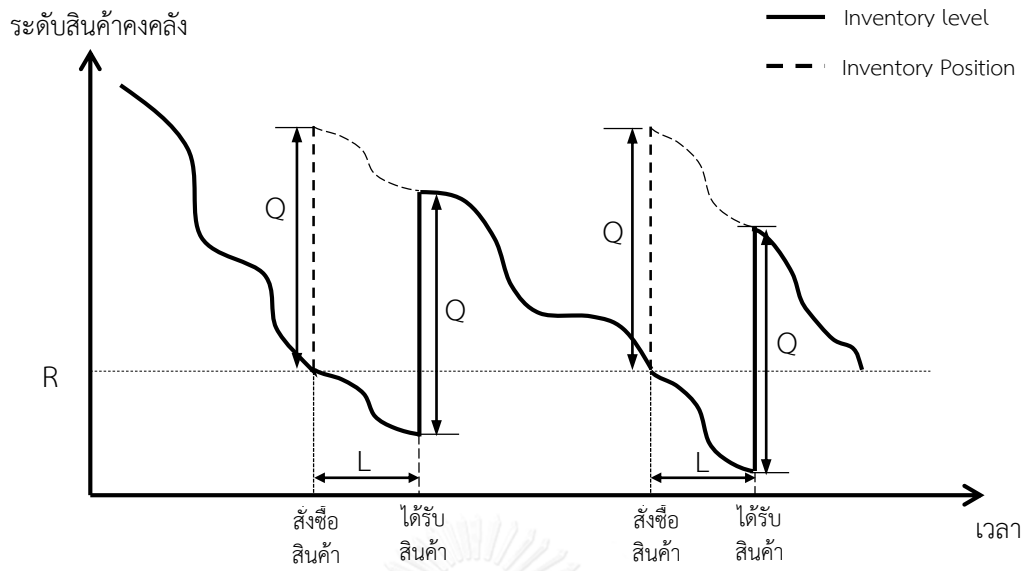
ปัญหาในลักษณะนี้จึงเป็นการพิจารณาการสั่งซื้อในช่วงเวลาจำกัดช่วงหนึ่ง ที่มีความต้องการของสินค้าไม่แน่นอน ซึ่งสามารถสั่งซื้อสินค้าได้เพียงครั้งเดียวในตอนต้น และจะไม่มีการเก็บสินค้าไว้จำหน่ายในช่วงเวลาถัดไป หากมีสินค้าเหลือก็จะตัดเป็นค่าใช้จ่าย หรือจำหน่ายลดราคา (ซึ่งส่วนมากจะจำหน่ายในราคาต่ำกว่าทุน) ประเด็นในการตัดสินใจจึงเป็นการถ่วงน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างค่าเสียโอกาส (กำไร) กรณีที่สินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ กับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีสินค้ามากเกินความต้องการ เพื่อกำหนดระดับการบริการ (Service level) ของสินค้า ที่จะทำให้ได้ผลกำไรเฉลี่ยในระยะยาวสูงที่สุด

2.3.2.2 แบบจำลองจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ (Reorder Point and Order Quantity Model)

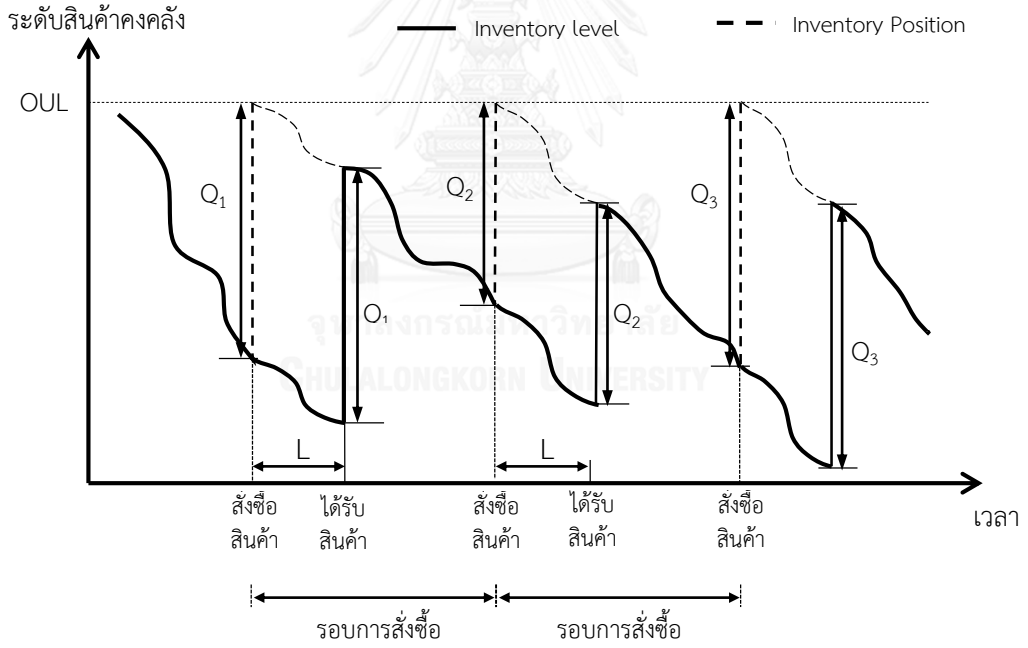
แบบจำลองนี้ต้องอาศัยการตรวจสอบระดับสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง ลักษณะความสัมพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังกับเวลาของแบบจำลองนี้ แสดงในรูปที่ 2.4 เมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อ (Reorder point, R) ก็จะส่งคำสั่งซื้อไปยังผู้ผลิตเป็นปริมาณ Q ซึ่งมีระยะเวลานำของสินค้าช่วงหนึ่ง (L) ปริมาณการสั่งซื้อในแบบจำลองนี้มักจะเท่ากันในทุกรอบการสั่งซื้อ และเป็นปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity, EOQ) ส่วนจุดสั่งซื้อคือ ระดับสินค้าคงคลังที่ประเมินว่าเพียงพอต่อความต้องการสินค้าในช่วงระยะเวลานำ ทั้งนี้ความต้องการในช่วงเวลานำ รวมถึงระยะเวลานำเองก็มีความไม่แน่นอน ดังนั้นจึงมีการกำหนดระดับสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) ไว้ เพื่อรองรับความไม่แน่นอนดังกล่าว ซึ่งระดับสินค้าคงคลังสำรองก็จะขึ้นอยู่กับระดับการบริการ (Service Level) ที่ต้องการ ยิ่งระดับการบริการสูง ระดับสินค้าคงคลังสำรองก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้ต้นทุนการถือครองสินค้าเพิ่มขึ้น

2.3.2.3 แบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย (Order-up-to Level Model)

แบบจำลองนี้มักจะใช้กับการบริหารสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบระดับสินค้าคงคลังเป็นรอบ หรือกรณีที่ผู้ผลิตกำหนดเงื่อนไขให้สั่งซื้อเป็นรอบ ซึ่งมีระยะเวลานำของสินค้าช่วงหนึ่ง (L) เมื่อไม่สามารถสั่งสินค้าเพิ่มระหว่างรอบได้ จึงต้องสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่แน่ใจได้ว่าจะเพียงพอต่อความต้องการระหว่างรอบ แผนการสั่งซื้อในแบบจำลองนี้จึงเป็นการกำหนดระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย (OUL) ที่จะสามารถครอบคลุมความต้องการสินค้าในแต่ละรอบการสั่งซื้อและระยะเวลานำของสินค้า ดังนั้น ปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละรอบจะเท่ากับระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย ลบด้วยปริมาณสินค้าคงคลัง ณ จุดสั่งซื้อ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังกับเวลา ในแบบจำลองจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังกับเวลา ในแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย

2.3.3 ระดับการบริการ (Service Level)

โดยทั่วไปปริมาณความต้องการสินค้าจะมีความไม่แน่นอน ดังนั้นในการพิจารณาว่าควรจะจัดเตรียมสินค้าไว้เป็นปริมาณเท่าใดเพื่อรองรับความต้องการ ผู้จำหน่ายจะกำหนดด้วยระดับการ

บริการ หากระดับการบริการสูง หมายความว่าจะต้องจัดเตรียมสินค้าไว้ในปริมาณมากเพื่อให้สามารถรองรับความต้องการได้มาก ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการบริหารสินค้าคงคลังสูงตามไปด้วย

ระดับการบริการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่นิยมใช้กัน ได้แก่

1) α Service Level (Type 1)

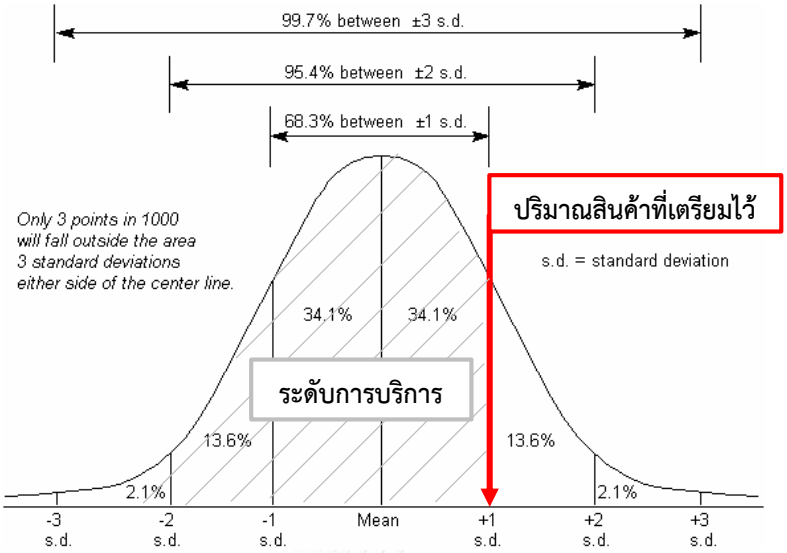
ระดับการบริการแบบนี้จะวัดด้วยจำนวนช่วงเวลาที่มีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการจากจำนวนช่วงเวลาทั้งหมด ถ้าหากมีสินค้าขาดมือจะถือว่าในช่วงเวลานั้นไม่สามารถบริการได้ โดยไม่สนใจว่าสินค้าจะขาดมือเป็นจำนวนมากน้อยเท่าใด

2) β Service Level (Type 2)

ระดับการบริการแบบนี้จะวัดด้วยจำนวนสินค้าที่สามารถส่งมอบได้ต่อปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลานั้นๆ

การกำหนดปริมาณสินค้าด้วยระดับการบริการสามารถทำได้จากกราฟการกระจายความต้องการของสินค้า ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการสินค้า กับโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความต้องการนั้นๆ กราฟการกระจายความต้องการของสินค้ามีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมอนุมานเพื่อใช้ในการคำนวณคือการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งกราฟจะเป็นรูประฆังคว่ำแบบสมมาตร โดยกึ่งกลางกราฟคือค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เปอร์เซ็นต์ที่แสดงในกราฟ หมายถึงโอกาสที่จะเกิดปริมาณความต้องการในช่วงดังกล่าว เช่น โอกาสเกิดความต้องการเป็นปริมาณ -1sd ถึง +1sd เท่ากับ 68.3% เป็นต้น

หากสมมติว่าผู้จำหน่ายจัดเตรียมสินค้าไว้เท่ากับ +1sd จะมีโอกาส 84.15% ที่สินค้าจะเพียงพอต่อความต้องการ และมีโอกาส 15.85% ที่สินค้าจะขาดมือ ดังนั้น 84.15% ก็คือระดับการบริการนั่นเอง



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) (Syque)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเกี่ยวกับการบริหารสินค้าคงคลังที่มีสินค้าทดแทนเข้ามาเกี่ยวข้อง มีการพิจารณาแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ ด้านการบริหารสินค้าคงคลัง และด้านการพยากรณ์ความต้องการของสินค้า

2.4.1 ด้านการบริหารสินค้าคงคลัง

ที่ผ่านมีการศึกษาวิจัยการบริหารสินค้าคงคลังที่พิจารณาผลกระทบของสินค้าทดแทนมากมาย ซึ่งสามารถแบ่งประเภทการทดแทนของสินค้าได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การทดแทนโดยผู้ขาย (Firm-driven) และการทดแทนโดยผู้ซื้อ (Customer-driven) โดยรายละเอียดต่างๆ จะแตกต่างกันไป

การทดแทนโดยผู้ขายมีหลายกรณี เช่น การจัดสรรสินค้าให้แก่ลูกค้ากรณีที่สินค้าไม่เพียงพอ (Rao, Swaminathan, & Zhang, 2004) การกำหนดจำนวนการผลิตงานระหว่างทำ (Work-in-process) แล้วจัดสรรไปประกอบเป็นสินค้าต่างๆ เพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุด (Bitran & Dasu, 1992) รวมถึงการจัดสรรการเก็บอะไหล่เพื่อลดระดับสินค้าคงคลัง (Chand, Ward, & Weng, 1994) ซึ่งมักจะเป็นการทดแทนทั้งหมด (Full substitution) และเป็นการทดแทนแบบทางเดียว (One-way substitution) คือ ต้องทดแทนด้วยสินค้าระดับสูงกว่า เช่น กรณีบริษัทผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ เมื่อส่วนประกอบภายในเกิดขาดมือ ส่วนประกอบที่นำมาทดแทนต้องมีประสิทธิภาพดีกว่าหรือเทียบเท่าเท่านั้น เป็นต้น งานวิจัยที่ศึกษากรณีการทดแทนโดยผู้ขาย ได้แก่ Moinzadeh and Ingene (1993); ZVI, GURNANI, and PASTERNACK (1995); Cai, Chen, and Yan (2004); Pentico (1974);

Pentico (1976); Pentico (1988); Chand et al. (1994); Bitran and Dasu (1992); Hsu and Bassok (1999) และ Bassok, Anupindi, and Akella (1999)

Pentico (1974) ศึกษากรณีการจัดสรรกลุ่มสินค้าชนิดเดียวกันที่มีขนาดหรือคุณภาพแตกต่างกัน โดยสินค้าจะมีการทดแทนทางเดียว เช่น กรณีสินค้าขนาดเล็กหมด จะสามารถทดแทนได้ด้วยสินค้าขนาดใหญ่กว่าเท่านั้น มีจุดประสงค์เพื่อหารูปแบบการจัดสรรสินค้าที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด โดยตั้งสมมติฐานให้ต้นทุนเป็นสมการเส้นตรง ซึ่งในงานวิจัยถัดมา (Pentico, 1976) ก็ได้ปรับสมมติฐานสมการต้นทุนเป็นแบบไม่ใช่เส้นตรง และต่อมาได้พัฒนาลักษณะสินค้าที่พิจารณาเพิ่มเป็น 2 มิติ (Pentico, 1988) ตัวอย่างในกรณีนี้ เช่น สินค้าประเภทเหล็กเส้นที่มีความยาวและความแข็งแรงต่างกัน หรือสินค้าประเภทแผ่นพลาสติกที่มีขนาดกว้างยาวต่างกัน เป็นต้น งานวิจัยทั้ง 3 ชิ้นแก้ปัญหาด้วยการโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming)

Bitran and Dasu (1992) ได้ศึกษากรณีบริษัทผู้ผลิตเซมิคอนดัคเตอร์ ซึ่งต้องกำหนดปริมาณการผลิตแผงวงจรที่จะส่งเข้ากระบวนการประกอบในขั้นถัดไป โดยสินค้าที่ประกอบสำเร็จจะแบ่งเป็นระดับ และสามารถทดแทนได้ทางเดียวจากระดับสูงสู่ระดับล่าง เมื่อผลิตแผงวงจรแล้ว จึงจัดสรรไปประกอบเป็นสินค้าในระดับต่างๆ เพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุด คล้ายกับกรณีของ Hsu and Bassok (1999) ที่กระบวนการผลิตใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวผลิตสินค้าหลายชนิด ซึ่งได้เสนอวิธีหาปริมาณวัตถุดิบในการผลิตและวิธีจัดสรรจำนวนการผลิตสินค้าชนิดต่างๆ

ZVI et al., (1995) ได้ศึกษาต้นทุนรวมในการสั่งซื้อสินค้า 2 ชนิดที่สามารถทดแทนได้ทางเดียว โดยใช้แบบจำลองปริมาณการสั่งแบบประหยัด (EOQ) ของสินค้า 2 ชนิดที่สามารถทดแทนได้ทางเดียว โดยเปรียบเทียบกันใน 3 กรณี คือ (1) ไม่มีการทดแทนของสินค้า (2) มีการทดแทนทั้งหมด (ความต้องการของสินค้าที่หมดจะถูกรวมไปเป็นความต้องการของสินค้าชนิดที่ยังเหลือทั้งหมด) และ (3) มีการทดแทนบางส่วน (Partial Substitution) ซึ่งพบว่าการทดแทนทั้งหมดไม่ใช่กรณีที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด

Rao et al., (2004) สร้างแบบจำลองเพื่อบริหารการผลิต โดยต้องการทราบว่าควรจะผลิตสินค้าชนิดใด ผลิตเป็นปริมาณเท่าใด และเมื่อทราบความต้องการสินค้าแล้ว จะสามารถจัดสรรสินค้าอย่างไร โดยสินค้าสามารถทดแทนได้ทางเดียวจากบนสู่ล่าง

กรณีการทดแทนทางเดียว แต่เป็นการทดแทนโดยผู้ซื้อ จะเป็นกรณีของ Moinzadeh and Ingene (1993) ที่เสนอกลยุทธ์การบริหารสินค้าคงคลังของสินค้า 2 ชนิด โดยสินค้าชนิดแรกเป็นสินค้าที่มีสินค้าพร้อมจำหน่าย ซึ่งร้านค้าต้องมีสินค้าคงคลัง แต่สินค้าชนิดที่ 2 เป็นสินค้าที่ทางร้านค้าจะส่งสินค้าให้ภายหลัง โดยร้านค้าจะสามารถรวบรวมปริมาณการสั่งซื้อสินค้าชนิดที่ 2 แล้วสั่งซื้อพร้อมกัน จึงถือว่าเป็นการทดแทนทางเดียวจากสินค้าที่ต้องสั่งซื้อไปยังสินค้าที่มีจำหน่าย ดังนั้นหากสินค้าชนิดแรกหมด ลูกค้าจะสามารถเลือกได้ว่าจะ (1) ให้ร้านค้าส่งสินค้าชนิดแรกไปให้ภายหลัง (2)

สั่งสินค้าชนิดที่ 2 ทดแทน หรือ (3) ไม่ซื้อสินค้า ซึ่งหากร้านค้าสามารถตั้งราคาสินค้าทั้ง 2 ชนิดอย่างเหมาะสม จะช่วยให้ร้านค้าสามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้าชนิดแรกลงได้

ส่วนกรณีที่เป็นการทดแทนโดยผู้ซื้อ การทดแทนจะเป็นอิสระ ดังนั้นจึงอาจเป็นได้ทั้งกรณีทดแทนทั้งหมด (Full substitution) หรือทดแทนบางส่วน (Partial substitution) ซึ่งงานวิจัยในกรณีทดแทนโดยผู้ซื้อมักจะมีการกำหนดตัวแปรระดับการทดแทนของสินค้า (α_{ij}) หมายถึงความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้า j ทดแทน เมื่อสินค้า i ไม่มีจำหน่าย โดยที่ $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$ งานวิจัยที่ศึกษาอ้างอิงกันแพร่หลายที่สุดในกรณีนี้ คือ งานวิจัยของ Mcgillivray and Silver (1978) ซึ่งได้เสนอวิธีการบริหารสินค้าคงคลังที่มีสินค้า 2 ชนิดสามารถทดแทนกันได้ โดยใช้แบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย เพื่อหาระดับการบริการที่เหมาะสมสำหรับสินค้าคงคลังสำรอง ซึ่งในแบบจำลองจะตั้งสมมติฐานว่าสินค้าทั้ง 2 ชนิดที่ทดแทนกันได้ มีต้นทุนต่อหน่วยและต้นทุนสินค้าขาดมือเท่ากัน ซึ่งตัวอย่างของสมมติฐานนี้ที่เป็นไปได้ เช่น สินค้าที่เป็นชนิดเดียวกัน แต่คนละสีหรือคนละรสชาติ เป็นต้น โดยได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการบริการที่เหมาะสมกับระดับการทดแทนกันของสินค้า

นอกจากนี้ Rajaram and Tang (2001) ได้เสนอระเบียบวิธีสำหรับประเมินปริมาณการสั่งซื้อและผลกำไรที่คาดว่าจะได้รับภายใต้ผลกระทบของการทดแทนกันของสินค้า 2 ชนิด แต่แบบจำลองการสั่งซื้อที่ใช้เป็นแบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสั่งซื้อและผลกำไรที่คาดว่าจะได้รับ กับระดับการทดแทนกันของสินค้า ซึ่งงานวิจัยในลักษณะที่ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการทดแทนของสินค้า 2 ชนิดกับค่าที่สนใจ ไม่ว่าจะเป็นปริมาณการสั่งซื้อ ผลกำไร หรือต้นทุนรวม โดยใช้แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว จะมีการศึกษาอย่างแพร่หลายมากกว่าแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของ Mcgillivray and Silver (1978) เช่นในงานวิจัยของ Nagarajan and Rajagopalan (2008) และ Stavrulaki (2011) และจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่การทดแทนโดยผู้ซื้อมักจะเป็นการทดแทนบางส่วน แต่ก็มีบางงานวิจัยที่กำหนดเป็นลักษณะการทดแทนทั้งหมด เช่นในงานวิจัยของ Pasternack and Drezner (1991) ได้เสนอวิธีปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้า 2 ชนิดที่สามารถทดแทนกันได้ โดยกำหนดให้หากสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งหมดสินค้าอีกชนิดหนึ่งจะสามารถทดแทนกันได้เสมอ (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 1) นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบกับกรณีที่สินค้าสามารถทดแทนได้ทางเดียว (One-way Substitution)

Netessine and Rudi (2003) ยังได้ศึกษาวิธีกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม เมื่อมีการทดแทนโดยผู้ซื้อด้วยความน่าจะเป็นคงที่ (α_{ij}) โดยเปรียบเทียบรูปแบบการวางนโยบายแบบรวมศูนย์ (Centralized) คือ ผู้วางนโยบายจะกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังสำหรับทุกๆ คลังสินค้า โดยคำนึงถึงผลกำไรรวมสูงสุด และแบบแข่งขัน (Competitive) คือ แต่ละคลังสินค้าจะมีผู้วางนโยบายเฉพาะของแต่ละที่ แต่จะต้องมีการวางแผนบางส่วนร่วมกัน ซึ่งผู้วางนโยบายแต่ละที่ก็จะคำนึงถึงผล

กำไรของคลังสินค้าที่ตนรับผิดชอบสูงสุด ในกรณีหลังจะศึกษาด้วยหลักทฤษฎีเกม (Game Theory) เพื่อหาจุดสมดุลของแนช (Nash Equilibrium)

มีบางกรณีที่ผู้วิจัยอนุมานระดับการทดแทนของสินค้าเองแบบเฉลี่ย เช่น Agrawal and Smith (2003) ที่ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในการซื้อสินค้า ทั้งกรณีสินค้าที่ทดแทนกันได้และสินค้าที่ใช้ร่วมกัน และได้เสนอวิธีการจัดสรรสินค้าในร้านค้าปลีก รวมถึงการบริหารสินค้าคงคลัง โดยใช้แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว และแก้ปัญหาด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming) และ Smith and Agrawal (2000) ที่ศึกษาผลกระทบของการทดแทนกันของสินค้าต่อรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Distribution) และระดับการบริการที่เกิดขึ้นจริงจากการที่ลูกค้ายอมรับสินค้าอื่นทดแทนสินค้าที่ต้องการ รวมถึงได้เสนอวิธีการประมาณความต้องการของสินค้าภายใต้ปัจจัยการทดแทนกันของสินค้า วิธีการจัดสรรสินค้าคงคลัง และการกำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ สินค้าของบริษัทกรณีศึกษาเป็นสินค้าอุปโภคบริโภค ซึ่งมีความหลากหลายสูง และไม่มีระดับของสินค้าที่ชัดเจน การทดแทนของสินค้าจึงเป็นการทดแทนโดยผู้ซื้อ งานวิจัยที่ใกล้เคียงกับลักษณะสินค้าของบริษัทกรณีศึกษามากที่สุด ได้แก่ งานวิจัยของ Huang, Zhou, and Zhao (2011) ที่เสนอวิธีกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าหลายชนิด โดยใช้แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว โดยมีแนวคิดว่าความต้องการของสินค้าอาจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสินค้าชนิดอื่นหมดและลูกค้าเปลี่ยนมาซื้อสินค้าชนิดนั้นๆ ทดแทน ซึ่งการคำนวณมีวิธีการไม่ซับซ้อนมากนัก รวมทั้งมีการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม และผลกำไรที่คาดว่าจะได้รับ ต่อระดับการทดแทนของสินค้า

จะเห็นได้ว่าการศึกษาการทดแทนส่วนใหญ่จะศึกษากรณีสินค้าเพียง 2 ชนิด แต่หากศึกษาสินค้าหลายชนิดก็มักจะเป็นการทดแทนโดยผู้ขายซึ่งเป็นการทดแทนทางเดียวและสามารถทดแทนได้ทั้งหมด ส่วนการทดแทนบางส่วนโดยผู้ซื้อโดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการทดแทนของสินค้าต่อค่าที่สนใจ ไม่ว่าจะเป็นผลกำไร ต้นทุนรวม หรือปริมาณการสั่งซื้อ โดยทดลองใช้ค่าระดับความสัมพันธ์หลายๆ ค่า เพื่อศึกษาผลลัพธ์ แต่ไม่มีงานวิจัยใดระบุว่าจะสามารถหาระดับการทดแทนกันของสินค้าได้อย่างไร เนื่องจากในความเป็นจริง เมื่อลูกค้าเลือกซื้อสินค้า เราจะไม่สามารถทราบได้ว่า ลูกค้าเลือกเพราะต้องการสินค้านั้นตั้งแต่ต้น หรือเลือกเพราะสินค้าที่ตนต้องการไม่มีจำหน่าย ผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีประเมินระดับการทดแทนกันของสินค้าเพื่อนำมาประยุกต์กับวิธีกำหนดปริมาณการสั่งซื้อต่างๆ ข้างต้นในส่วนถัดไป

สำหรับการบริหารสินค้าคงคลัง บริษัทกรณีศึกษามีระบบการตรวจสอบสถานะสินค้าเป็นรอบ ผู้วิจัยจึงจะใช้แบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายในการศึกษาต้นทุนรวม แต่สำหรับการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อสินค้า จะอ้างอิงจากงานวิจัยของ Huang et al., (2011) ซึ่งสามารถพิจารณาสินค้า

มากกว่า 2 ชนิดได้ โดยประยุกต์ให้สินค้าคงคลังท้ายรอบจะเกิดค่าใช้จ่ายคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า และวิธีการคำนวณซ้ำสามารถทำได้ง่ายด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่บริษัทไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

2.4.2 ด้านการประเมินระดับการทดแทนของสินค้า

มีงานวิจัยกลุ่มหนึ่งที่ศึกษาวิธีการประเมินความต้องการของสินค้า เมื่อตัดปัจจัยด้านการทดแทนของสินค้าออกไป เพื่อนำความต้องการดังกล่าวไปใช้ในการพยากรณ์ให้เกิดความแม่นยำมากขึ้นหรือวางแผนบริหารจัดการสินค้าต่อไป ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะการพิจารณารูปแบบการเลือกของลูกค้า สร้างแบบจำลอง Multinomial Logit (MNL) จากปัจจัยที่ลูกค้าใช้ตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า (ตัวแปรต้น) เช่น อรรถประโยชน์ของสินค้า (Utility) หรือความชอบที่มีต่อสินค้า (Preference) เพื่อจำลองความน่าจะเป็นที่จะเกิดยอดขายขึ้น (Log-likelihood) จากนั้นจึงคำนวณหาตัวแปรต้นที่ทำให้แบบจำลองมีโอกาสเป็นไปตามข้อมูลยอดขายสูงที่สุด (Maximum Log-likelihood) ด้วยวิธี Expectation-Maximization (EM) ซึ่งในการสร้างแบบจำลอง MNL ส่วนใหญ่จะมีการกล่าวถึงความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าชนิดหนึ่งๆ ดังนั้นจึงสามารถนำมาประยุกต์เพื่อประเมินความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกสินค้าชนิดอื่นทดแทนสินค้าที่ไม่มีจำหน่าย หรือก็คือระดับการทดแทนกันของสินค้าที่เราสนใจนั่นเอง

Mahajan and Van Ryzin (2001) ได้ศึกษาการจัดสรรสินค้าในร้านค้าปลีกภายใต้ผลกระทบของการทดแทนกันของสินค้า โดยแบบจำลองที่ใช้จะคล้ายกับแบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว คือ พิจารณาทีละ 1 ช่วงเวลาและความต้องการมีความไม่แน่นอน แต่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าจากสินค้าที่มีอยู่ในหน้าร้านเท่านั้น โดยไม่สนใจว่าจะมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าหลังร้านหรือไม่ ซึ่งการประมาณการตัดสินใจของลูกค้าจะใช้แบบจำลอง MNL ที่การตัดสินใจของลูกค้าถูกกำหนดด้วยอรรถประโยชน์รวมของสินค้า

Musalem, Olivares, Bradlow, Terwiesch, and Corsten (2010) ได้พยายามประมาณความต้องการของสินค้า โดยศึกษาผลกระทบจากการที่สินค้าหมดต่อการเลือกซื้อของลูกค้า โดยอาศัยข้อมูลยอดขายและสถานะของสินค้าว่ามีจำหน่ายหรือไม่ โดยร้านค้ากรณีศึกษามีระบบการตรวจสอบสินค้าเป็นรอบ ดังนั้นสถานะสินค้าที่ทราบจึงเป็นสถานะในแต่ละรอบ ซึ่งจะไม่สามารถทราบได้ว่าสินค้าหมดจริงๆ ที่รายการขายใดในรอบนั้นๆ แบบจำลอง MNL กำหนดด้วยอรรถประโยชน์ ซึ่งประกอบด้วยลักษณะของสินค้าและลักษณะความชอบของลูกค้าแต่ละราย และคำนวณค่า Maximum Log-likelihood ด้วยวิธีมาร์คอฟเชน มอนติคาร์โล (Markov chain Monte Carlo - MCMC)

Anupindi, Dada, and Gupta (1998) ได้ศึกษาการประมาณความต้องการของสินค้าและอัตราการทดแทนกันของสินค้าในกรณีสินค้าหมด โดยศึกษาจากกรณีตู้จำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ และสร้างแบบจำลองทั้งในกรณีที่ทราบจุดที่สินค้าหมดที่แน่นอน คือ เมื่อสินค้าหมดจะมีการบันทึกยอดขายตั้งแต่ตอนจนถึงจุดดังกล่าวไว้ และโมเดลในกรณีที่ไม่ทราบจุดที่สินค้าหมดที่แน่นอน เนื่องจากมีการเก็บข้อมูลเป็นรอบ (รายวัน) แต่สินค้าที่นำมาศึกษามีเพียง 2 ชนิดเท่านั้น และวิธีการระบุความน่าจะเป็นในการตัดสินใจของลูกค้าได้ถูกแจกแจงแยกเป็นกรณี ซึ่งสามารถทำได้ยากหากมีจำนวนชนิดสินค้ามากขึ้น

Kök and Fisher (2007) ศึกษาการประมาณความต้องการของสินค้า และการจัดสรรสินค้าที่เหมาะสมภายใต้การทดแทนกันของสินค้า โดยศึกษาจากร้านค้าปลีกที่มีหลายสาขา ซึ่งมีการแยกผลกระทบจากการทดแทนกันของสินค้าเป็น 2 กรณี คือ กรณีทดแทนเนื่องจากการจัดสรรสินค้า เช่น ร้านค้าปลีก ก อาจจะมีสินค้าที่ร้านค้าปลีก ข ไม่มี ดังนั้นลูกค้าที่คาดว่าจะซื้อสินค้าดังกล่าวได้จากร้านค้าปลีก ข กลับพบว่าสินค้าไม่มีจำหน่าย และซื้อสินค้าอื่นทดแทนไป ในกรณีเช่นนี้จะถือว่าเป็นการทดแทนเนื่องจากการจัดสรรสินค้า และอีกกรณีหนึ่งคือการทดแทนเนื่องจากสินค้าหมด คือ ร้านค้าปลีกนำสินค้ามาจำหน่าย แต่ ณ เวลาที่ลูกค้าต้องการซื้อ สินค้านั้นหมด โดยในกรณีทดแทนเนื่องจากการจัดสรรสินค้า จะใช้วิธีเปรียบเทียบระหว่างร้านค้าปลีกที่มีสินค้าครบทุกชนิด และร้านค้าปลีกที่มีสินค้าไม่ครบทุกชนิด จากนั้นจึงแยกพิจารณาความต้องการสินค้าในแต่ละร้านค้าปลีก ในกรณีสินค้าหมดต่อไป

Vulcano, Van Ryzin, and Ratliff (2012) ประมาณความต้องการสินค้า โดยอาศัยเพียงข้อมูลยอดขายและสถานะของสินค้า และอนุมานว่าผู้ขายทราบส่วนแบ่งการตลาดของตนเอง ซึ่งร้านค้ามีระบบการตรวจสอบสินค้าเป็นรอบและทราบสถานะสินค้าในแต่ละรอบเท่านั้น ในแบบจำลอง MNL การตัดสินใจของลูกค้าขึ้นกับค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า (Preference weight) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของสินค้าแต่ละชนิด และคงที่ตลอดเวลาที่พิจารณา โดยความน่าจะเป็นที่ลูกค้าเลือกซื้อสินค้า จะคำนวณจากสัดส่วนของค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้านั้นๆ ต่อค่าน้ำหนักความชอบทั้งหมดซึ่งจะรวมถึงในกรณีที่ลูกค้าเลือกไม่ซื้อสินค้าด้วย จุดเด่นของแบบจำลองนี้คือ สามารถหาค่า Maximum Log-likelihood ได้ง่าย ด้วยการหาอนุพันธ์ของสมการ แต่มีจุดด้อยคือรูปแบบการตัดสินใจของลูกค้าจะไม่หลากหลาย เนื่องจากจะถือว่าลูกค้าทุกคนจะเลือกสินค้าด้วยน้ำหนักความชอบแบบเดียวกันหมด

ในงานวิจัยถัดมาของ van Ryzin and Vulcano (2013) จึงได้ปรับปรุงแบบจำลอง MNL โดยการตัดสินใจของลูกค้าจะอยู่ในรูปของลำดับความชอบสินค้า (Rank-based choice) เพื่อให้สามารถจำแนกการตัดสินใจของลูกค้าได้ดีขึ้น เช่น ในโมเดลของ Vulcano et al., (2012) ลูกค้าที่เลือกซื้อสินค้า ก กับลูกค้าที่เลือกซื้อสินค้า ข เมื่อพบว่าสินค้าที่ตนต้องการหมด ก็จะเลือกซื้อสินค้า ค ด้วย

ความน่าจะเป็นเท่ากัน แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้จะสามารถระบุความต้องการทดแทนของลูกค้าได้โดยตรงผ่านลำดับความชอบสินค้า ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณความน่าจะเป็นหรือระดับการทดแทนของสินค้าได้แม่นยำขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในแบบจำลองนี้ต้องการทราบสถานะสินค้า ณ เวลาที่เกิดการสั่งซื้อทุกครั้ง จึงอาจทำให้เกิดข้อจำกัดด้านการเก็บข้อมูล

ต่อมา Steeneck, Eng-Larsson, and Jauffred (2016) ได้ศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยของ Vulcano et al., (2012) ในกรณีที่ข้อมูลสถานะสินค้าจากระบบจัดการสินค้าไม่น่าเชื่อถือ เช่น อาจจะมีกรณีที่สินค้าหมด แต่ในระบบข้อมูลยังบันทึกว่ามีสินค้าอยู่ในคลังสินค้า เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยจะมีการใช้วิธีมาร์คอฟเชน ในการหาความน่าจะเป็นที่สินค้าจะหมดควบคู่ไปด้วย เพื่อประเมินสถานะที่แท้จริงของสินค้า

สำหรับบริษัทกรณีศึกษา ข้อมูลที่มีเป็นเพียงข้อมูลรายเดือนเท่านั้น ดังนั้นโมเดลที่ต้องการข้อมูลละเอียดในระดับคำสั่งซื้อจึงไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการของ Vulcano et al., (2012) มาประยุกต์ใช้เพื่อหาระดับการทดแทนของสินค้า ซึ่งแม้จะไม่แม่นยำที่สุด แต่การคำนวณมีความซับซ้อนน้อยกว่ามาก อีกทั้งความต้องการสินค้าที่ประมาณได้ยังสามารถนำไปใช้พยากรณ์ความต้องการสินค้าในการบริหารสินค้าคงคลังได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รายละเอียดบริษัทกรณีศึกษา

3.1.1 รายละเอียดสินค้า

สินค้าที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นสินค้าประเภทกาแฟสำเร็จรูป 5 ชนิด ประกอบด้วยแบรนด์ X[1] และแบรนด์ Y สินค้าทั้ง 5 ชนิดนำเข้าจากบริษัทผู้ผลิตในยุโรปทั้งหมด สินค้าจึงมีระยะเวลานำเท่าๆ กันอยู่ที่ประมาณ 3 เดือน รายการสินค้าที่นำมาศึกษามีดังนี้

1) แบรนด์ X ชนิด A[2] ขนาด 100 กรัม
2) แบรนด์ X ชนิด B ขนาด 100 กรัม
3) แบรนด์ X ชนิด C ขนาด 100 กรัม
4) แบรนด์ Y ชนิด A ขนาด 100 กรัม
5) แบรนด์ Y ชนิด A ขนาด 200 กรัม

3.1.2 แผนการสั่งซื้อสินค้า

เนื่องจากบริษัทผู้ผลิตจำเป็นต้องวางแผนการผลิตสินค้าและมีตารางการผลิตที่หนาแน่น ประกอบกับระยะเวลานำที่นานถึง 3 เดือน บริษัทผู้นำเข้าจึงต้องสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้า โดยปกติแล้วจะออกคำสั่งซื้อสินค้าทุกเดือน จึงมีลักษณะการตรวจสอบสถานะสินค้าเป็นรอบ (Periodic Review)

ในปัจจุบัน บริษัทกรณีศึกษาไม่ได้มีการพยากรณ์ความต้องการของสินค้า และไม่ได้มีแผนการสั่งซื้อสินค้าที่ชัดเจน แต่จะประเมินความต้องการของสินค้าและกำหนดปริมาณการสั่งซื้อโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้สั่งซื้อเป็นหลัก นอกจากนี้บริษัทยังไม่มีระบบการเก็บข้อมูลความต้องการที่แท้จริงของสินค้า ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความต้องการของสินค้าจึงเป็นยอดขายของสินค้า และด้วยระยะเวลานำของสินค้า ทำให้สินค้าบางชนิดมีปริมาณสินค้าคงคลังสูงเพื่อรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้าในช่วงเวลานำ เมื่อสินค้าคงคลังใกล้ถึงวันหมดอายุก็จะต้องนำมาจำหน่ายลดราคา ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็มีสินค้าบางชนิดประสบปัญหาสินค้าขาดมือด้วย

---

[1] เพื่อรักษาความลับทางการค้าของบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยจึงไม่เปิดเผยข้อมูลแบรนด์และชนิดสินค้าที่ศึกษา

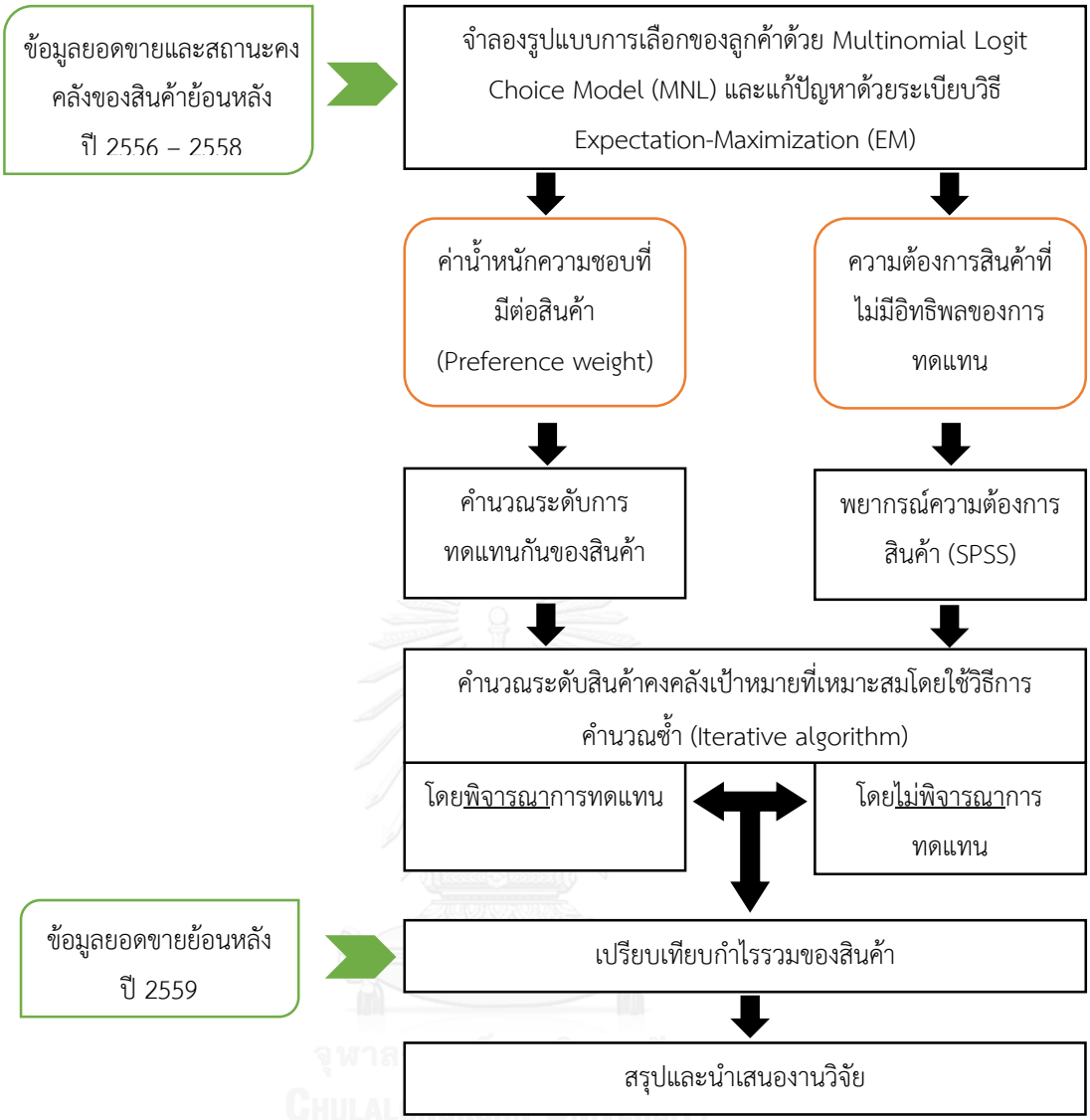
[2] ชนิดสินค้าที่ระบุเป็น A, B, C ใช้จำแนกชนิดของกาแฟภายในแบรนด์เท่านั้น กาแฟ NFC ชนิด A กับกาแฟ DVD ชนิด A อาจไม่ใช่ชนิดเดียวกัน เนื่องจากปกติแล้วบริษัทผู้ผลิตจะตั้งชื่อชนิดสินค้าเพื่อการตลาด ดังนั้นการเปรียบเทียบชนิดสินค้าในแต่ละแบรนด์ว่าเหมือนหรือต่างกันจึงขึ้นอยู่กับการรับรู้ของผู้บริโภคด้วย

3.2 ระเบียบวิธีวิจัย

แผนผังระเบียบวิธีวิจัยแสดงในรูปที่ 3.1 โดยจะเริ่มจากการคำนวณหาระดับการทดแทนสินค้าก่อน โดยประยุกต์จาก“ค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า” ในงานวิจัยของ Vulcano et al., (2012) ในงานวิจัยดังกล่าวเป็นการจำลองรูปแบบการเลือกของลูกค้าด้วย Multinomial Logit Choice Model (MNL) โดยอาศัยข้อมูลตั้งต้นเพียงยอดขายและสถานะคงคลังของสินค้าในแต่ละรอบการพิจารณาเท่านั้น ซึ่งเหมาะสมกับข้อจำกัดด้านข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา จากนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยระเบียบวิธี Expectation-Maximization (EM) ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีนี้ คือ ค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า ซึ่งจะนำไปคำนวณระดับการทดแทนของสินค้าต่อไป นอกจากนี้โมเดล MNL ยังให้ผลลัพธ์เป็นปริมาณความต้องการสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนอีกด้วย ซึ่งสามารถนำไปพยากรณ์ความต้องการของสินค้าได้ ในการคำนวณหาระดับการทดแทนสินค้าจะอาศัยข้อมูลยอดขายและสถานะคงคลังของสินค้าย้อนหลังของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่ปี 2556 – 2558

เมื่อทราบระดับการทดแทนของสินค้าแล้ว จึงนำมาคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Huang et al., (2011) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยวิธีคำนวณซ้ำ (Iterative algorithm) โดยใช้เพียงโปรแกรม Microsoft Excel ปริมาณความต้องการสินค้าที่นำมาใช้คำนวณได้จากการพยากรณ์ยอดขายสินค้า

จากนั้นจะทดสอบแผนการสั่งซื้อสินค้า โดยอนุมานข้อมูลยอดขายสินค้าย้อนหลังของบริษัทกรณีศึกษาในปี 2559 เป็นปริมาณความต้องการของสินค้า การบริหารสินค้าคงคลังใช้แบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำปริมาณการสั่งซื้อที่คำนวณได้มากำหนดเป็นระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายในแต่ละช่วงเวลาแทน แล้วจึงคำนวณเปรียบเทียบกำไรรวมของสินค้าระหว่างแผนการสั่งซื้อสินค้าที่พิจารณาการทดแทนของสินค้า กับแผนการสั่งซื้อที่ไม่ได้พิจารณาการทดแทนของสินค้า แล้วจึงสรุปผลเพื่อนำเสนอต่อไป



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงระเบียบวิธีวิจัยโดยสรุป

3.2.1 การจำลองรูปแบบการเลือกของลูกค้าด้วย Multinomial Logit Model (MNL)

สินค้าที่นำมาพิจารณาทั้งหมด 5 ชนิด จะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม DVD 3 ชนิด และกลุ่ม NCF 2 ชนิด โดยการคำนวณจะแยกคำนวณในแต่ละกลุ่ม เนื่องจากลูกค้ายอมรับการทดแทนเฉพาะในแบรนด์เดียวกันเท่านั้น รอบการขายจะพิจารณาเป็นรายเดือน ในช่วงระยะเวลา 3 ปี จึงมีรอบการขายทั้งหมด 36 รอบ

3.2.1.1 รายละเอียดแบบจำลอง MNL

ข้อมูลตั้งต้นที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองมีเพียงยอดขาย และสถานะคงคลังของสินค้าที่ต้องการทราบเพียงว่ามีสินค้าหรือไม่เท่านั้น (Binary indicator) โดยจะไม่พิจารณากรณีคืนสินค้าใน

แบบจำลองนี้ ในแต่ละรอบการขาย หากสินค้าใดมีสถานะขาดมือ จะถือว่ายอดขายสินค้านั้นเป็นศูนย์ในรอบการขายดังกล่าว

ในการซื้อสินค้า ลูกค้าจะเลือกสินค้าโดยตัดสินใจจาก “ค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า” ซึ่งค่านี้จะคงที่ในสินค้าหนึ่งๆ ในทุกรอบการขาย และกำหนดให้น้ำหนักความชอบของกรณีที่ลูกค้าเลือกที่จะไม่ซื้อสินค้าใดๆ เป็น 1 ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้าชนิดใดๆ สามารถคำนวณได้จากสัดส่วนค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้านั้น ต่อค่าน้ำหนักความชอบรวมที่มีต่อสินค้าที่มีจำหน่าย รวมถึงค่าน้ำหนักความชอบในกรณีไม่ซื้อสินค้าด้วย

ตัวอย่างเช่น มีสินค้า 3 ชนิด ก, ข และ ค มีค่าน้ำหนักความชอบ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้า ก จะเท่ากับ 3/(3+4+5+1) หรือเท่ากับ 0.23

แต่ถ้าหากสินค้า ค หมด ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้า ก จะเท่ากับ 3/(3+4+1) หรือเท่ากับ 0.375 เป็นต้น

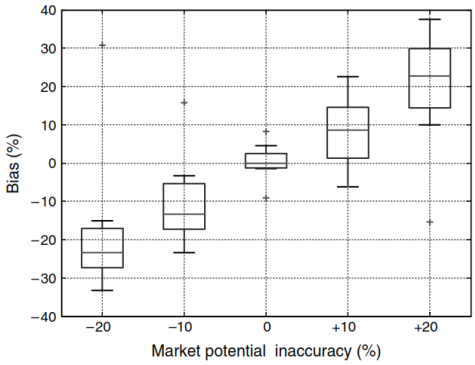
เนื่องจากค่าน้ำหนักความชอบในโมเดลสามารถเป็นค่าจำนวนจริงใดๆ ที่มากกว่า 0 ได้ เพื่อให้ค่าน้ำหนักความชอบมีความสมเหตุสมผล จึงต้องกำหนดขอบเขตของค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าด้วยส่วนแบ่งการตลาดของบริษัท (Company’s Market Share) ซึ่งเท่ากับความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งจากบริษัท

ตัวอย่างเช่น ถ้าบริษัทมีส่วนแบ่งการตลาด 80% หรือ 0.8 ค่าน้ำหนักความชอบกรณีไม่ซื้อสินค้า (เท่ากับ 1) จะถือเป็นสัดส่วน 20% ของค่าน้ำหนักความชอบทั้งหมด แสดงว่าค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าของบริษัทรวมทุกชนิดต้องไม่เกิน 4 เป็นต้น

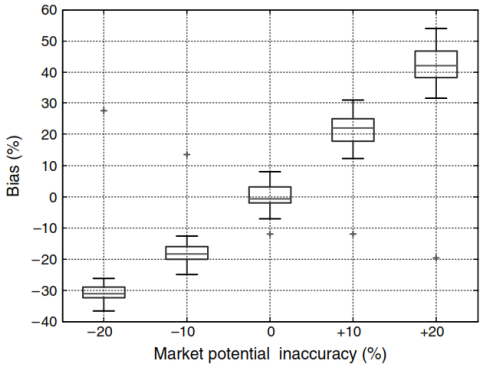
ซึ่ง Vulcano et al., (2012) ได้ศึกษาพบว่าความแม่นยำในการประมาณค่าส่วนแบ่งการตลาดมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อบริษัทมีส่วนแบ่งการตลาดสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.2.1.2 การสร้างสมการ Log-Likelihood

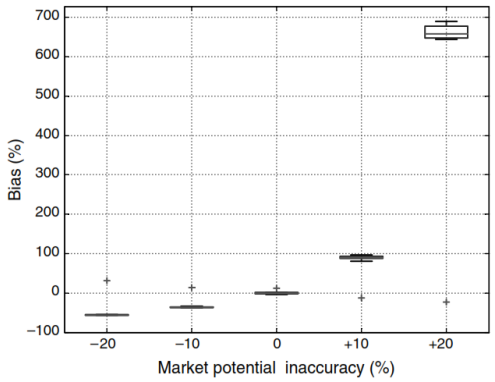
สมการ Log-Likelihood คือ สมการที่แสดงถึงความน่าจะเป็นที่จะยอดขายของสินค้าตามข้อมูลที่ปรากฏ ซึ่งข้อมูลยอดขายสินค้าสามารถแบ่งย่อยเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นความต้องการของสินค้านั้นๆ ที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน หมายถึง ลูกค้าต้องการซื้อสินค้าดังกล่าวตั้งแต่ต้น และความต้องการที่เกิดจากการทดแทนสินค้าชนิดอื่น หมายถึง ลูกค้าอาจจะต้องการซื้อสินค้าชนิดอื่น แต่สินค้าหมดจึงเลือกซื้อสินค้าดังกล่าวแทน นอกจากนี้ยังต้องพิจารณายอดขายส่วนที่สูญเสียไป (Lost sales) เนื่องจากสินค้าขาดมือ ซึ่งจะไม่ปรากฏในข้อมูลยอดขายด้วย



(ก) s = 14%



(ข) s = 46%



(ค) s = 81%

รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของค่าส่วนแบ่งการตลาด (s) และความคลาดเคลื่อนของค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า (Bias) ที่ระดับส่วนแบ่งการตลาด 14% 46% และ 81% (Vulcano et al., 2012)

ในการสร้างสมการ Log-Likelihood จะต้องทราบความต้องการตั้งต้นของสินค้าแต่ละชนิดที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน ดังนั้น จึงต้องพิจารณายอดขายของสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละรอบการขาย แยกเป็น 3 กรณี ได้แก่

<u>กรณีที่ 1 สินค้าที่ไม่มีจำหน่าย</u>

ในกรณีที่สินค้าไม่มีจำหน่าย ความต้องการของสินค้านั้นๆ จะถูกทดแทนกระจายไปเป็นยอดขายของสินค้าอื่นๆ ที่มีจำหน่ายแทน ดังนั้นจึงต้องคำนวณว่าในยอดขายของสินค้าอื่นๆ ที่ปรากฏตามข้อมูล เป็นความต้องการของสินค้าที่ไม่มีจำหน่ายเป็นปริมาณเท่าใด

<u>กรณีที่ 2 สินค้าที่มีจำหน่าย</u>

ในกรณีที่สินค้ามีจำหน่าย ในยอดขายของสินค้านั้นๆ อาจจะมีความต้องการที่ทดแทนมาจากสินค้าอื่นที่ไม่มีจำหน่ายรวมอยู่ด้วย จึงต้องคำนวณว่าความต้องการของสินค้านั้นๆ ที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนเป็นปริมาณเท่าใด

<u>กรณีที่ 3 ลูกค้าไม่ซื้อสินค้าใดๆ</u>

กรณีที่ลูกค้าไม่ซื้อสินค้าใดๆ ประกอบไปด้วย 2 สาเหตุ คือ สินค้าที่ต้องการซื้อไม่มีจำหน่าย ถือเป็นยอดขายที่สูญเสียไป และการที่ลูกค้าไม่ต้องการซื้อสินค้าของบริษัทตั้งแต่แรก เนื่องจากปัจจัยด้านส่วนแบ่งการตลาด ความต้องการของสินค้าในส่วนนี้จะไม่ปรากฏในข้อมูลยอดขาย แต่ก็เป็นส่วนหนึ่งของสมการความน่าจะเป็นที่ทำให้เกิดยอดขายตามข้อมูล จึงต้องพิจารณาด้วย

เมื่อสร้างสมการ Log-Likelihood แล้ว จะต้องคำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า ที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดยอดขายของสินค้าตามข้อมูลมีค่าสูงที่สุด (Maximum Log-Likelihood) หรือในอีกความหมายหนึ่งก็คือ คำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า ที่จะทำให้เกิดความต้องการสินค้าเป็นไปตามข้อมูลยอดขายที่ปรากฏ โดยวิธีการที่ใช้แก้ปัญหานี้ ได้แก่ วิธี Expectation-Maximization

3.2.1.3 การแก้ปัญหาด้วยวิธี Expectation-Maximization

วิธี Expectation-Maximization (EM) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การประมาณค่าตัวแปรต่างๆ ของสมการ (ขั้นตอน E) และ (2) การหาค่าตัวแปรต้นที่ทำให้สมการ Log-Likelihood มีค่าสูงสุด (ขั้นตอน M) ซึ่งตัวแปรต้นของสมการ Log-Likelihood ในโมเดลนี้ ได้แก่ ค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า

เมื่อมีการคำนวณค่าตัวแปรต้นใหม่ ตัวแปรตามต่างๆ ก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงจำเป็นต้องวนกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 ใหม่ จนกว่าค่าที่ได้จะไม่เปลี่ยนแปลง

ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า จึงสรุปได้ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลตั้งต้น ได้แก่
   1.1) ประเมินและกำหนดค่าส่วนแบ่งการตลาด (ใช้ในการคำนวณ)
   1.2) ข้อมูลยอดขายสินค้า
   1.3) สถานะสินค้าคงคลัง (มี หรือ ไม่มี สินค้าในแต่ละรอบการขาย)
2) ในแต่ละรอบการขาย คำนวณความต้องการตั้งต้นของสินค้าแต่ละชนิดที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน โดยพิจารณายอดขายร่วมกับสถานะสินค้าคงคลัง แยกเป็น 3 กรณี
3) ประมาณค่าเริ่มต้นของค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า
4) คำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ของสมการ (ขั้นตอน E)
5) คำนวณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าที่ทำให้สมการ Log-Likelihood มีค่าสูงสุด (ขั้นตอน M)

6) คำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ของสมการอีกครั้ง หากค่าตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลง ให้ทำขั้นตอน E และ M ซ้ำจนกว่าการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆไว้ที่ 0.00001 (10^{-5})

รายละเอียดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.2.1.4

3.2.1.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าอ้างอิงจากงานวิจัยของ Vulcano et al., (2012) มีรายละเอียดดังนี้

<u>สัญลักษณ์และพารามิเตอร์</u>

N = {1,..., n} เป็นเซตของชนิดสินค้าที่ทดแทนกันได้ กำหนดลำดับด้วย i, j
โดยที่ i, j = 0 หมายถึงกรณีลูกค้าไม่เลือกซื้อสินค้าใดเลย
(ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ที่ n = 3 และ n = 2)

T = รอบการขาย (Period) กำหนดลำดับด้วย t = 1, 2,..., T

S_t = เซตของสินค้าที่มีจำหน่ายที่รอบการขาย t ดังนั้น $S_t \subset N$

z_t = $(z_{1t},..., z_{nt})$ เป็นเวคเตอร์ของยอดขายที่รอบการขาย t

z_{it} = ยอดขายของสินค้า i ที่รอบการขาย t
โดย $z_{it} \geq 0$ $\forall$ i, t เนื่องจากไม่พิจารณากรณีคืนสินค้า และ
$z_{it} = 0$ เมื่อ $i \notin S_t$ ถือว่ายอดขายสินค้านั้นเป็นศูนย์เมื่อสินค้ามีสถานะขาดมือ

X_{jt} = ความต้องการของสินค้า i ที่รอบการขาย t ที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน

Y_{jt} = ความต้องการของสินค้า i ที่รอบการขาย t ที่เกิดจากการทดแทนสินค้าชนิดอื่น

s = ส่วนแบ่งการตลาดของบริษัท (Company's Market Share)

$P_j(S, \mathbf{v})$ = ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้า j ในเซตสินค้าที่มีจำหน่าย S

r = ความน่าจะเป็นสำหรับตัวเลือกอื่นๆ ภายนอก (เช่น สินค้าของบริษัทอื่น)
โดย $r = (1-s)/s$

N_j = ความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนของสินค้า j รวมทุกรอบการขาย

<u>ตัวแปรต้นของแบบจำลอง</u>

$\mathbf{v}$ = $(v_1,..., v_n)$ เป็นเวคเตอร์น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า

v_i = น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า i
โดย $v_0 = 1$ คือ น้ำหนักสำหรับกรณีลูกค้าเลือกที่จะไม่ซื้อสินค้าใดๆ

ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าชนิดใดๆ สามารถคำนวณได้จากสัดส่วนค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้านั้น ต่อค่าน้ำหนักความชอบรวมที่มีต่อสินค้าที่มีจำหน่าย รวมถึงค่าน้ำหนักความชอบในกรณีไม่ซื้อสินค้าด้วย ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้า j ในเซตสินค้าที่มีจำหน่าย S สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_j(S, \mathbf{v}) = \frac{\mathrm{v}_j}{\sum_{i \in S} \mathrm{v}_i + 1} \quad (1)$$

เนื่องจากค่าน้ำหนักความชอบสามารถเป็นค่าจำนวนจริงใดๆ ที่มากกว่า 0 แต่ได้กำหนดให้ $v_0 = 1$ จึงต้องกำหนดขอบเขตเพื่อให้ค่าน้ำหนักความชอบมีความสมเหตุสมผล ซึ่งกำหนดโดยใช้ส่วนแบ่งการตลาดของบริษัท แทนความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะซื้อสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งจากบริษัท โดย

$$s = \frac{\sum_{j=1}^{n} \mathrm{v}_i}{\sum_{j=1}^{n} \mathrm{v}_i + 1} \quad (2)$$

และกำหนดตัวแปร r เป็นสัดส่วนน้ำหนักความชอบสำหรับตัวเลือกอื่นๆ ภายนอก (เช่น สินค้าของบริษัทอื่น หรือสินค้าชนิดอื่น) โดย r = (1-s)/s จะได้

$$r = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} \mathrm{v}_i} \quad (3)$$

เนื่องจากข้อมูลยอดขายสินค้าประกอบด้วยความต้องการของสินค้า 2 ส่วน ได้แก่ ความต้องการของสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน (X_{jt}) และความต้องการของสินค้าที่เกิดจากการทดแทนสินค้าชนิดอื่น (Y_{jt})

$$Z_{jt} = X_{jt} + Y_{jt} \quad (4)$$

แต่การสร้างสมการ Log-Likelihood จะสร้างจากความต้องการของสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน (X_{jt}) จึงต้องแยกความต้องการส่วนนี้ออกมาจากยอดขาย โดยจะแยกพิจารณาเป็น 3 กรณี ดังนี้

<u>กรณีที่ 1 สินค้าที่ไม่มีจำหน่าย</u> [$j \notin (S_t \cup \{0\})$]

เมื่อสินค้าไม่มีจำหน่าย ความต้องการของสินค้านั้นๆ จะถูกทดแทนกระจายไปเป็นยอดขายของสินค้าอื่นๆ ที่มีจำหน่ายแทน ดังนั้นจากยอดขายของสินค้าอื่นๆ จะสามารถคำนวณความต้องการของสินค้าที่ไม่มีจำหน่ายได้ดังนี้

$$X_{jt} = \frac{\mathrm{v}_j}{\sum_{j=1}^{n} \mathrm{v}_i + 1} \frac{\sum_{h \in S_t} \mathrm{v}_h + 1}{\sum_{h \in S_t} \mathrm{v}_h} \sum_{h \in S_t} z_{ht} \quad (5)$$

และเมื่อสินค้า j ไม่มีจำหน่าย ดังนั้นยอดขายของสินค้า j จึงเป็นศูนย์ ($Z_{jt} = 0$) จากสมการ (4) จะได้ว่า

$$Y_{jt} = -X_{jt} \quad (6)$$

<u>กรณีที่ 2 สินค้าที่มีจำหน่าย</u> [$j \in S_t$]

เมื่อสินค้ามีจำหน่าย ในยอดขายของสินค้าอาจจะมีความต้องการที่ทดแทนมาจากสินค้าอื่นที่ไม่มีจำหน่ายรวมอยู่ด้วย ดังนั้นความต้องการของสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$X_{jt} = \frac{\sum_{h \in S_t} v_h + 1}{\sum_{j=1}^{n} v_i + 1} z_{jt} \quad (7)$$

$$Y_{jt} = \frac{\sum_{h \notin (S_t \cup \{0\})} v_h}{\sum_{j=1}^{n} v_i + 1} z_{jt} \quad (8)$$

<u>กรณีที่ 3 ลูกค้าไม่ซื้อสินค้าใดๆ</u> [j = 0]

กรณีที่ลูกค้าไม่ซื้อสินค้าใดๆ เลยจะประกอบด้วย 2 สาเหตุ คือ การที่สินค้าที่ต้องการซื้อไม่มีจำหน่าย ถือเป็นยอดขายที่สูญเสียไป (Lost sales, Y_{jt}) และการที่ลูกค้าไม่ต้องการซื้อสินค้าของบริษัทตั้งแต่แรก (X_{jt}) เนื่องจากปัจจัยด้านส่วนแบ่งการตลาด ดังนั้นจะได้ว่า

$$X_{0t} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} v_i} \sum_{i=1}^{n} X_{it} \quad (9)$$

$$Y_{0t} = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^{n} v_i + 1} \frac{\sum_{h \in S_t} v_h + 1}{\sum_{h \in S_t} v_h} \sum_{h \in S_t} z_{ht} \quad (10)$$

เมื่อคำนวณความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนทุกกรณีแล้ว ให้รวมความต้องการดังกล่าวของสินค้าแต่ละชนิดในทุกรอบการขาย กำหนดด้วยตัวแปร N_j โดยรวมถึงกรณีไม่ซื้อสินค้าด้วย (j =0) จะได้ว่า

$$N_j = \sum_{t=1}^{T} X_{jt} \quad (11)$$

$$N_0 = r \sum_{j=1}^{n} N_j \quad (12)$$

ดังนั้น สมการ Log-Likelihood หรือสมการความน่าจะเป็นที่จะทำให้เกิดยอดขายของสินค้าตามข้อมูลตั้งต้น จะได้ดังสมการ

$$L(\mathbf{v}) = \sum_{j=1}^{n} N_j \, ln\left(\frac{v_j}{\sum_{i=1}^{n} v_i + 1}\right) + N_0 ln\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} v_i + 1}\right) \quad (13)$$

หากต้องการศึกษาที่มาของสมการสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากงานวิจัยของ Vulcano et al., (2012)

จากนั้นจึงคำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า ที่ทำให้สมการ Log-Likelihood มีค่าสูงที่สุด (Maximum Log-Likelihood) ซึ่งตัวแปรต้นของสมการ Log-Likelihood ในแบบจำลองนี้ ได้แก่ เวคเตอร์น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า โดยจะเห็นว่าสมการ Log-Likelihood (13) ข้างต้นสามารถหาค่าสูงสุดได้โดยการหาอนุพันธ์ย่อย (Partial derivatives) เทียบกับตัวแปร v_j ซึ่งจะได้คำตอบดังนี้

$$v_j^* = \frac{N_j}{r\sum_{i=1}^{n} N_i} \quad ; j = 1, \ldots, n \tag{14}$$

แทนค่าสมการ (12) ในสมการ (14) จะได้

$$v_j^* = \frac{N_j}{N_0} \quad ; j = 1, \ldots, n \tag{15}$$

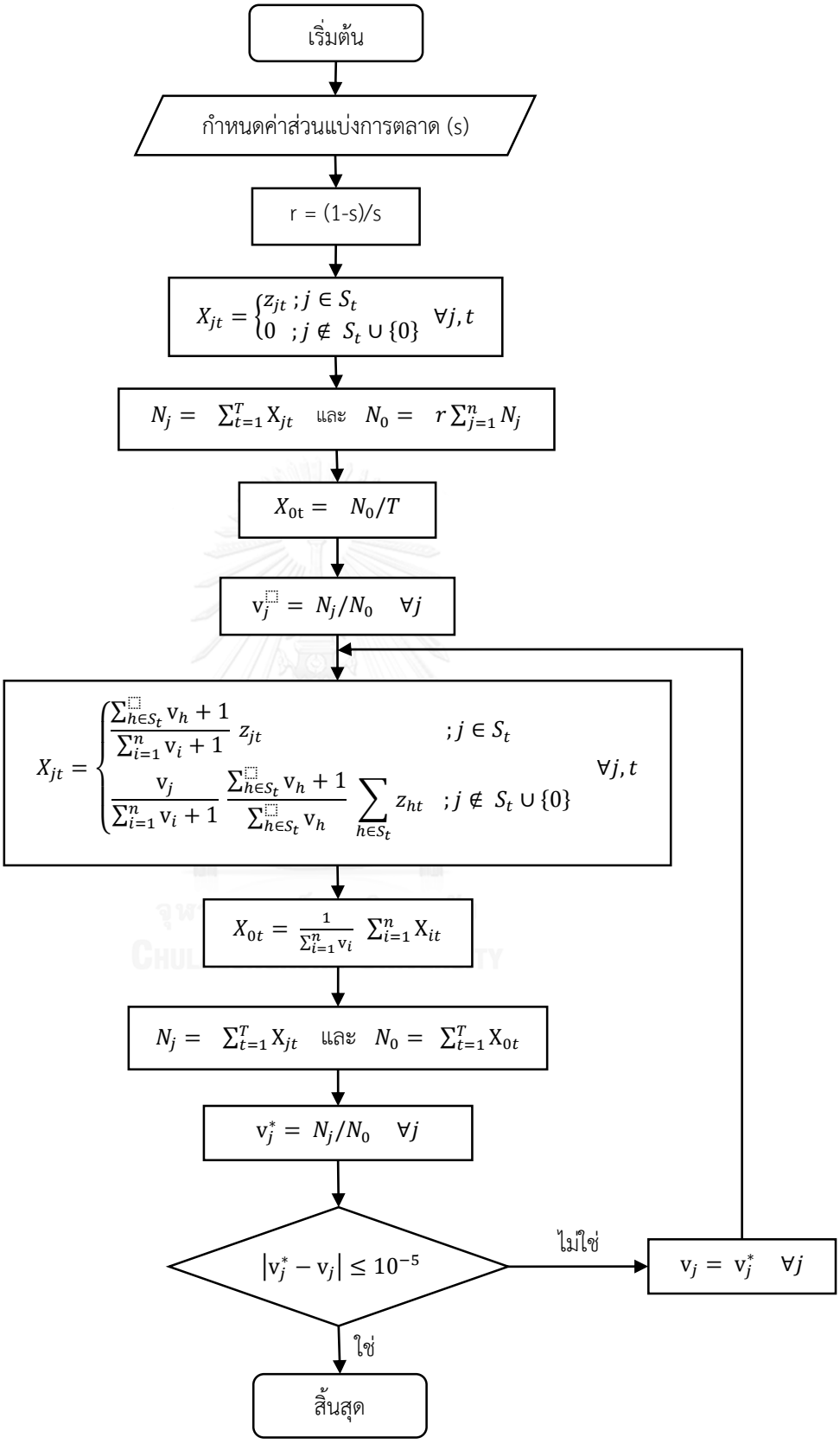
จะเห็นว่าค่าน้ำหนักความชอบ (v_j) ขึ้นกับผลรวมความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน ซึ่งความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนก็คำนวณด้วยค่าน้ำหนักความชอบ จึงต้องคำนวณซ้ำเพื่อให้ค่าตัวแปรต่างๆ สอดคล้องกัน โดยใช้วิธี Expectation-Maximization (EM)

วิธี EM ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การประมาณค่าตัวแปรต่างๆ ของสมการ (ขั้นตอน E) และ (2) การหาค่าตัวแปรที่ทำให้สมการ Log-Likelihood มีค่าสูงสุด (ขั้นตอน M)

ขั้นตอนการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบของสินค้าจึงสรุปได้ดังนี้

1) ประเมินและกำหนดค่าส่วนแบ่งการตลาด (s)
2) คำนวณค่า r = (1-s)/s
3) กำหนดค่า $X_{jt} = z_{jt}$ สำหรับทุกสินค้า j และรอบการขาย t โดย $X_{jt} = 0$ เมื่อ $j \notin S_t$
4) กำหนดค่า N_j ด้วยสมการ (11) เมื่อ j = 1, ..., n และกำหนดค่า N_0 ด้วยสมการ (12)
5) กำหนดค่า X_{0t} เบื้องต้น โดยให้ $X_{0t} = N_0/T$
6) กำหนดค่า v_j ด้วยสมการ (15) เมื่อ j = 1, ..., n
7) คำนวณค่า X_{jt} และ Y_{jt} โดยแยกเงื่อนไขสำหรับแต่ละสินค้า j ที่รอบการขาย t ดังนี้
   7.1) เมื่อ $j \notin S_t$ คำนวณค่า X_{jt} ด้วยสมการ (5)
   7.2) เมื่อ $j \in S_t$ คำนวณค่า X_{jt} ด้วยสมการ (7)
8) คำนวณค่า X_{0t} ด้วยสมการ (9)
9) คำนวณค่า N_j และ N_0 ใหม่ ด้วยสมการ (11) และ (12)
10) คำนวณค่า v_j ใหม่ ด้วยสมการ (15)
11) เปรียบเทียบค่า v_j ใหม่ และค่า v_j เดิม หากความแตกต่างกันเกิน 10^{-5} ให้ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 7) โดยใช้ค่า v_j ใหม่ในการคำนวณ

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ผลลัพธ์ที่ได้คือเวคเตอร์ค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า ($\mathbf{v}$) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความต้องการของสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทน (X_{jt}) รวมถึงยอดขายที่สูญเสียไป (Lost sales, Y_{jt}) ได้



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธี Expectation-Maximization (EM) โดยสรุป

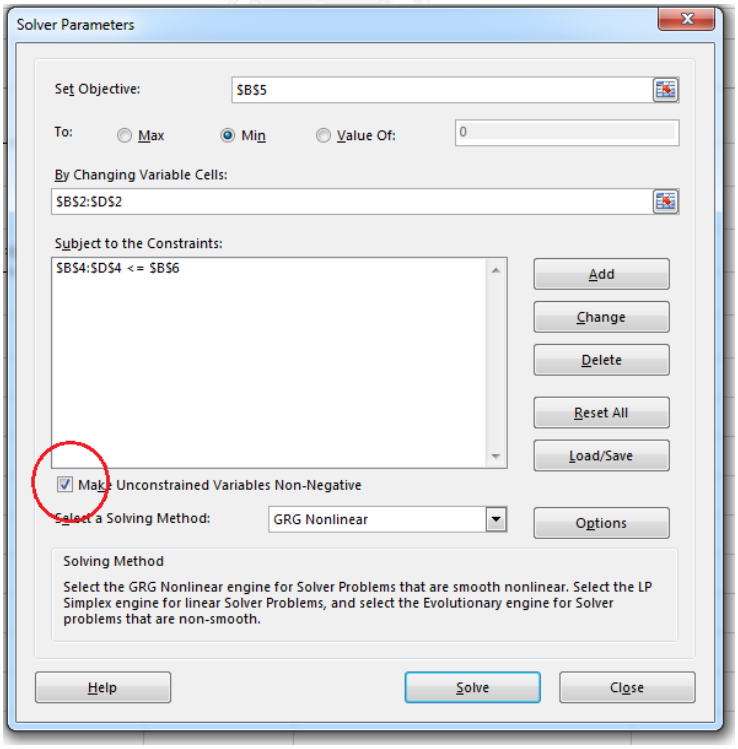
การคำนวณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

การคำนวณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าตามขั้นตอนข้างต้น สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel โดยการสร้างตัวแปรค่าน้ำหนักความชอบ 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวแปรตั้งต้น เพื่อให้โปรแกรมสุ่มค่า ส่วนอีกชุดหนึ่งเขียนสูตรคำนวณตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากนั้นจึงหาผลต่างระหว่างค่าน้ำหนักความชอบทั้ง 2 ชุด เพื่อใช้เป็นข้อจำกัดของโปรแกรม

การตั้งค่าคำสั่ง Solver แสดงในรูปที่ 3.4 และ รูปที่ 3.5 โดยการเขียนสูตรคำนวณทั้งหมดจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข

	A	B	C	D	E	F	G
1	**ชนิดสินค้า**	**1**	**2**	**3**			
2	น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า (สำหรับสุ่มค่า)				< By Changing Variable Cells		
3	น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า (คำนวณ)						
4	ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักความชอบทั้ง 2 ค่า	=ABS(B2-B3)	=ABS(C2-C3)	=ABS(D2-D3)	< Subject to the Constraints		
5	ผลรวมความแตกต่างระหว่างน้ำหนักความชอบ	=SUM(B4:D4)			< Set Objective (Minimize)		
6	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้	0.00001					

รูปที่ 3.4 การสร้างตัวแปรในโปรแกรม Excel เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า



รูปที่ 3.5 การตั้งค่าในหน้าต่างคำสั่ง Solver เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า

3.2.1.4 การคำนวณระดับการทดแทนกันของสินค้า

ระดับการทดแทนกันของสินค้าในงานวิจัยนี้ แทนด้วยตัวแปร a_{ij} หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้า j ทดแทน เมื่อสินค้า i ไม่มีจำหน่าย หากใช้วิธีการคำนวณแบบเดียวกับในโมเดล MNL จะพบว่า a_{ij} คำนวณได้จากสัดส่วนค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า j ต่อค่าน้ำหนักความชอบรวมที่มีต่อสินค้าทั้งหมด ยกเว้นสินค้า i รวมกับค่าน้ำหนักความชอบในกรณีไม่ซื้อสินค้า

$$a_{ij} = \frac{\text{น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า } \boldsymbol{j}}{(\text{น้ำหนักความชอบรวมที่มีต่อสินค้าทั้งหมด ยกเว้นสินค้า } \boldsymbol{i})+1}$$

หากเขียนในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์จะได้

$$a_{ij} = \frac{v_j}{\sum_{h\in(S-\{i\})} v_h+1} \quad (16)$$

3.2.2 การคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสม

เนื่องจากเงื่อนไขของบริษัทผู้ผลิตสินค้าทำให้บริษัทกรณีศึกษาต้องสั่งซื้อสินค้าเป็นรอบ การบริหารสินค้าคงคลังจึงใช้แบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย ซึ่งผู้วิจัยอ้างอิงวิธีการของ Huang et al., (2011) ที่ใช้แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียวในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อของสินค้าทดแทน ผู้วิจัยจึงประยุกต์โดยนำปริมาณการสั่งซื้อที่คำนวณได้มากำหนดเป็นระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายแทน และกำหนดให้สินค้าคงคลังท้ายรอบจะเกิดค่าใช้จ่ายคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า ดังนั้นจากนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย” เมื่อกล่าวถึงปริมาณการสั่งซื้อสินค้าจากแบบจำลองของ Huang et al., (2011)

3.2.2.1 รายละเอียดแบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว

แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียวของ Huang et al., (2011) จะพิจารณาทีละ 1 ช่วงเวลา (Single period) โดยในแต่ละช่วงเวลา สินค้าแต่ละชนิดมีปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอน ซึ่งในงานวิจัยนี้ 1 ช่วงเวลาเท่ากับ 1 เดือน และจากการตรวจสอบข้อมูลยอดขายของบริษัทกรณีศึกษาด้วยโปรแกรม Arena พบว่าข้อมูลสามารถอนุมานว่ามีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ได้ (ผลการตรวจสอบข้อมูลแสดงในภาคผนวก ก) รายละเอียดของแบบจำลองมีดังนี้

<u>ข้อมูลตั้งต้นของแบบจำลอง</u>

1) ราคาขายต่อหน่วยของสินค้า
2) ต้นทุนราคาสินค้าต่อหน่วยของสินค้า
3) ราคาขายลดราคาต่อหน่วยของสินค้า (Salvage value)

สำหรับสินค้าคงคลังที่เหลือ บริษัทกรณีศึกษาประเมินว่าสินค้าจะมีมูลค่าลดลงประมาณ 10% - 20% ขึ้นกับชนิดสินค้า เนื่องจากอายุของสินค้าลดลง และมีค่าใช้จ่ายในการถือ

ครองสินค้าด้วย ดังนั้นราคาขายลดราคาของสินค้าจะเท่ากับ 80% - 90% ของมูลค่าสินค้า ลบด้วยด้วยค่าถือครองสินค้า และบริษัทกำหนดต้นทุนค่าถือครองสินค้าไว้ที่ 30% ของมูลค่าสินค้าต่อปี

4) ต้นทุนสินค้าขาดมือของสินค้า

บริษัทกรณีศึกษาประเมินไว้ที่ 10% – 20% ของต้นทุนสินค้า ขึ้นกับชนิดสินค้า

5) ค่าพยากรณ์ความต้องการของสินค้าในแต่ละช่วงเวลา

6) ลักษณะการกระจายของความต้องการสินค้า

เนื่องจากความต้องการสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถอนุมานว่ามีการกระจายแบบปกติได้ ดังนั้นลักษณะการกระจายของความต้องการสินค้าจึงสามารถระบุได้ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

7) ระดับการทดแทนของสินค้า (a_{ij})

<u>สมมติฐานของแบบจำลอง</u>

1) มีการสั่งซื้อสินค้าเพียงครั้งเดียวที่ต้นรอบ

2) เมื่อสินค้าชนิดหนึ่งหมด ความต้องการสินค้าส่วนที่เหลือจะถูกทดแทนด้วยสินค้าอื่นตามระดับการทดแทนของสินค้า

3) ระดับการทดแทนของสินค้ามีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ($0 \le a_{ij} \le 1$)

4) สินค้าไม่สามารถทดแทนตัวสินค้านั้นเองได้ ($a_{ii} = 0$)

5) ผลรวมระดับการทดแทนของสินค้าใดๆ ไปยังสินค้าอื่นๆ ต้องไม่เกิน 1

$(0 \le \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \le 1)$

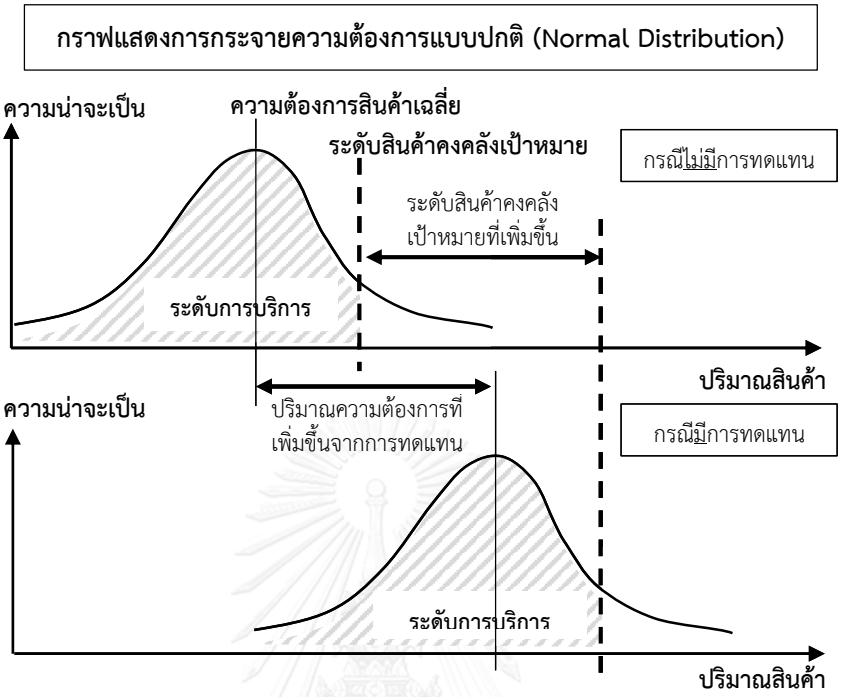
3.2.2.2 การคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย

เนื่องจากสมมติฐานของแบบจำลองที่มีการสั่งซื้อสินค้าเพียงครั้งเดียวที่ต้นรอบ การตัดสินใจจึงเป็นการถ่วงน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างค่าเสียโอกาส (กำไร) กรณีที่สินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ กับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีสินค้ามากเกินความต้องการ แล้วกำหนดเป็นระดับการบริการ (Service level) ที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดผลกำไรเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (17) ที่มาของสมการแสดงไว้ในหัวข้อ 3.2.2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

$$\text{Optimal service level} = \frac{\text{ราคาขาย} - \text{ต้นทุนสินค้า} + \text{ต้นทุนสินค้าขาดมือ}}{\text{ราคาขาย} - \text{ราคาขายลดราคา} + \text{ต้นทุนสินค้าขาดมือ}} \qquad (17)$$

หากไม่มีการทดแทนของสินค้า ความต้องการเฉลี่ยของสินค้าก็คือค่าพยากรณ์ความต้องการของสินค้า แต่เมื่อมีการทดแทนกันของสินค้า ความต้องการสินค้าแต่ละชนิดอาจจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความต้องการทดแทนสินค้าอื่นที่อาจจะขาดมือ (ส่วนที่ระดับบริการไม่ครอบคลุม) ดังนั้น

เมื่อค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้น ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายก็จะเพิ่มขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมระดับการบริการตามที่คำนวณได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงความต้องการของสินค้าและระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย เมื่อมีการทดแทนของสินค้า

ความต้องการสินค้าที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความต้องการทดแทนสินค้าอื่นที่คาดว่าจะขาดมือ (Expected shortage) จะคำนวณได้ด้วยสัดส่วนระดับการทดแทนสินค้า ตัวอย่างเช่น มีสินค้า 3 ชนิด คือ สินค้า ก. ข และ ค

ความต้องการสินค้า ก ที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น = $a_{ขก}$ * (ปริมาณสินค้า ข ที่คาดว่าจะขาดมือ)
+ $a_{คก}$ * (ปริมาณสินค้า ค ที่คาดว่าจะขาดมือ)

เมื่อ $a_{ขก}$ คือ ระดับการทดแทนสินค้า ข ด้วยสินค้า ก และ $a_{คก}$ คือ ระดับการทดแทนสินค้า ค ด้วยสินค้า ก เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า ระดับการบริการที่เหมาะสมเป็นค่าคงที่สำหรับสินค้าแต่ละชนิด แต่ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายจะเปลี่ยนไปตามค่าเฉลี่ยความต้องการของสินค้า แต่เมื่อระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายเปลี่ยนไป ปริมาณสินค้าที่คาดว่าจะขาดมือก็เปลี่ยนไปเช่นกัน ซึ่งจะกลับไปส่งผลให้ความต้องการสินค้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย การแก้ปัญหาจึงต้องใช้วิธีการคำนวณซ้ำ (Iterative) เพื่อให้ตัวแปรต่างๆ ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน

ขั้นตอนการคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายด้วยวิธีการคำนวณซ้ำ สรุปได้ดังนี้

1) กำหนดความต้องการเฉลี่ยของสินค้าด้วยค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้า (ในแต่ละช่วงเวลาอาจไม่เท่ากัน)
2) คำนวณระดับการบริการที่เหมาะสมของสินค้าแต่ละชนิด
3) กำหนดระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสม จากความต้องการของสินค้าที่มีค่าเฉลี่ยตามข้อ 1)
4) คำนวณปริมาณสินค้าที่คาดว่าจะขาดมือของสินค้าแต่ละชนิด
5) คำนวณปริมาณความต้องการเฉลี่ยของสินค้าใหม่ โดยเพิ่มความต้องการที่คาดว่าจะทดแทนมาจากสินค้าอื่น
6) กำหนดระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสมใหม่ จากความต้องการของสินค้าที่มีค่าเฉลี่ยตามข้อ 5)
7) เปรียบเทียบระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่ได้จากข้อ 6) และข้อ 3) หากมีความแตกต่างกันมากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ให้ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3) จนกว่าความแตกต่างจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ความแตกต่างที่ยอมรับได้ไว้ที่ 0.00001 (10^{-5})

รายละเอียดสมการในการคำนวณได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.2.2.3

3.2.2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายอ้างอิงจากงานวิจัยของ Huang et al., (2011) มีรายละเอียดดังนี้

<u>สัญลักษณ์และพารามิเตอร์</u>

n = จำนวนสินค้าที่พิจารณา กำหนดลำดับด้วย i, j = 1, 2,..., n

r_i = ราคาขายต่อหน่วยของสินค้า i (Sales price)

c_i = ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า i (Purchasing cost)

s_i = ราคาขายลดราคาต่อหน่วยของสินค้า i (Salvage value)

p_i = ต้นทุนสินค้าขาดมือต่อหน่วยของสินค้า i (Penalty cost)

X_i = ความต้องการของสินค้า i
มีกระจายแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ_i และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_i

$f_{xi}(x_i)$ = ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ X_i

$F_{xi}(x_i)$ = ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของ X_i

a_{ij} = สัดส่วนความต้องการสินค้า i ที่ถูกทดแทนด้วยสินค้า j เมื่อสินค้า i หมด

ตัวแปรต้นของแบบจำลอง

Q_i = ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า i (ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในแบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว)

สมมติฐานของแบบจำลอง

1) $0 \le a_{ij} \le 1$ สำหรับทุกสินค้า i, j
2) $a_{ii} = 0$
3) $0 \le \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \le 1$
4) $r_i > c_i > s_i$

โดยปกติแล้ว หากไม่มีการทดแทนของสินค้า ผลกำไรของสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาจะสามารถคำนวณได้จาก

$$Profit = E[r_i \min(X_i, Q_i) - c_i Q_i + s_i(Q_i - X_i)^+ - p_i(X_i - Q_i)^+] \quad (18)$$

โดยที่ $(Q_i - X_i)^+$ คือ สินค้าคงคลังส่วนเกิน และ

$(X_i - Q_i)^+$ คือ ปริมาณสินค้าขาดมือ

ซึ่งระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้าแต่ละชนิดที่ให้ผลกำไรสูงสุด สามารถคำนวณได้โดยการหาอนุพันธ์ย่อยของสมการ (18) เทียบกับ Q_i ซึ่งได้ผลดังสมการ

$$\Pr(X_i < Q_i^*) = (r_i - c_i + p_i)/(r_i - s_i + p_i) \quad (19)$$

โดยที่ $\Pr(X_i < Q_i^*)$ คือความน่าจะเป็นที่ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสมสามารถครอบคลุมความต้องการสินค้าได้ หรือระดับการบริการ (Service level) นั่นเอง

แต่เมื่อมีการทดแทนกันของสินค้า ความต้องการสินค้าแต่ละชนิดอาจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความต้องการทดแทนสินค้าอื่นที่อาจจะหมด ดังนั้นความต้องการสินค้าใหม่สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$X_i^e = X_i + \sum_{j \ne i} a_{ij} \left(X_j - Q_j\right)^+ \quad (20)$$

เมื่อ X_i คือ ปริมาณความต้องการสินค้าเดิม เมื่อไม่มีการทดแทน และ

$\sum_{j \ne i} a_{ij} \left(X_j - Q_j\right)^+$ คือ ปริมาณความต้องการทดแทนสินค้าอื่นที่อาจจะหมด

โดย $\left(X_j - Q_j\right)^+$ หรือปริมาณสินค้าขาดมือ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\left(X_j - Q_j\right)^+ = \frac{X_j}{\mu_j} \int_{Q_j}^{+\infty} \left(x_j - Q_j\right) f_{X_j}(x_j) dx_j \quad (21)$$

เมื่อแทนค่า X_i ด้วย X_i^e ในสมการ (18) จะได้

$$Profit = E[r_i \min(X_i^e, Q_i) - c_i Q_i + s_i(Q_i - X_i^e)^+ - p_i(X_i^e - Q_i)^+] \quad (22)$$

และระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้าแต่ละชนิดที่ให้ผลกำไรสูงสุด จะได้ว่า

$$\Pr(X_i^e < Q_i^*) = (r_i - c_i + p_i)/(r_i - s_i + p_i) \quad (23)$$

ซึ่งสามารถคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสมจากระดับการบริการได้ด้วยฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของความต้องการ X_i^e ดังสมการ

$$Q_i^* = F_{X_i^e}^{-1}[(r_i - c_i + p_i)/(r_i - s_i + p_i)] \quad (24)$$

จะเห็นได้ว่า ระดับการบริการเป็นค่าคงที่สำหรับสินค้าแต่ละชนิด แต่ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายจะเปลี่ยนไปตามฟังก์ชันการกระจาย (Distribution Function) ของความต้องการ X_i^e แต่จากสมการ (20) จะพบว่า X_i^e ก็เปลี่ยนแปลงไปตามระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย Q_i เช่นกัน การแก้ปัญหาจึงใช้วิธีการคำนวณซ้ำ (Iterative) เพื่อหาระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสม

ที่มาของสมการต่างๆ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากงานวิจัยของ Huang et al., (2011) ขั้นตอนของวิธีการคำนวณซ้ำสรุปได้ดังนี้

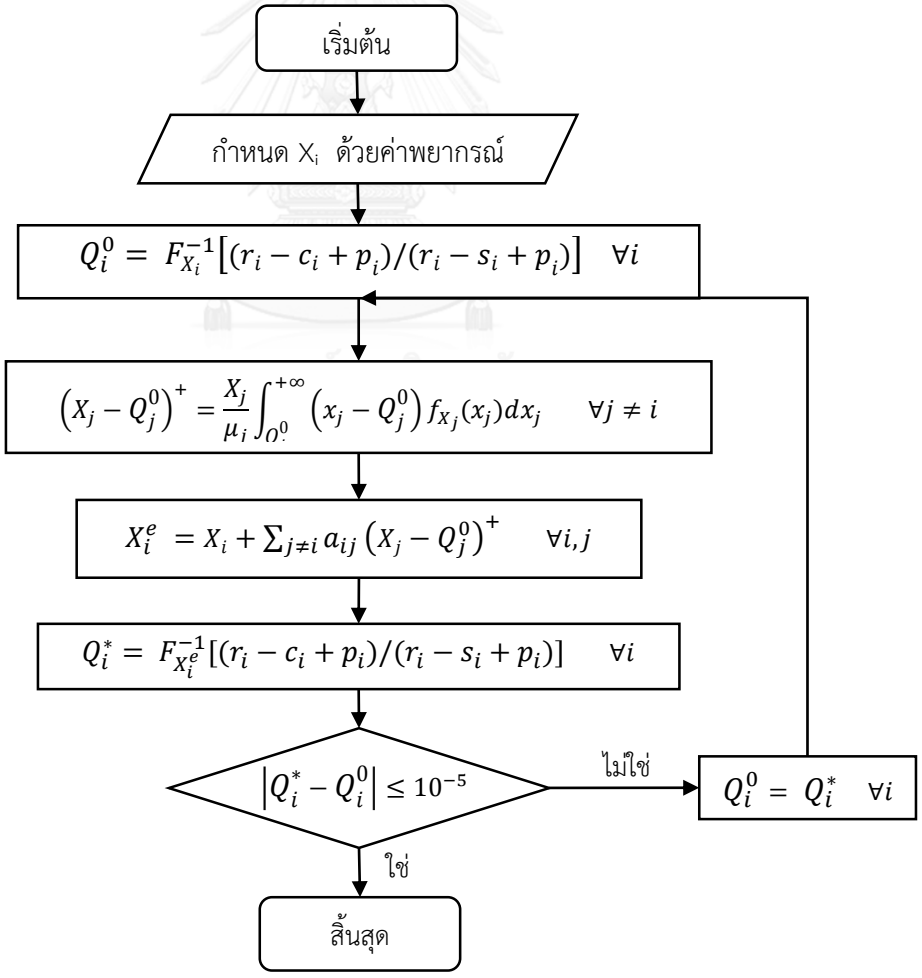
1) กำหนดความต้องการสินค้า X_i ด้วยการพยากรณ์ความต้องการสินค้า
2) คำนวณ Q_i^0 ด้วยสมการ (24) โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ X_i ในข้อ 1)
3) คำนวณปริมาณสินค้าขาดมือด้วยสมการ (21)
4) คำนวณ X_i^e ตามสมการ (20)
5) คำนวณ Q_i^* ด้วยสมการ (24) โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ X_i^e ในข้อ 3)
6) เปรียบเทียบ Q_i^* กับ Q_i^0 หากมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10^{-5} ถือว่าสิ้นสุดกระบวนการ หากยังมีความแตกต่างกันเกิน 10^{-5} ให้ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3) โดยใช้ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายใหม่ในการคำนวณ

การคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายด้วยวิธีคำนวณซ้ำสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เช่นกัน เนื่องจากความต้องการสินค้ามีการกระจายแบบปกติ การหาระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่เหมาะสมจากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมจึงสามารถทำได้ง่ายด้วยสูตร NORM.INV ในโปรแกรม Microsoft Excel เพียงแต่ในขั้นตอนการคำนวณปริมาณสินค้าที่คาดว่าจะขาดมือจะมีความยุ่งยากเล็กน้อย เนื่องจากต้องสร้างตารางสำหรับสูตรอินทิเกรตเอง จึงไม่สามารถใช้คำสั่ง Solver โดยตรงเหมือนกรณีการคำนวณระดับการทดแทนของสินค้าได้ แต่จะต้องเขียนคำสั่ง Macro เพิ่มเติม โดยใช้อัลกอริทึมใน รูปที่ 3.8 ตัวอย่างตารางอินทิเกรตแสดงในรูปที่ 3.7

	A	B	C	D	E
1	x	f(x)	F(x)	(x-Q)f(x)	$\int_Q^{\infty}(x-Q)f(x)dx$
2					
3	15000	=NORM.DIST(A3,H3,H4,FALSE)	=NORM.DIST(A3,H3,H4,TRUE)	=(A3-H5)*B3	=E2+0.5*(D3+D2)*0.1
4	14999	=NORM.DIST(A4,H3,H4,FALSE)	=NORM.DIST(A4,H3,H4,TRUE)	=(A4-H5)*B4	=E3+0.5*(D4+D3)*0.1
5	14998	=NORM.DIST(A5,H3,H4,FALSE)	=NORM.DIST(A5,H3,H4,TRUE)	=(A5-H5)*B5	=E4+0.5*(D5+D4)*0.1
6	14997	=NORM.DIST(A6,H3,H4,FALSE)	=NORM.DIST(A6,H3,H4,TRUE)	=(A6-H5)*B6	=E5+0.5*(D6+D5)*0.1
7	14996	=NORM.DIST(A7,H3		i)*B7	=E6+0.5*(D7+D6)*0.1
8	14995	=NORM.DIST(A8,H3		i)*B8	=E7+0.5*(D8+D7)*0.1
9	14994	=NORM.DIST(A9,H3		i)*B9	=E8+0.5*(D9+D8)*0.1
10	14993	=NORM.DIST(A10,H		5)*B10	=E9+0.5*(D10+D9)*0.1
11	14992	=NORM.DIST(A11,H		5)*B11	=E10+0.5*(D11+D10)*0.1
12	14991	=NORM.DIST(A12,H		5)*B12	=E11+0.5*(D12+D11)*0.1
13	14990	=NORM.DIST(A13,H		5)*B13	=E12+0.5*(D13+D12)*0.1
14	14989	=NORM.DIST(A14,H		5)*B14	=E13+0.5*(D14+D13)*0.1
15	14988	=NORM.DIST(A15,H		5)*B15	=E14+0.5*(D15+D14)*0.1
16	14987	=NORM.DIST(A16,H		5)*B16	=E15+0.5*(D16+D15)*0.1
17	14986	=NORM.DIST(A17,H		5)*B17	=E16+0.5*(D17+D16)*0.1
18	14985	=NORM.DIST(A18,H		5)*B18	=E17+0.5*(D18+D17)*0.1
19	14984	=NORM.DIST(A19,H		5)*B19	=E18+0.5*(D19+D18)*0.1
20	14983	=NORM.DIST(A20,H		5)*B20	=E19+0.5*(D20+D19)*0.1
21	14982	=NORM.DIST(A21,H		5)*B21	=E20+0.5*(D21+D20)*0.1

G	H
INPUT	
Mean	
STD	
Q	
Area	
Get Q	=ROUNDUP(NORM.INV(H6,H3,H4),0)
Get Area	=NORM.DIST(H5,H3,H4,TRUE)
Expected Shortage	=VLOOKUP(H5,A3:E15003,5,FALSE)

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการสร้างตารางอินทิเกรตในโปรแกรม Excel



รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย โดยสรุป

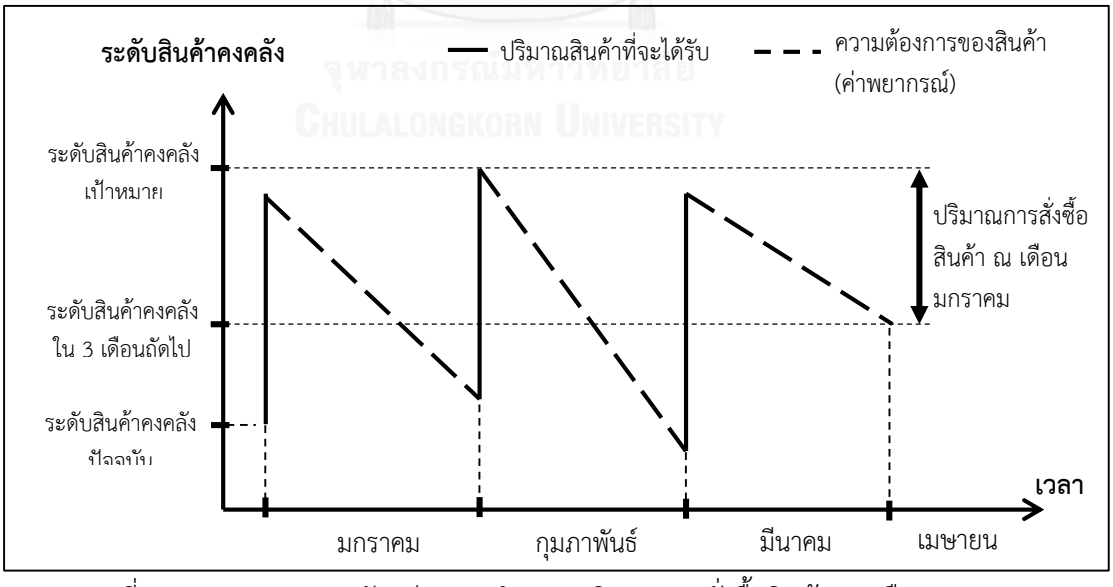
3.2.3 การเปรียบเทียบแผนการสั่งซื้อและกำไรรวมของสินค้า

เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถทดสอบแผนการสั่งซื้อสินค้ากับกรณีจริงได้ การทดสอบแผนการสั่งซื้อจึงเป็นการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบแผนการสั่งซื้อสินค้า โดยใช้ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายแบบพิจารณาการทดแทนของสินค้าตามวิธีการข้างต้น และแบบไม่พิจารณาการทดแทนของสินค้า โดยอนุมานข้อมูลยอดขายสินค้าย้อนหลังของบริษัทกรณีศึกษาในปี 2559 เป็นปริมาณความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พิจารณา แต่เนื่องจากสินค้ามีระยะเวลานำ 3 เดือน ดังนั้นเมื่อเริ่มต้นวางแผนคำสั่งซื้อในเดือนมกราคม จะได้รับสินค้าในเดือนเมษายน การทดสอบแผนการสั่งซื้อจึงจะเริ่มจากเดือนเมษายน ถึงเดือนธันวาคม 2559 รวม 9 เดือน โดยจะกำหนดให้ทำการส่งคำสั่งซื้อตอนต้นเดือน และอนุมานว่าสินค้าจะได้รับตอนต้นเดือนเช่นกัน

จากแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละรอบ จะเท่ากับผลต่างระหว่างระดับสินค้าคงคลังในรอบดังกล่าวกับระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย เนื่องจากระยะเวลานำของสินค้า จึงจำเป็นต้องมีการประมาณระดับสินค้าคงคลังในเวลา 3 เดือนข้างหน้า ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

ระดับสินค้าคงคลังใน 3 เดือนข้างหน้า = ระดับสินค้าคงคลังปัจจุบัน
+ ปริมาณสินค้าที่จะได้รับในช่วง 3 เดือน
– ผลรวมค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าในช่วง 3 เดือน

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ณ เดือนมกราคม แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ณ เดือนมกราคม

ในแต่ละเดือน เมื่อทราบระดับสินค้าคงคลังและความต้องการของสินค้าที่เกิดขึ้นจริงแล้ว ก็จะทราบว่ามีสินค้าเหลือหรือขาดมือเท่าใด (Excess/Loss Inventory) ถ้าหากมีสินค้าขาดมือก็จะทดแทนด้วยสินค้าชนิดอื่นตามระดับการทดแทนสินค้า และคำนวณผลกำไรของสินค้าแต่ละชนิด โดย

ผลกำไร = รายได้ – ค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนของสินค้า – ค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าคงคลัง – ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ

หรือสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$Profit_i = r_i \min(X_i, Q_i) - c_i Q_i - (c_i - s_i)(Q_i - X_i)^+ - p_i(X_i - Q_i)^+ \quad (25)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

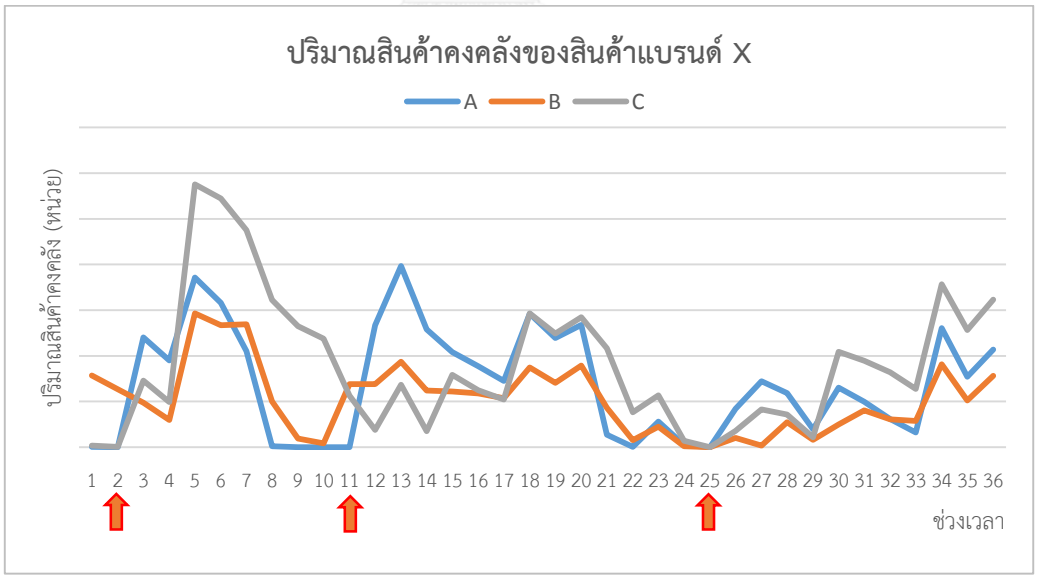
บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ข้อมูลสินค้า

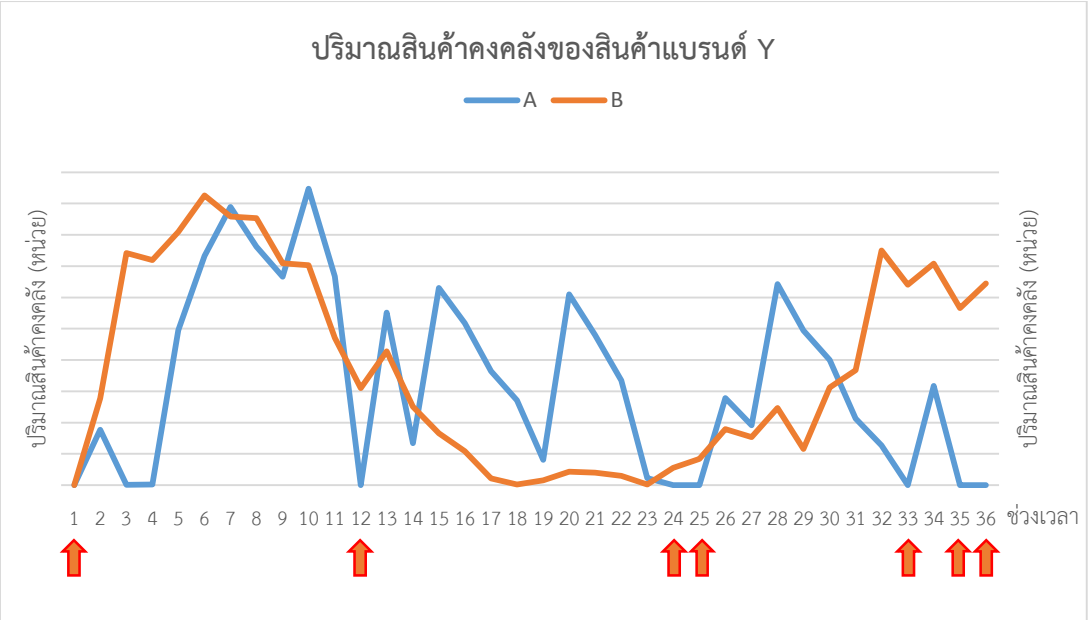
ในตอนต้นผู้วิจัยเลือกศึกษาสินค้า 5 ชนิดของบริษัทกรณีศึกษาที่ลูกค้ายอมรับการทดแทนสินค้า ได้แก่ แบรนด์ X จำนวน 3 ชนิด และแบรนด์ Y จำนวน 2 ชนิด แต่หลังจากรวบรวมข้อมูลยอดขายและสถานะคงคลังของสินค้าแล้ว พบว่าสินค้าแบรนด์ X มีการขาดมือ ณ เวลาที่ตรวจสอบสถานะน้อยมาก เพียง 3 ช่วงเวลาจาก 36 ช่วงเวลา และช่วงเวลาที่ 25 สินค้าขาดมือพร้อมกันทั้ง 3 ชนิด ทำให้ไม่สามารถนำช่วงเวลาดังกล่าวมาคำนวณได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 แม้ว่าจากการสอบถามผู้เกี่ยวข้องจะพบว่าสินค้ามีการขาดมือบ่อยครั้ง แต่อาจเป็นไปได้ว่า ณ เวลาที่ตรวจสอบไม่ตรงกับช่วงเวลาที่สินค้าขาด ในขณะที่แบรนด์ Y มีการขาดมือถึง 7 ช่วงเวลาจาก 36 ช่วงเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องลดชนิดสินค้าที่ศึกษาลง เหลือเพียงแบรนด์ Y 2 ชนิด จากนี้ผู้วิจัยจะอ้างอิงสินค้าดังนี้

A คือ สินค้าแบรนด์ Y ขนาด 100 กรัม

B คือ สินค้าแบรนด์ Y ขนาด 200 กรัม



รูปที่ 4.1 ปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้าแบรนด์ X ทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 4.2 ปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้าแบรนด์ Y ทั้ง 2 ชนิด

ยอดขายของสินค้าทั้ง 2 ชนิด เมื่อตรวจสอบด้วยโปรแกรม Arena พบว่ามีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ สินค้า A มีค่าเฉลี่ยความต้องการ 298.0 หน่วย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 195.3 หน่วย และสินค้า B มีค่าเฉลี่ยความต้องการ 5127.1 หน่วย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2675.6 หน่วย โดยผลการตรวจสอบข้อมูลยอดขายแสดงไว้ในภาคผนวก ก ส่วนข้อมูลราคาสินค้า ต้นทุนราคาสินค้า ต้นทุนสินค้าขาดมือ และราคาขายลดราคานั้น ผู้วิจัยไม่สามารถเปิดเผยได้ จึงแสดงไว้ในรูปของระดับการบริการที่เหมาะสม ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (17) โดยระดับการบริการของสินค้า A อยู่ที่ 85.1% และสินค้า B อยู่ที่ 66.1% และจากการสอบถามบริษัทกรณีศึกษา พบว่าบริษัทได้ประเมินส่วนแบ่งการตลาดของสินค้าในกลุ่มนี้ไว้ที่ประมาณ 80% ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดข้อมูลของสินค้าที่ศึกษา

	สินค้า A	สินค้า B
ค่าเฉลี่ยความต้องการ (หน่วย)	298.0	5127.1
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หน่วย)	195.3	2675.6
ระดับการบริการที่เหมาะสม (%)	85.1%	66.1%
ส่วนแบ่งการตลาด (%)	80%	

4.2 ผลการคำนวณระดับการทดแทนของสินค้า

จากการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้าได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งจะพบว่าสินค้า B มีคะแนนความชอบ 3.472 สูงกว่าสินค้า A ซึ่งมีคะแนนความชอบ 0.528 ค่อนข้างมาก สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยยอดขายของสินค้า B ที่สูงกว่าสินค้า A เมื่อนำมาคำนวณระดับการทดแทนของสินค้าพบว่าระดับการทดแทนสินค้า A ด้วยสินค้า B (a_{AB}) อยู่ที่ 77.6% และระดับการทดแทนสินค้า B ด้วยสินค้า A (a_{BA}) อยู่ที่ 34.6% แต่เนื่องจากกลุ่มลูกค้าที่ยอมรับการทดแทนของสินค้ามีเพียงกลุ่มร้านค้าปลีกทั่วไปเท่านั้น แต่ในการบริหารสินค้าคงคลังจำเป็นต้องพิจารณารวมในทุกกลุ่มลูกค้า ดังนั้นจึงต้องลดทอนระดับการทดแทนของสินค้าไปตามสัดส่วนยอดขายของกลุ่ม ซึ่งสินค้า A มีสัดส่วนยอดขายในกลุ่มร้านค้าปลีกทั่วไปต่อยอดขายทั้งหมดที่ประมาณ 53.5% และสินค้า B มีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณ 28.7% เมื่อปรับสัดส่วนแล้วจะได้ว่าระดับการทดแทนสินค้า A ด้วยสินค้า B (a_{AB}) อยู่ที่ 41.5% และระดับการทดแทนสินค้า B ด้วยสินค้า A (a_{BA}) อยู่ที่ 9.9% ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ค่าน้ำหนักความชอบของสินค้าที่คำนวณได้

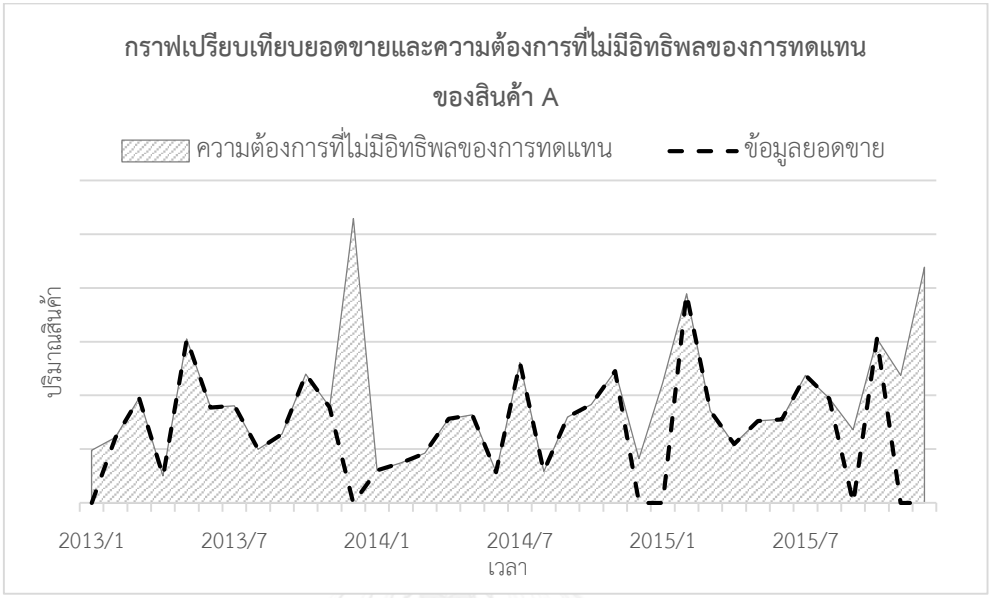
	สินค้า A	สินค้า B
ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสินค้า	0.528	3.472

ตารางที่ 4.3 ระดับการทดแทนของสินค้าที่คำนวณได้

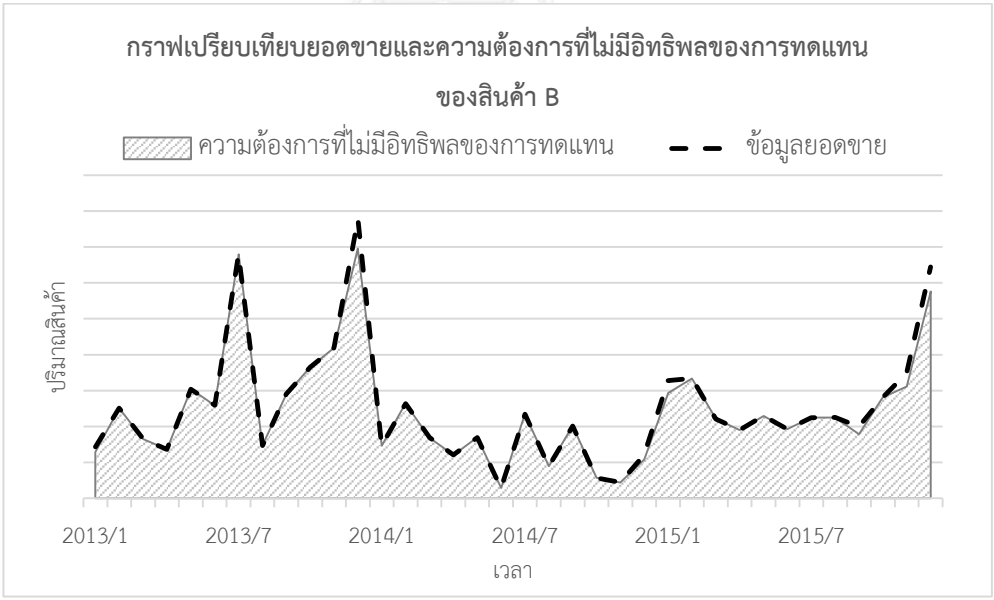
ระดับการทดแทนของสินค้า (a_{ij}) เฉพาะกลุ่มร้านค้าปลีกทั่วไป				**%ยอดขายของกลุ่มร้านค้าปลีกทั่วไป**	**ระดับการทดแทนของสินค้า (a_{ij})** รวมทุกกลุ่มลูกค้า			
		j					j	
		สินค้า A	สินค้า B				สินค้า A	สินค้า B
i	สินค้า A	0	77.6%	53.5%	i	สินค้า A	0	41.5%
	สินค้า B	34.6%	0	28.7%		สินค้า B	9.9%	0

ซึ่งหากพิจารณาลักษณะสินค้าจะพบว่า สินค้า B เป็นสินค้าที่ขนาดหีบห่อใหญ่กว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกับราคาจะมีความคุ้มค่ากว่าสินค้า A ทำให้สินค้า B เป็นสินค้าที่มียอดขายสูงกว่าสินค้า A มาก (ขายดีกว่า) ดังข้อมูลในตารางที่ 4.1 ดังนั้นเมื่อสินค้าขาด ลูกค้าจึงมีสัดส่วนการทดแทนด้วยสินค้า B สูงกว่า

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความต้องการของสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนได้ด้วย โดยกราฟเปรียบระหว่างความต้องการของสินค้าที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนและข้อมูลยอดขาย แสดงในรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบยอดขายและความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนของสินค้า A



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบยอดขายและความต้องการที่ไม่มีอิทธิพลของการทดแทนของสินค้า B

เมื่อพิจารณาข้อมูลยอดขายจะพบว่าสินค้า A เกิดการขาดมือค่อนข้างบ่อย ในขณะที่สินค้า B ไม่เกิดการขาดมือเลยในช่วงเวลาที่ศึกษา เนื่องจากโดยปกติแล้วสินค้า B ถือเป็นสินค้าที่มียอดขายสูง เดิมบริษัทฯ จึงรักษาระดับบริการของสินค้าชนิดนี้ไว้ที่ 100% แต่จากข้อมูลของสินค้าจะสามารถ

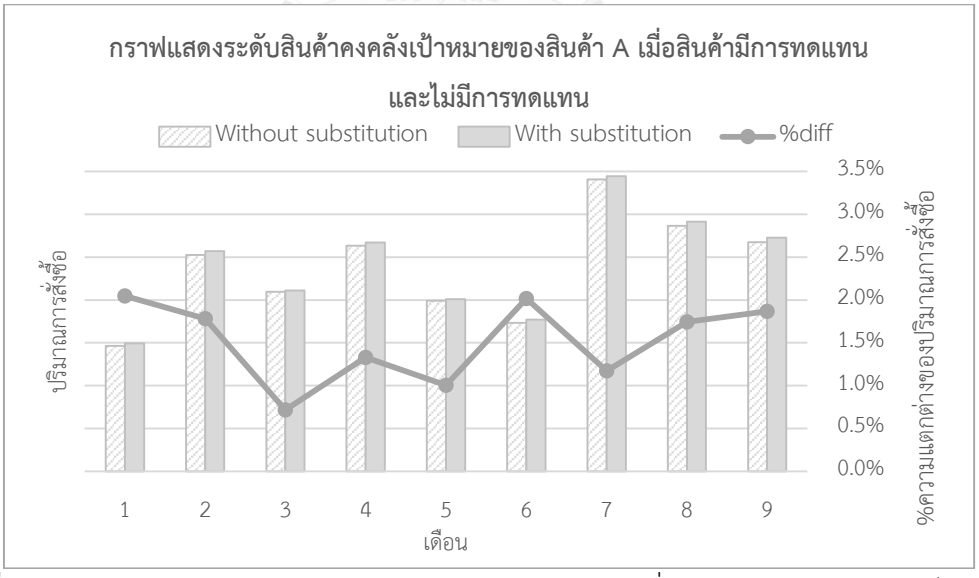
คำนวณระดับบริการที่เหมาะสมของสินค้า B ได้ที่ 66.1% เนื่องจากสินค้ามีมูลค่าสูง ทำให้ต้นทุนค่าถือครองสินค้าสูง แต่สามารถจำหน่ายได้กำไรน้อยเมื่อเทียบกับต้นทุน อันเนื่องมาจากสภาพการแข่งขันด้านราคาในตลาด ทำให้ต้นทุนสินค้าขาดมือต่ำ อีกทั้งบริษัทฯ มีการตั้งเกณฑ์วัดประสิทธิผลด้วยยอดขายของสินค้า ไม่ใช่ผลกำไร ทำให้นโยบายการบริหารสินค้าคงคลังเดิมกำหนดระดับการบริการของสินค้า B ไว้สูงมาก แต่สินค้า A ที่ควรรักษาระดับการบริการที่ 85.1% กลับขาดมือบ่อยครั้ง

4.3 ผลการทดสอบแผนการสั่งซื้อ

เนื่องจากแต่เดิมบริษัทกรณีศึกษาไม่ได้มีการวางแผนการสั่งซื้อ และผู้วิจัยไม่สามารถทดสอบแผนการสั่งซื้อสินค้ากับกรณีจริงได้ การทดสอบจึงเป็นการจำลองสถานการณ์ทั้งกรณีมีการทดแทนของสินค้าและไม่มีการทดแทนของสินค้าเพื่อเปรียบเทียบผลกำไร โดยอนุมานข้อมูลยอดขายสินค้าย้อนหลังของบริษัทกรณีศึกษาในปี 2559 เป็นปริมาณความต้องการของสินค้า เริ่มจากเดือนเมษายนถึงเดือนธันวาคม 2559 รวม 9 เดือน โดยจะกำหนดให้ทำการส่งคำสั่งซื้อตอนต้นเดือน และอนุมานว่าสินค้าจะได้รับตอนต้นเดือนเช่นกัน ผลการทดสอบแผนการสั่งซื้อจะแบ่งเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

4.3.1 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย

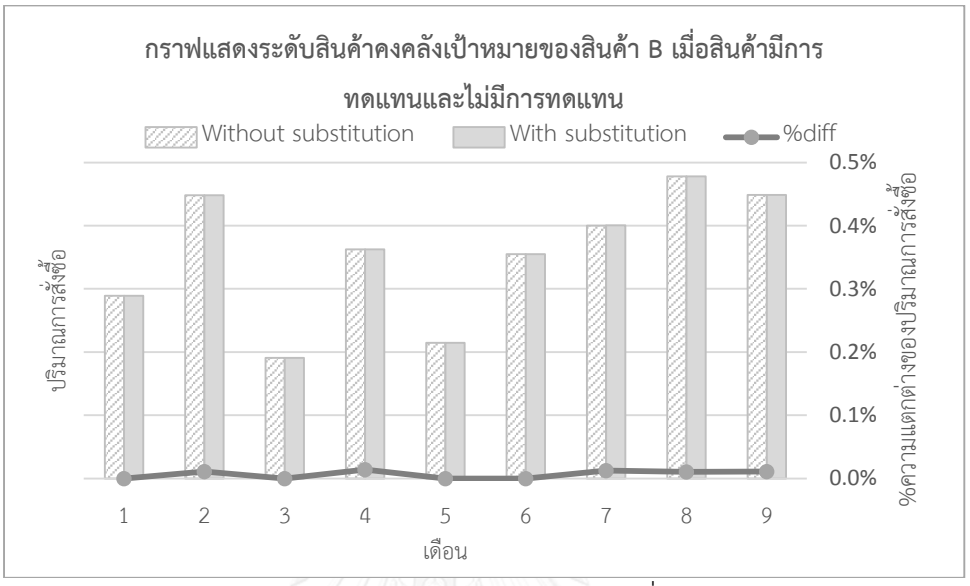
จากการทดสอบแผนการสั่งซื้อ พบว่าเมื่อสินค้ามีการทดแทน ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายจะสูงกว่าเมื่อสินค้าไม่มีการทดแทนเฉลี่ยประมาณ 0.5% - 2% สำหรับสินค้า A ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A เมื่อสินค้ามีการทดแทนและไม่มีการทดแทน

แต่สำหรับสินค้า B ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้าทั้ง 2 กรณีแทบจะไม่แตกต่างกัน แม้ว่าระดับการทดแทนด้วยสินค้า B จะสูงมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.6 เนื่องจากสินค้า A มียอดขายต่ำ

กว่าสินค้า B มาก (ประมาณ 6% ของยอดขายสินค้า B) อีกทั้งยังมีระดับการบริการที่สูงถึง 85.1% ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนั้นปริมาณสินค้าที่จะทดแทนด้วยสินค้า B จึงเป็นสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับยอดขายของสินค้า B



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B เมื่อสินค้ามีการทดแทนและไม่มีการทดแทน

ผู้วิจัยจึงศึกษาความสัมพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายกับระดับการทดแทนของสินค้าเพิ่มเติม โดยทดลองเปลี่ยนค่าระดับการทดแทนของสินค้าจาก 0% ถึง 100% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

1) เมื่อสินค้า B ทดแทนสินค้า A ได้มากขึ้น (a_{AB} เพิ่มขึ้น) ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B จะเพิ่มขึ้น ส่วนสินค้า A ไม่เปลี่ยนแปลง
2) เมื่อสินค้า A ทดแทนสินค้า B ได้มากขึ้น (a_{BA} เพิ่มขึ้น) ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A จะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ส่วนระดับสินค้าคงคลังของสินค้า B จะลดลง (เมื่อเทียบกับระดับการทดแทนที่ต่ำกว่า แต่อย่างไรระดับสินค้าคงคลังก็จะมากกว่าหรือเท่ากับกรณีไม่มีการทดแทนของสินค้าเสมอ)
3) จาก 9 เดือนที่ทดสอบแผนการสั่งซื้อ มี 1 เดือนที่ระดับสินค้าคงคลังของสินค้า B ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะปรับค่าระดับการทดแทนของสินค้าเป็นเท่าใดก็ตาม สาเหตุอาจจะเป็นเพราะปริมาณความต้องการสินค้า A ในเดือนดังกล่าวน้อยกว่าเดือนอื่นๆ ทำให้ปริมาณสินค้าที่คาดว่าจะขาดมือน้อยจนไม่ส่งผลต่อความต้องการของสินค้า B

ตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 แสดงตัวอย่างผลการศึกษาระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายในเดือนที่ 7 ส่วนผลการศึกษาทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก

ตารางที่ 4.4 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A ในเดือนที่ 7 ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

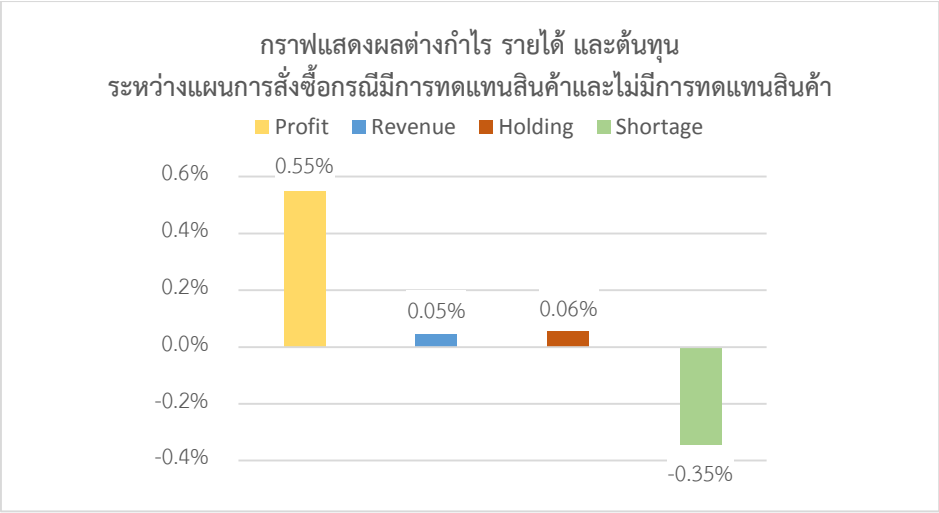
Order-up-to Level of Product A in 7th month												
a_{AB}	100%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	90%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	80%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	70%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	60%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	50%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	40%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	30%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	20%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	10%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	0	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.5 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B ในเดือนที่ 7 ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

Order-up-to Level of Product B in 7th month												
a_{AB}	100%	8006	8006	8006	8006	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005
	90%	8006	8006	8006	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005	8005
	80%	8006	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005
	70%	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005
	60%	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005
	50%	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8004
	40%	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8004	8004	8004
	30%	8005	8005	8005	8005	8005	8004	8004	8004	8004	8004	8004
	20%	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004
	10%	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004
	0	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

4.3.2 ผลกำไรและต้นทุน

จากการคำนวณผลกำไรและต้นทุนของสินค้า ผลกำไรรวมของแผนการสั่งซื้อกรณีพิจารณาสินค้าทดแทนมากกว่ากรณีไม่พิจารณาสินค้าทดแทน 0.55% ซึ่งเป็นผลมาจากระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่สูงขึ้น ทำให้สามารถรองรับความต้องการได้มากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากรายได้ที่เพิ่มขึ้น 0.05% และต้นทุนค่าถือครองสินค้าเพิ่มขึ้น 0.06% ด้วย แต่ต้นทุนสินค้าขาดมือลดลงถึง 0.35% ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลต่างกำไร รายได้ และต้นทุน ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า

ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าสาเหตุที่กำไรเพิ่มขึ้นเพียง 0.55% อาจเกิดจากระดับการทดแทนสินค้าที่ทดแทนได้น้อย ผู้วิจัยจึงทดลองปรับค่าระดับการทดแทนสินค้าเพื่อศึกษาผลต่างกำไรอีกครั้ง รวมถึงศึกษารายได้ ต้นทุนรวม ต้นทุนค่าถือครองสินค้า และต้นทุนสินค้าขาดมือ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.10 โดยพบว่า

1) ผลกำไรสามารถเพิ่มขึ้นได้มากที่สุดถึง 6.41% เทียบกับกรณีที่สินค้าไม่มีการทดแทน

2) ส่วนใหญ่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลต่างกำไรเพิ่มมากขึ้น

3) หากสินค้า A ทดแทนสินค้า B ได้มากขึ้น (a_{BA} เพิ่มขึ้น) จะทำให้ผลต่างกำไรเพิ่มขึ้นเสมอ

4) กรณีสินค้า B ทดแทนสินค้า A ผลกำไรจะขึ้นอยู่กับระดับการทดแทนสินค้า B ด้วยสินค้า A (a_{BA}) ด้วย

4.1) ถ้าสินค้า A ทดแทนสินค้า B (a_{BA}) ได้ 0% - 70% เมื่อสินค้า B ทดแทนสินค้า A ได้มากขึ้น (a_{AB} เพิ่มขึ้น) ผลต่างกำไรจะเพิ่มขึ้นเสมอ

4.2) ถ้าสินค้า A ทดแทนสินค้า B (a_{BA}) ได้ 80% - 100% เมื่อสินค้า A ทดแทนสินค้า B ได้มากขึ้น (a_{AB} เพิ่มขึ้น) ผลต่างกำไรจะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งและจะเริ่มลดลง ทำให้ผลกำไรสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อ a_{BA} = 100% และ a_{AB} = 20%

5) ในกรณีที่มีการทดแทนเพียงทางเดียว (ระดับการทดแทนตัวใดตัวหนึ่งเป็น 0%) อาจมีบางกรณีที่การวางแผนสั่งซื้อสินค้าโดยไม่พิจารณาการทดแทนอาจจะให้ผลกำไรดีกว่า

6) รายได้ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลกำไร นั่นคือรายได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนสูงขึ้น ยกเว้นกรณีที่สินค้า A ทดแทนสินค้า B (a_{BA}) ได้ 90% - 100% เมื่อสินค้า A ทดแทนสินค้า B ได้มากขึ้น (a_{AB} เพิ่มขึ้น) ผลต่างรายได้จะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งและจะเริ่มลดลง

7) ต้นทุนสินค้าขาดมือก็ผลลัพธ์สอดคล้องกับผลกำไร และผลต่างต้นทุนสินค้าขาดมือต่ำที่สุดเกิดขึ้น เมื่อ a_{BA} = 100% และ a_{AB} = 20%

8) ต้นทุนรวม ได้แก่ ต้นทุนราคาสินค้า ต้นทุนค่าถือครองสินค้า และต้นทุนสินค้าขาดมือ จะเพิ่มขึ้นเมื่อสินค้า A ทดแทนสินค้า B ได้มากขึ้นเสมอ แต่ส่วนใหญ่แล้วต้นทุนรวมจะลดลงเมื่อสินค้า B ทดแทนสินค้า A ได้มากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อสินค้า A ทดแทนสินค้า B ได้สูง (a_{BA} มีค่าสูง) ทำให้ต้นทุนรวมสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อสินค้า A ทดแทนสินค้า B (a_{BA}) ได้ 100% และสินค้า B ไม่สามารถทดแทนสินค้า A ได้ (a_{AB} = 0%)

9) ผลในข้อ 6 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ZVI et. al (1995) ที่ว่าการทดแทนทั้งหมดไม่ใช่กรณีที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด แต่แม้ว่าต้นทุนจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนสูงขึ้น แต่รายได้ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้ได้ผลกำไรเพิ่มขึ้น

จะเห็นว่ากรณีทั้งสินค้า A และสินค้า B ทดแทนกันได้ทั้งหมด (ระดับการทดแทนเท่ากับ 100% ทั้งคู่) ไม่ใช่กรณีที่ให้ผลต่างกำไรสูงที่สุด เมื่อพิจารณาลักษณะของสินค้าพบว่า สินค้า A มีอัตราส่วนค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดมือต่อค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า (Shortage cost : Holding cost) สูง ซึ่งเห็นได้จากระดับการบริการที่เหมาะสมที่คำนวณได้ในตารางที่ 4.1 แม้ว่าจะมียอดขายน้อย ดังนั้น หากสินค้า A สามารถทดแทนสินค้า B ได้มาก โอกาสจะสร้างผลกำไรจากสินค้า A ก็จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่สินค้า B แม้จะเป็นสินค้าขายดี แต่ก็ทำให้มีการแข่งขันแย่งชิงส่วนแบ่งการตลาดสูงมากเช่นกัน ทำให้บริษัทต้องลดสัดส่วนผลกำไรของสินค้าลงเพื่อแข่งขันทางราคา ทำให้อัตราส่วนค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดมือต่อค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าต่ำ หากสินค้า B ทดแทนสินค้า A ได้มาก ระดับสินค้าคงคลังของสินค้า B ก็จะสูงขึ้น ทำให้โอกาสที่จะเกิดค่าใช้จ่ายเมื่อมีสินค้าเหลือเพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลกำไรที่ได้กลับมานั้นไม่คุ้มค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 4.6 ผลต่างกำไร ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

%Difference of PROFIT between policy with and without substitution												
a_{AB}	100%	0.00%	0.63%	1.43%	2.18%	2.91%	3.48%	3.98%	4.41%	4.89%	5.32%	5.80%
	90%	-0.05%	0.64%	1.41%	2.11%	2.82%	3.35%	3.88%	4.39%	4.90%	5.36%	5.87%
	80%	0.01%	0.65%	1.37%	2.05%	2.69%	3.27%	3.83%	4.36%	4.90%	5.40%	5.96%
	70%	0.02%	0.64%	1.29%	1.94%	2.60%	3.18%	3.78%	4.34%	4.86%	5.42%	6.03%
	60%	-0.02%	0.58%	1.25%	1.88%	2.51%	3.10%	3.72%	4.27%	4.89%	5.46%	6.10%
	50%	-0.02%	0.57%	1.20%	1.81%	2.42%	2.96%	3.64%	4.27%	4.90%	5.50%	6.18%
	40%	-0.02%	0.55%	1.15%	1.69%	2.31%	2.90%	3.59%	4.24%	4.91%	5.54%	6.27%
	30%	-0.07%	0.51%	1.09%	1.65%	2.22%	2.83%	3.57%	4.25%	4.94%	5.61%	6.34%
	20%	-0.03%	0.52%	1.08%	1.62%	2.16%	2.77%	3.51%	4.23%	4.95%	5.65%	6.41%
	10%	0.00%	0.51%	1.01%	1.27%	1.52%	1.76%	2.00%	2.25%	2.51%	2.85%	3.21%
	0	0.00%	0.49%	-0.06%	-0.08%	-0.10%	-0.14%	-0.15%	-0.17%	-0.16%	-0.20%	-0.22%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.7 ผลต่างรายได้ ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

%Difference of REVENUE between policy with and without substitution												
a_{AB}	100%	0.01%	0.06%	0.11%	0.16%	0.22%	0.26%	0.31%	0.35%	0.39%	0.43%	0.48%
	90%	0.00%	0.05%	0.11%	0.16%	0.21%	0.26%	0.30%	0.35%	0.39%	0.43%	0.48%
	80%	0.00%	0.05%	0.11%	0.16%	0.20%	0.25%	0.30%	0.35%	0.39%	0.44%	0.48%
	70%	0.00%	0.05%	0.10%	0.15%	0.20%	0.25%	0.30%	0.34%	0.39%	0.44%	0.49%
	60%	0.00%	0.05%	0.10%	0.15%	0.19%	0.24%	0.29%	0.34%	0.39%	0.44%	0.49%
	50%	0.00%	0.05%	0.09%	0.14%	0.19%	0.23%	0.29%	0.34%	0.39%	0.44%	0.50%
	40%	0.00%	0.05%	0.09%	0.13%	0.18%	0.23%	0.28%	0.34%	0.39%	0.44%	0.50%
	30%	0.00%	0.04%	0.09%	0.13%	0.17%	0.22%	0.28%	0.33%	0.39%	0.44%	0.50%
	20%	0.00%	0.04%	0.08%	0.13%	0.17%	0.22%	0.28%	0.33%	0.39%	0.45%	0.51%
	10%	0.00%	0.04%	0.08%	0.11%	0.13%	0.16%	0.19%	0.21%	0.24%	0.27%	0.31%
	0	0.00%	0.04%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%	0.10%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.8 ผลต่างของต้นทุนรวม ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

%Difference of TOTAL COST between policy with and without substitution												
a_{AB}	100%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.03%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	90%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	80%	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	70%	0.00%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	60%	0.00%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	50%	0.00%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	40%	0.00%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	30%	0.00%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.04%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	20%	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%
	10%	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%	0.10%
	0	0.00%	0.01%	0.02%	0.04%	0.05%	0.06%	0.07%	0.08%	0.09%	0.11%	0.12%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.9 ผลต่างของต้นทุนค่าถือครองสินค้า ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

%Difference of HOLDING COST between policy with and without substitution												
a_{AB}	100%	0.01%	0.07%	0.11%	0.16%	0.20%	0.29%	0.43%	0.59%	0.74%	0.88%	1.02%
	90%	0.02%	0.07%	0.10%	0.15%	0.20%	0.30%	0.45%	0.59%	0.73%	0.87%	1.02%
	80%	0.01%	0.06%	0.10%	0.15%	0.21%	0.30%	0.44%	0.59%	0.73%	0.87%	1.03%
	70%	0.00%	0.05%	0.10%	0.16%	0.21%	0.30%	0.43%	0.58%	0.75%	0.88%	1.03%
	60%	0.01%	0.06%	0.10%	0.15%	0.20%	0.29%	0.43%	0.60%	0.74%	0.88%	1.03%
	50%	0.01%	0.06%	0.10%	0.15%	0.20%	0.31%	0.45%	0.59%	0.74%	0.88%	1.02%
	40%	0.01%	0.06%	0.10%	0.17%	0.21%	0.30%	0.45%	0.59%	0.73%	0.87%	1.01%
	30%	0.02%	0.07%	0.11%	0.16%	0.21%	0.29%	0.43%	0.58%	0.72%	0.86%	1.01%
	20%	0.01%	0.05%	0.09%	0.15%	0.20%	0.29%	0.43%	0.58%	0.72%	0.86%	1.01%
	10%	0.00%	0.05%	0.10%	0.18%	0.27%	0.36%	0.44%	0.52%	0.61%	0.73%	0.86%
	0	0.00%	0.05%	0.14%	0.21%	0.27%	0.34%	0.41%	0.48%	0.54%	0.61%	0.68%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.10 ผลต่างของต้นทุนสินค้าขาดมือ ระหว่างแผนการสั่งซื้อกรณีมีการทดแทนสินค้าและไม่มีการทดแทนสินค้า ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

%Difference of SHORTAGE COST between policy with and without substitution												
a_{AB}	100%	-0.03%	-0.40%	-0.80%	-1.18%	-1.57%	-1.94%	-2.30%	-2.65%	-3.01%	-3.36%	-3.72%
	90%	-0.02%	-0.39%	-0.78%	-1.16%	-1.54%	-1.89%	-2.27%	-2.64%	-3.01%	-3.37%	-3.74%
	80%	-0.02%	-0.38%	-0.76%	-1.13%	-1.49%	-1.86%	-2.25%	-2.63%	-3.01%	-3.38%	-3.77%
	70%	-0.02%	-0.38%	-0.74%	-1.10%	-1.46%	-1.83%	-2.23%	-2.62%	-3.00%	-3.38%	-3.79%
	60%	-0.01%	-0.36%	-0.72%	-1.07%	-1.43%	-1.80%	-2.21%	-2.60%	-3.00%	-3.39%	-3.82%
	50%	-0.01%	-0.35%	-0.70%	-1.05%	-1.39%	-1.75%	-2.18%	-2.59%	-3.00%	-3.41%	-3.84%
	40%	-0.01%	-0.34%	-0.69%	-1.01%	-1.35%	-1.72%	-2.15%	-2.58%	-3.00%	-3.42%	-3.86%
	30%	0.00%	-0.33%	-0.66%	-0.99%	-1.32%	-1.69%	-2.13%	-2.56%	-3.00%	-3.43%	-3.88%
	20%	0.00%	-0.32%	-0.64%	-0.96%	-1.28%	-1.66%	-2.11%	-2.55%	-3.00%	-3.44%	-3.90%
	10%	0.00%	-0.31%	-0.62%	-0.83%	-1.04%	-1.26%	-1.46%	-1.67%	-1.88%	-2.16%	-2.43%
	0	0.00%	-0.31%	-0.16%	-0.24%	-0.31%	-0.39%	-0.47%	-0.55%	-0.64%	-0.72%	-0.80%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

4.3.3 ระดับการบริการ

หากวัดระดับการบริการด้วยจำนวนช่วงเวลาที่มีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการ (Type 1) แผนการสั่งซื้อกรณีที่มีสินค้าทดแทนทำให้สินค้า A มีระดับการบริการ 77.8% ส่วนสินค้า B มีระดับการบริการ 55.6% ซึ่งไม่แตกต่างกับแผนการสั่งซื้อกรณีไม่มีสินค้าทดแทน ดังแสดงในตารางที่ 4.11 เมื่อทดลองปรับระดับการทดแทนของสินค้าจะพบว่า สินค้า A จะมีระดับการบริการเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้น ส่วนสินค้า B ระดับการบริการไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13 ทั้งนี้เนื่องจากว่า แม้ระดับการทดแทนของสินค้าจะเพิ่มขึ้น แต่ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B เพิ่มขึ้นน้อยมาก ไม่สามารถครอบคลุมปริมาณสินค้าที่ขาดมือได้ ในขณะที่สินค้า A ถ้าระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง จะสามารถครอบคลุมความต้องการของสินค้าจนไม่เกิดการขาดมือได้

แต่ถ้าหากวัดระดับการบริการด้วยปริมาณสินค้าที่สามารถส่งมอบได้ (Type 2) แผนการสั่งซื้อกรณีที่มีสินค้าทดแทนทำให้สินค้า A มีระดับการบริการ 97.5% เพิ่มขึ้นจากแผนการสั่งซื้อกรณีไม่มีสินค้าทดแทน 0.4% ส่วนสินค้า B มีระดับการบริการ 82.7% เพิ่มขึ้น 0.04% และเมื่อทดลองปรับระดับการทดแทนของสินค้าจะพบว่า ทั้งสินค้า A และสินค้า B จะมีระดับการบริการเพิ่มขึ้น เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.11 ระดับการบริการ Type 1 และ Type 2 ของสินค้า จากแผนการสั่งซื้อทั้งกรณีมีสินค้าทดแทนและไม่มีสินค้าทดแทน

สินค้า	ระดับการบริการ Type 1		ระดับการบริการ Type 2	
	มีสินค้าทดแทน	ไม่มีสินค้าทดแทน	มีสินค้าทดแทน	ไม่มีสินค้าทดแทน
A	77.8%	77.8%	97.5%	82.69%
B	55.6%	55.6%	97.1%	82.65%

ตารางที่ 4.12 ระดับการบริการ (Type 1) ของสินค้า A ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

Service level (Type 1) of product A at different substitutability												
a_{AB}	100%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	90%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	80%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	70%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	60%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	50%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	40%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	30%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	20%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
	10%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%
	0	77.8%	77.8%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%	88.9%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.13 ระดับการบริการ (Type 1) ของสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

Service level (Type 1) of product B at different substitutability												
a_{AB}	100%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	90%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	80%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	70%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	60%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	50%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	40%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	30%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	20%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	10%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
	0	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%	55.6%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.14 ระดับการบริการ (Type 2) ของสินค้า A ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

Service level (Type 2) of product A at different substitutability												
a_{AB}	100%	97.5%	98.1%	98.6%	99.2%	99.7%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	90%	97.4%	98.0%	98.5%	99.0%	99.5%	99.8%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	100.0%
	80%	97.4%	97.9%	98.4%	98.9%	99.4%	99.7%	99.7%	99.8%	99.8%	99.9%	100.0%
	70%	97.3%	97.8%	98.3%	98.7%	99.2%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%	100.0%
	60%	97.2%	97.7%	98.1%	98.6%	99.0%	99.3%	99.4%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%
	50%	97.1%	97.6%	98.0%	98.4%	98.8%	99.2%	99.3%	99.5%	99.6%	99.8%	99.9%
	40%	97.1%	97.5%	97.9%	98.3%	98.7%	99.0%	99.2%	99.3%	99.5%	99.7%	99.9%
	30%	97.0%	97.4%	97.8%	98.1%	98.5%	98.8%	99.0%	99.2%	99.5%	99.7%	99.9%
	20%	96.9%	97.3%	97.6%	98.0%	98.3%	98.7%	98.9%	99.1%	99.4%	99.6%	99.9%
	10%	96.8%	97.2%	97.5%	97.8%	98.1%	98.4%	98.7%	99.0%	99.3%	99.6%	99.9%
	0	96.6%	97.1%	91.8%	92.1%	92.3%	92.5%	92.8%	93.0%	93.3%	93.5%	93.7%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

ตารางที่ 4.15 ระดับการบริการ (Type 2) ของสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆ

Service level (Type 2) of product B at different substitutability												
a_{AB}	100%	97.5%	98.1%	98.6%	99.2%	99.7%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	90%	97.4%	98.0%	98.5%	99.0%	99.5%	99.8%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0	100.0
	80%	97.4%	97.9%	98.4%	98.9%	99.4%	99.7%	99.7%	99.8%	99.8%	99.9%	100.0
	70%	97.3%	97.8%	98.3%	98.7%	99.2%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%	100.0
	60%	97.2%	97.7%	98.1%	98.6%	99.0%	99.3%	99.4%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%
	50%	97.1%	97.6%	98.0%	98.4%	98.8%	99.2%	99.3%	99.5%	99.6%	99.8%	99.9%
	40%	97.1%	97.5%	97.9%	98.3%	98.7%	99.0%	99.2%	99.3%	99.5%	99.7%	99.9%
	30%	97.0%	97.4%	97.8%	98.1%	98.5%	98.8%	99.0%	99.2%	99.5%	99.7%	99.9%
	20%	96.9%	97.3%	97.6%	98.0%	98.3%	98.7%	98.9%	99.1%	99.4%	99.6%	99.9%
	10%	96.8%	97.2%	97.5%	97.8%	98.1%	98.4%	98.7%	99.0%	99.3%	99.6%	99.9%
	0	81.5%	97.1%	91.8%	92.1%	92.3%	92.5%	92.8%	93.0%	93.3%	93.5%	93.7%
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{BA}										

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการบริหารสินค้าคงคลังเมื่อสินค้ามีการทดแทนกัน ของบริษัทนำเข้าสินค้าอุปโภคบริโภคจากต่างประเทศ ซึ่งสินค้าที่ศึกษาได้แก่สินค้าประเภทกาแฟสำเร็จรูปที่มีส่วนแบ่งยอดขายในบริษัทค่อนข้างสูง แต่ก็มีการแข่งขันในตลาดสูงและมีระยะเวลานำนานถึง 3 เดือนเนื่องจากสินค้าประเภทนี้มักจะนำเข้าจากแถบยุโรป ที่ผ่านมาบริษัทบริหารสินค้าคงคลังโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงาน ไม่ได้มีนโยบายที่ชัดเจน บริษัทจึงมักประสบปัญหาทั้งสินค้าขาดมือและสินค้ามากเกินความต้องการ

สินค้าประเภทกาแฟมีความหลากหลายสูงมากและมักจะสามารถทดแทนกันเองได้ ซึ่งการทดแทนของสินค้าจะช่วยลดความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้าและช่วยให้ระดับการบริการดีขึ้นได้ ดังนั้นหากสามารถพิจารณาการทดแทนของสินค้าในการบริหารสินค้าคงคลัง จะช่วยให้สามารถตอบสนองความต้องการของสินค้าได้ดีขึ้น ลดปริมาณสินค้าขาดมือ ช่วยให้ระดับการบริการดีขึ้น และมีผลกำไรมากขึ้น

ในการบริหารสินค้าคงคลังเมื่อสินค้ามีการทดแทนกัน จำเป็นที่จะต้องทราบระดับการทดแทนกันของสินค้าก่อน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้วิธีการสัมภาษณ์ลูกค้าโดยตรง แต่ในงานวิจัยนี้จะเป็นการคำนวณระดับการทดแทนของสินค้าจากข้อมูลยอดขายและสถานะของสินค้าคงคลังรายเดือนย้อนหลังตั้งแต่ปี 2556 – 2558 เป็นระยะเวลา 3 ปี (36 ช่วงเวลา) สินค้าที่เลือกมาศึกษา 2 ชนิด เป็นกาแฟสำเร็จรูปแบรนด์เดียวกัน ชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดหีบห่อต่างกัน ซึ่งเลือกมาจากสินค้าที่มียอดขายสูงในบริษัทกรณีศึกษา มีการสำรวจเบื้องต้นว่าลูกค้ามีพฤติกรรมซื้อสินค้าทั้ง 2 ชนิดทดแทนกันจริง และมีข้อมูลเพียงพอในการคำนวณ

จากการทบทวนวรรณกรรมไม่พบว่ามีการศึกษาวิธีประเมินระดับการทดแทนกันของสินค้าโดยตรงมาก่อน ผู้วิจัยจึงประยุกต์จากงานวิจัยที่ศึกษารูปแบบการเลือกซื้อสินค้าของลูกค้า โดยงานวิจัยที่ใกล้เคียงกับกรณีของบริษัทกรณีศึกษาได้แก่ งานวิจัยของ Vulcano et al., (2012) ซึ่งอนุมานว่าลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าตาม “น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า” และเมื่อสินค้าชนิดหนึ่งหมดลูกค้าก็จะเปลี่ยนไปเลือกซื้อสินค้าอื่นทดแทนตามสัดส่วนน้ำหนักความชอบของสินค้าเช่นกัน ระเบียบวิธีในงานวิจัยดังกล่าวไม่ซับซ้อน โดยสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยโปรแกรมพื้นฐาน Microsoft Excel

เมื่อทราบระดับการทดแทนกันของสินค้าแล้ว จึงนำมาวางแผนการสั่งซื้อสินค้า โดยอ้างอิงการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่มีการทดแทนจากงานวิจัยของ Huang et al., (2011) ซึ่งใช้

แบบจำลองการสั่งซื้อครั้งเดียว (Newsvendor Model) และมีแนวคิดที่ว่าปริมาณความต้องการของสินค้าจะเพิ่มขึ้นจากการทดแทนจากสินค้าอื่นที่อาจจะขาดมือ โดยสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เช่นกัน แต่ด้วยเงื่อนไขของผู้ผลิตที่กำหนดให้บริษัทกรณีศึกษาสั่งซื้อสินค้าได้เป็นรอบเท่านั้น แบบจำลองการบริหารสินค้าคงคลังของบริษัทจึงเป็นแบบจำลองระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย (Order-up-to Level) ผู้วิจัยจึงประยุกต์ให้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่คำนวณได้จากงานวิจัยของ Huang et al., (2011) เป็นระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษาแทน

การทดสอบแผนการสั่งซื้อสินค้าจะเป็นการจำลองสถานการณ์โดยใช้ยอดขายย้อนหลังในปี 2559 เป็นระยะเวลา 1 ปี แทนความต้องการของสินค้า โดยเปรียบเทียบผลกำไร รายได้ ต้นทุนค่าถือครองสินค้า ต้นทุนสินค้าขาดมือ ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย และระดับการบริการ ระหว่างแผนการสั่งซื้อที่มีการพิจารณาสินค้าทดแทน และแผนการสั่งซื้อที่ไม่มีการพิจารณาสินค้าทดแทน

จากการรวบรวมข้อมูลของสินค้าพบว่า สินค้าที่มีขนาดหีบห่อใหญ่กว่าจะมียอดขายสูงกว่าสินค้าที่มีขนาดหีบห่อเล็ก เนื่องจากสินค้าขนาดใหญ่มักจะมีความคุ้มค่ามากกว่า ผู้บริโภคจึงนิยมซื้อขนาดใหญ่ แต่เนื่องจากสินค้าขนาดใหญ่เป็นสินค้าขายดีในท้องตลาด ทำให้มีการแข่งขันแย่งชิงส่วนแบ่งการตลาดสูงมากเช่นกัน บริษัทจึงต้องลดสัดส่วนผลกำไรของสินค้า (% margin) ลงเพื่อแข่งขันด้านราคา ในขณะที่สินค้าขนาดเล็กแม้จะไม่เป็นที่นิยมเท่า แต่ก็มีการแข่งขันน้อยกว่า จึงสามารถกำหนดสัดส่วนผลกำไรได้สูงกว่า ค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดมือของสินค้าขนาดเล็กจึงมากกว่าสินค้าขนาดใหญ่ อีกทั้งสินค้าขนาดใหญ่มีราคาสูงกว่า ต้นทุนค่าถือครองสินค้าของสินค้าขนาดใหญ่จะสูงกว่าสินค้าขนาดเล็ก ดังนั้นระดับการบริการที่เหมาะสมของสินค้าขนาดเล็กจึงสูงกว่าสินค้าขนาดใหญ่ (85.1% และ 66.1% ตามลำดับ)

ผลจากการประเมินระดับการทดแทนของสินค้าพบว่าระดับการทดแทนของสินค้าจะสัมพันธ์กับยอดขายของสินค้า โดยสินค้าขนาดเล็กจะสามารถทดแทนสินค้าขนาดใหญ่ได้เป็นสัดส่วนน้อย (9.9%) ส่วนสินค้าขนาดใหญ่จะสามารถทดแทนสินค้าขนาดเล็กได้เป็นสัดส่วนสูงกว่า (41.5%) แต่เมื่อคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายกลับพบว่า การทดแทนของสินค้าทำให้สินค้าขนาดเล็กมีระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายสูงขึ้น ในขณะที่ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้าขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นน้อยมาก เนื่องจากสินค้าขนาดเล็กมียอดขายต่ำกว่าสินค้าขนาดใหญ่มาก (จำนวนหน่วยคิดเป็นประมาณ 6% ของยอดขายสินค้าขนาดใหญ่) อีกทั้งยังมีระดับการบริการสูง ดังนั้นปริมาณสินค้าที่จะขาดมือและถูกทดแทนด้วยสินค้าขนาดใหญ่จึงเป็นสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับยอดขายของสินค้าขนาดใหญ่เอง

ผลกำไรรวมของแผนการสั่งซื้อกรณีพิจารณาสินค้าทดแทนสูงกว่ากรณีไม่พิจารณาสินค้าทดแทน ซึ่งเป็นผลมาจากระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่สูงขึ้น ทำให้สามารถรองรับความต้องการได้มากขึ้น จะเห็นได้จากรายได้ที่เพิ่มขึ้นและต้นทุนค่าถือครองสินค้าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ต้นทุนสินค้าขาดมือ

ลดลง ทำให้ระดับการบริการของสินค้าทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น เมื่อวัดระดับการบริการด้วยปริมาณสินค้าที่สามารถส่งมอบได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยทดลองปรับค่าระดับการทดแทนตั้งแต่ 0% ถึง 100% โดยพบว่าเมื่อสินค้าขนาดเล็กทดแทนสินค้าขนาดใหญ่ได้มากขึ้น ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้าขนาดเล็กจะเพิ่มขึ้น ผลต่างกำไร (% difference) ผลต่างรายได้ และผลต่างต้นทุนรวมระหว่างแผนการสั่งซื้อทั้ง 2 กรณีจะเพิ่มขึ้นเสมอ แต่เมื่อสินค้าขนาดใหญ่ทดแทนสินค้าขนาดเล็กได้มากขึ้น ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้าขนาดใหญ่จะเพิ่มขึ้น ผลต่างกำไรและผลต่างรายได้จะมีบางกรณีที่จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่งแล้วเริ่มลดลง โดยผลกำไรสามารถเพิ่มขึ้นได้สูงสุดถึง 6.41% เทียบกับกรณีที่สินค้าไม่มีการทดแทน เมื่อสินค้าขนาดเล็กทดแทนสินค้าขนาดใหญ่ได้ทั้งหมด (100%) และสินค้าขนาดใหญ่ทดแทนสินค้าขนาดเล็กได้ 20%

จะเห็นว่ากรณีที่ให้ผลต่างกำไรสูงที่สุดไม่ใช่กรณีทั้งสินค้าขนาดเล็กและสินค้าขนาดใหญ่ทดแทนกันได้ทั้งหมด (ระดับการทดแทนเท่ากับ 100% ทั้งคู่) เนื่องจากสินค้าขนาดเล็กมีอัตราส่วนค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดมือต่อค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า (Shortage cost : Holding cost) สูง แม้ว่าจะมียอดขายน้อย ดังนั้นหากสินค้าขนาดเล็กสามารถทดแทนสินค้าขนาดใหญ่ได้มาก จะเป็นการเพิ่มโอกาสสร้างผลกำไรจากสินค้าขนาดเล็ก ในขณะที่สินค้าขนาดใหญ่แม้จะเป็นสินค้าขายดี แต่ก็มีการแข่งขันสูงมากเช่นกัน บริษัทจึงต้องลดสัดส่วนผลกำไรของสินค้าลงเพื่อแข่งขันทางราคา ทำให้อัตราส่วนค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดมือต่อค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าต่ำ หากสินค้าขนาดใหญ่ทดแทนสินค้าขนาดเล็กได้มาก ระดับสินค้าคงคลังของสินค้าขนาดใหญ่ก็จะสูงขึ้น ทำให้โอกาสที่จะเกิดค่าใช้จ่ายเมื่อมีสินค้าเหลือเพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลกำไรที่ได้กลับมานั้นไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย

5.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

แนวทางในการคำนวณระดับการทดแทนของสินค้า และการบริหารสินค้าคงคลังของสินค้าทดแทนในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสินค้าประเภทอื่นๆ ที่สามารถทดแทนกันได้ โดยอาศัยเพียงข้อมูลยอดขายของสินค้าและสถานะสินค้าคงคลังย้อนหลังเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถบริหารสินค้าคงคลังของสินค้าทดแทนได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผู้วิจัยเสนอให้ทบทวนประเด็นต่างๆ เพิ่มเติมดังนี้

1. ในงานวิจัยนี้คำนวณระดับการทดแทนของสินค้าโดยประยุกต์จากงานวิจัยของ Vulcano et al., (2012) ซึ่งอนุมานว่าลูกค้าจะเลือกซื้อสินค้าตาม “น้ำหนักความชอบที่มีต่อสินค้า” โดยที่น้ำหนักความชอบดังกล่าว เป็นค่าคงที่ของสินค้าแต่ละชนิด ลูกค้าทุกคนจะมีความชอบในสินค้าชนิดเดียวกันเท่ากัน ดังนั้นจึงอาจไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมที่แท้จริงของลูกค้าได้ ทั้งนี้ในงานวิจัยของ

van Ryzin and Vulcano (2013) ได้ปรับปรุงโดยอนุมานว่าลูกค้าจะมีลำดับความชอบสินค้า (Rank-based choice) ซึ่งจะทำให้สามารถจำแนกการตัดสินใจของลูกค้าได้สมเหตุสมผลมากขึ้น เพียงแต่ในแบบจำลองนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลสถานะสินค้า ณ เวลาที่เกิดการสั่งซื้อ ดังนั้นหากไม่มีข้อจำกัดด้านข้อมูล แบบจำลองของ van Ryzin and Vulcano (2013) จะสามารถนำมาคำนวณระดับการทดแทนของสินค้าได้แม่นยำกว่า

2. เนื่องจากในการคำนวณระดับสินค้าคงคลังเป้าหมาย แบบจำลองของ Huang et al., (2011) มีแนวคิดที่จะเพิ่มระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายเพื่อรองรับความต้องการที่ทดแทนจากสินค้าอื่น ดังนั้นจึงไม่ได้กล่าวถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทดแทนสินค้า แต่ในความเป็นจริงแล้วถึงแม้สินค้าที่เกิดการขาดมือขึ้นจะสามารถทดแทนได้ด้วยสินค้าชนิดอื่น แต่ก็อาจจะเกิดต้นทุนในส่วนนี้ขึ้น เช่น ความไม่พึงพอใจของลูกค้า หรือส่วนต่างกำไรของสินค้า เป็นต้น การบริหารสินค้าคงคลังควรคำนึงถึงต้นทุนในส่วนนี้ด้วย

3. เมื่อสินค้ามีการทดแทน ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายที่คำนวณได้จะมากกว่ากรณีสินค้าไม่มีการทดแทนเสมอ และจะเห็นว่าต้นทุนค่าถือครองสินค้าก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ในงานวิจัยของ Fuller et al., (1993) และ Song (2009) แสดงให้เห็นว่าหากต้องการรักษาระดับการบริการเท่ากัน กรณีที่สินค้ามีการทดแทนกันจะทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังต่ำกว่า ดังนั้นการบริหารสินค้าคงคลังของสินค้าทดแทนอาจจะพิจารณาในแง่ของการลดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยที่ยังสามารถรักษาระดับการบริการเช่นเดิมได้

4. บริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้มีการจัดโปรโมชั่นสินค้าบ่อยครั้ง ข้อมูลยอดขายที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาเป็นข้อมูลยอดขายจริงที่เกิดขึ้น ซึ่งย่อมมีผลกระทบจากการจัดโปรโมชั่น อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทั้งในการคำนวณระดับการทดแทนสินค้า และการพยากรณ์ความต้องการสินค้า ทั้งนี้จึงควรศึกษาวิธีลดผลกระทบของโปรโมชั่นจากข้อมูลยอดขายสินค้าก่อนนำมาคำนวณ

รายการอ้างอิง

Agrawal, N., & Smith, S. A. (2003). Optimal retail assortments for substitutable items purchased in sets. *Naval Research Logistics (NRL), 50*(7), 793-822.

Anupindi, R., Dada, M., & Gupta, S. (1998). Estimation of consumer demand with stock-out based substitution: An application to vending machine products. *Marketing Science, 17*(4), 406-423.

Bassok, Y., Anupindi, R., & Akella, R. (1999). Single-period multiproduct inventory models with substitution. *Operations Research, 47*(4), 632-642.

Bitran, G. R., & Dasu, S. (1992). Ordering policies in an environment of stochastic yields and substitutable demands. *Operations Research, 40*(5), 999-1017.

Blumenfeld, D. (2009). *Operations research calculations handbook*: CRC Press.

Cai, L., Chen, J., & Yan, H. (2004). Technical note: single-period two-product inventory model with substitution: solution and properties. *Journal of Systems Science and Systems Engineering, 13*(1), 112-123.

Chand, S., Ward, J. E., & Weng, Z. K. (1994). A parts selection model with one-way substitution. *European Journal of Operational Research, 73*(1), 65-69.

Fuller, J. B., O'Conor, J., & Rawlinson, R. (1993). Tailored logistics: the next advantage. *Harvard Business Review, 71*(3), 87-98.

Hsu, A., & Bassok, Y. (1999). Random yield and random demand in a production system with downward substitution. *Operations Research, 47*(2), 277-290.

Huang, D., Zhou, H., & Zhao, Q.-H. (2011). A competitive multiple-product newsboy problem with partial product substitution. *Omega, 39*(3), 302-312.

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2014). *Forecasting: principles and practice*: OTexts.

Kök, A. G., & Fisher, M. L. (2007). Demand estimation and assortment optimization under substitution: Methodology and application. *Operations Research, 55*(6), 1001-1021.

Mahajan, S., & Van Ryzin, G. (2001). Stocking retail assortments under dynamic consumer substitution. *Operations Research, 49*(3), 334-351.

Marketeer (Producer). (2558, 23 มกราคม 2559). ตลาดกาแฟสำเร็จรูป. Retrieved from http://marketeer.co.th/archives/38718

Mcgillivray, R., & Silver, E. (1978). Some concepts for inventory control under substitutable demand. *INFOR: Information Systems and Operational Research, 16*(1), 47-63.

Moinzadeh, K., & Ingene, C. (1993). An inventory model of immediate and delayed delivery. *Management Science, 39*(5), 536-548.

Musalem, A., Olivares, M., Bradlow, E. T., Terwiesch, C., & Corsten, D. (2010). Structural estimation of the effect of out-of-stocks. *Management Science, 56*(7), 1180-1197.

Nagarajan, M., & Rajagopalan, S. (2008). Inventory models for substitutable products: optimal policies and heuristics. *Management Science, 54*(8), 1453-1466.

Nagare, M., & Dutta, P. (2014). *Study of consumer response to stockout and its policy implication for inventory management*. Paper presented at the POMS 25th Annual Conference, Atlanta, GA, USA.

Nahmias, S. (2009). *Production and operations analysis* (6th ed.). New York: McGraw-Hill/Irwin.

Netessine, S., & Rudi, N. (2003). Centralized and competitive inventory models with demand substitution. *Operations Research, 51*(2), 329-335.

Pasternack, B. A., & Drezner, Z. (1991). Optimal inventory policies for substitutable commodities with stochastic demand. *Naval Research Logistics, 38*(2), 221-240.

Pentico, D. W. (1974). The assortment problem with probabilistic demands. *Management Science, 21*(3), 286-290.

Pentico, D. W. (1976). The assortment problem with nonlinear cost functions. *Operations Research, 24*(6), 1129-1142.

Pentico, D. W. (1988). The discrete two-dimensional assortment problem. *Operations Research, 36*(2), 324-332.

Rajaram, K., & Tang, C. S. (2001). The impact of product substitution on retail merchandising. *European Journal of Operational Research, 135*(3), 582-601.

Rao, U. S., Swaminathan, J. M., & Zhang, J. (2004). Multi-product inventory planning with downward substitution, stochastic demand and setup costs. *IIE Transactions, 36*(1), 59-71.

Sampaio, E. Q. D., & Sampaio, M. (2016). Managerial response to stockouts: the effect of remedies on consumer behavior. *Production, 26*(1), 66-77.

Smith, S. A., & Agrawal, N. (2000). Management of multi-item retail inventory systems with demand substitution. *Operations Research, 48*(1), 50-64.

Song, L. (2009). Supply Chain Management with Demand Substitution. *Doctoral Dissertations*, 91.

Stavrulaki, E. (2011). Inventory decisions for substitutable products with stock-dependent demand. *International Journal of Production Economics, 129*(1), 65-78.

Steeneck, D., Eng-Larsson, F., & Jauffred, F. (2016). Estimating Demand for Substitutable Products when Inventory Records are Unreliable.

Syque (Producer). (2017 May 30). Measuring spread. Retrieved from http://www.syque.com/quality_tools/toolbook/Variation/measuring_spread.htm

van Ryzin, G., & Vulcano, G. (2013). An expectation-maximization method to estimate a rank-based choice model of demand. *Technical Note*.

Van Woensel, T., Van Donselaar, K., Broekmeulen, R., & Fransoo, J. (2007). Consumer responses to shelf out-of-stocks of perishable products. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 37*(9), 704-718.

Vulcano, G., Van Ryzin, G., & Ratliff, R. (2012). Estimating primary demand for substitutable products from sales transaction data. *Operations Research, 60*(2), 313-334.

ZVI, D., GURNANI, H., & PASTERNACK, B. A. (1995). An EOO Model with Substitutions Between Products. *Journal of the Operational Research Society, 46*(7), 887-891.

ดร. อัศวิณ ปสุธรรม (Producer). (2559, 1 กรกฎาคม 2560). Inventory Management. Retrieved from http://riped.utcc.ac.th/asawin/wp-content/uploads/sites/11/2016/01/7-Inventory-Management.pdf

ทิพย์ธิดา ช่วยแสง, รัชนู แก้วทอง, & หทัยรัตน์ พิสิฐภิญโญกุล. (2552). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการลอจิสติกส์ภายในโรงงาน กรณีศึกษา : โรงงาน ชัยสุรินทร์เกษตรแปรรูป. (ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง), มหาวิทยาลัยนเรศวร.

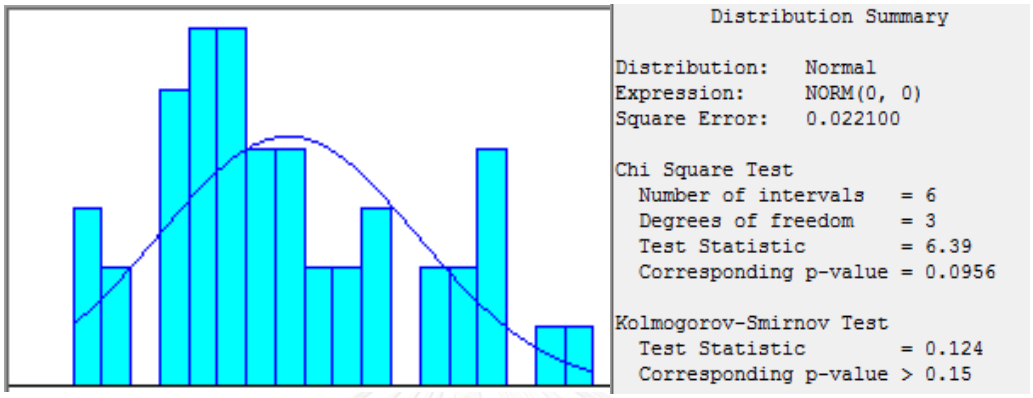
สถาบันอาหาร (Producer). (2558, 23 มกราคม 2559). ธุรกิจร้านกาแฟในประเทศไทย. Retrieved from http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

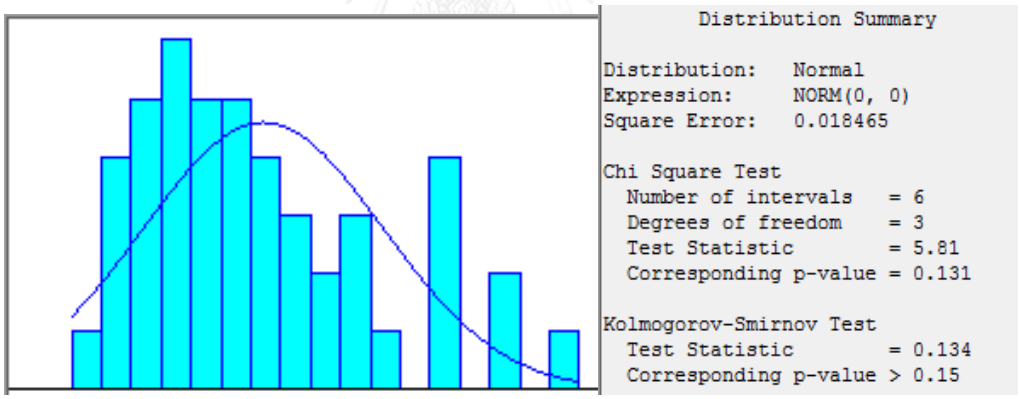
ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

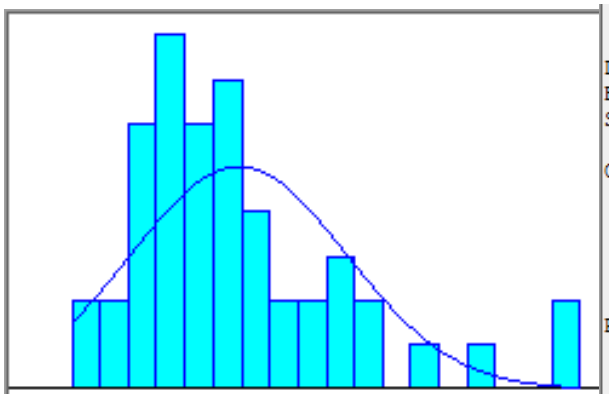
ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้าด้วยโปรแกรม Arena ได้ผลดังแสดงในรูปที่ ก.1 ถึงรูปที่ ก.5 ซึ่งในการตรวจสอบจะพิจารณาจากค่า Corresponding p-value ของทั้ง Chi Square Test และ Kolmogorov-Smirnov Test ซึ่งต้องมีค่ามากกว่า 0.05 จึงจะยอมรับสมมติฐานว่าลักษณะการกระจายนั้นเหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลที่ทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ทิพย์ธิดา ช่วยแสง, รัชนู แก้วทอง, & หทัยรัตน์ พิสิฐภิญโญกุล, 2552)



รูปที่ ก.1 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า DVD ชนิด A ขนาด 100 กรัม



รูปที่ ก.2 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า DVD ชนิด B ขนาด 100 กรัม



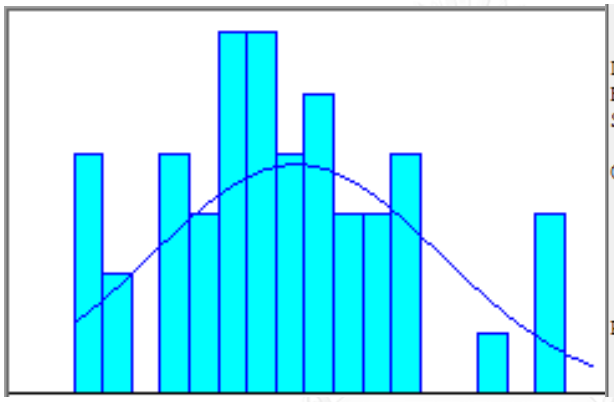
Distribution Summary

Distribution: Normal
Expression: NORM(0, 0)
Square Error: 0.020373

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 6.24
Corresponding p-value = 0.0455

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.15
Corresponding p-value > 0.15

รูปที่ ก.3 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า DVD ชนิด C ขนาด 100 กรัม



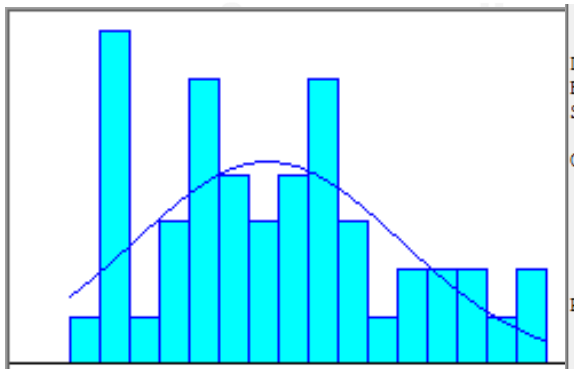
Distribution Summary

Distribution: Normal
Expression: NORM(0, 0)
Square Error: 0.019405

Chi Square Test
Number of intervals = 7
Degrees of freedom = 4
Test Statistic = 5.18
Corresponding p-value = 0.275

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.123
Corresponding p-value > 0.15

รูปที่ ก.4 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า NCF ชนิด A ขนาด 100 กรัม



Distribution Summary

Distribution: Normal
Expression: NORM(0, 0)
Square Error: 0.019117

Chi Square Test
Number of intervals = 6
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 3.46
Corresponding p-value = 0.344

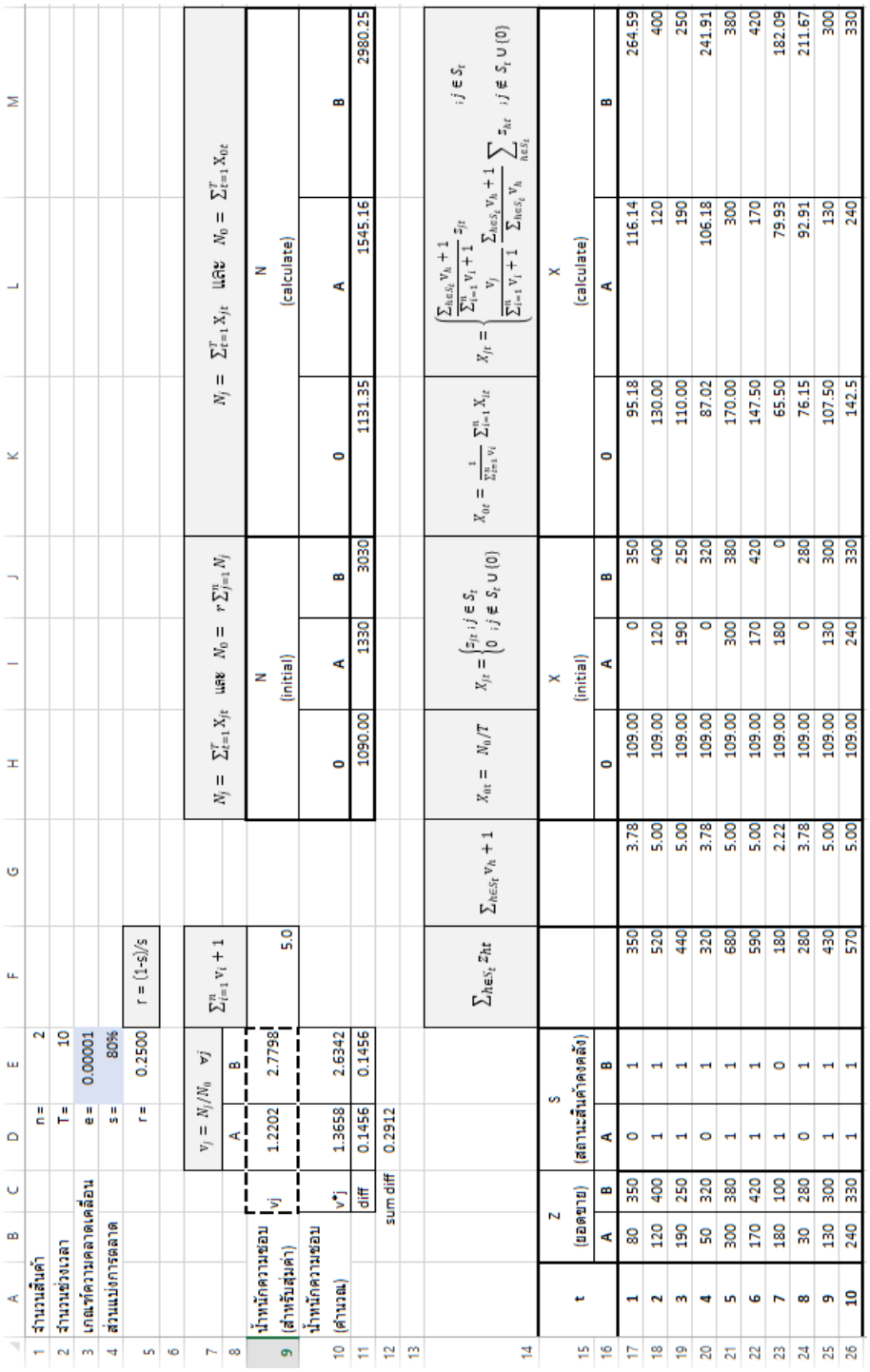
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0734
Corresponding p-value > 0.15

รูปที่ ก.5 ผลการตรวจสอบลักษณะการกระจายความต้องการของสินค้า NCF ชนิด A ขนาด 200 กรัม

ภาคผนวก ข

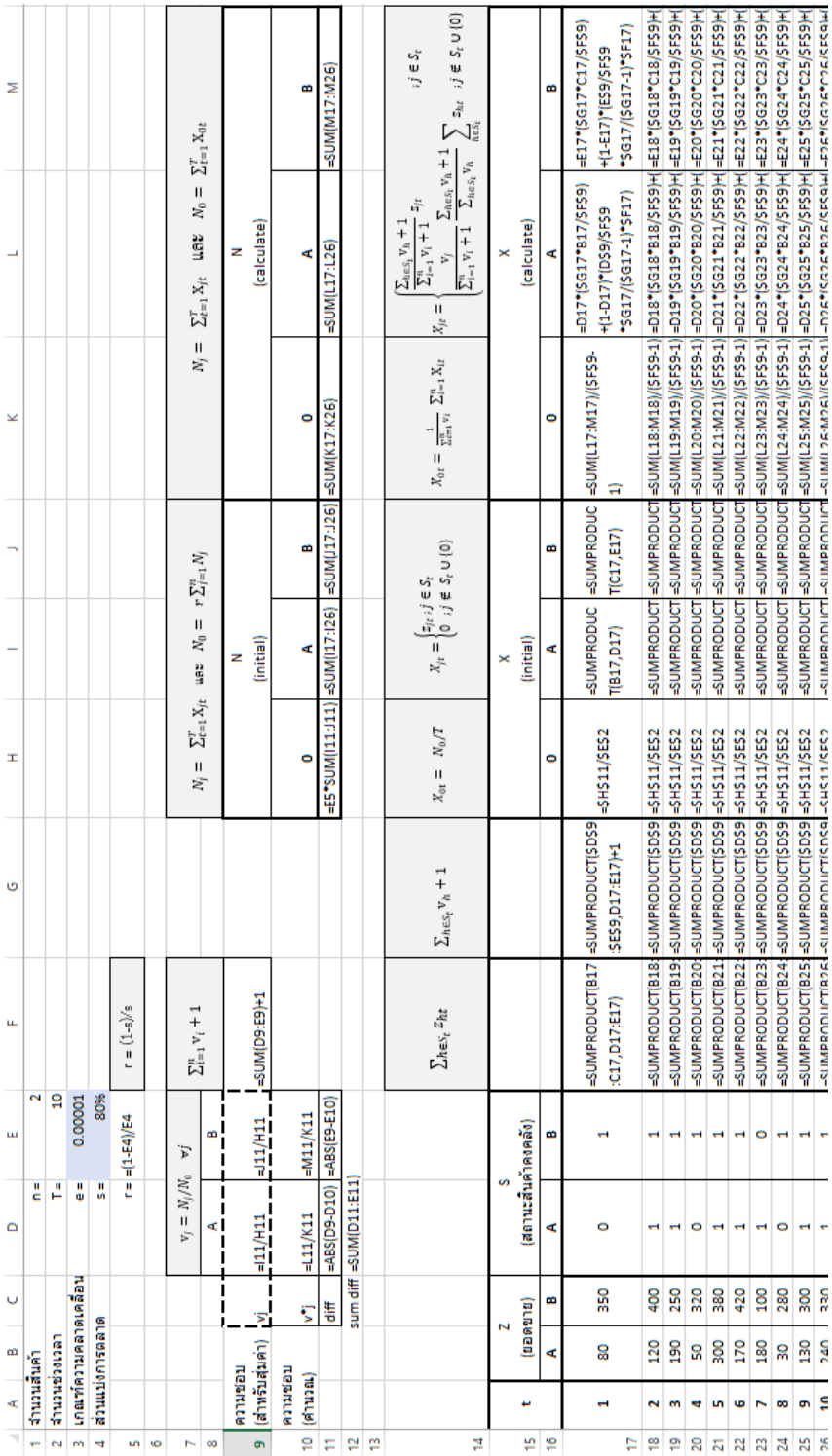
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในส่วนนี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักความชอบของสินค้าตามขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 3.3 โดยยอดขายและสถานะสินค้าคงคลังเป็นตัวเลขสมมติ และจะแสดงตัวอย่างการคำนวณเพียง 10 ช่วงเวลาเท่านั้น รูปที่ ข.2 แสดงสูตรที่ใช้ในการคำนวณ และรูปที่ ข.1 แสดงตัวเลขที่คำนวณได้



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	จำนวนสินค้า			n=	2								
2	จำนวนช่วงเวลา			T=	10								
3	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน			e=	0.00001								
4	สัมประสิทธิ์การลดลาด			s=	80%								
5				r=	0.2500	r = (1-s)/s							
6													
7				$v_j = N_j/N_0 \quad \forall j$		$\sum_{i=1}^{n} v_i + 1$		$N_j = \sum_{t=1}^{T} X_{jt}$ และ $N_0 = r\sum_{j=1}^{n} N_j$			$N_j = \sum_{t=1}^{T} X_{jt}$ และ $N_0 = \sum_{t=1}^{T} X_{0t}$		
8				A	B				N (initial)			N (calculate)	
9	น้ำหนักความชอบ (สำหรับสุ่มค่า)		v_j	1.2202	2.7798	5.0							
10	น้ำหนักความชอบ (คำนวณ)		v'_j	1.3658	2.6342						0	A	B
11			diff	0.1456	0.1456			1090.00	1330	3030	1131.35	1545.16	2980.25
12			sum diff	0.2912									
13													
14						$\sum_{h\in S_t} z_{ht}$	$\sum_{h\in S_t} v_h + 1$	$X_{0t} = N_0/T$	$X_{jt} = \begin{cases} z_{jt} & i,j \in S_t \\ 0 & i,j \notin S_t \cup \{0\} \end{cases}$	$X_{0t} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} v_i} \sum_{i=1}^{n} X_{jt}$	$X_{jt} = \begin{cases} \frac{\sum_{h\in S_t} v_h + 1}{\sum_{i=1}^{n} v_i + 1} z_{jt} & i,j \in S_t \\ \frac{\sum_{h\in S_t} v_h + 1}{v_j} \sum_{h\in S_t} z_{ht} & i,j \notin S_t \cup \{0\} \end{cases}$		
15	t	Z (ยอดขาย)		S (สถานะสินค้าคงคลัง)					X (initial)			X (calculate)	
16		A	B	A	B						0	A	B
17	1	80	350	0	1	350	3.78	109.00	0	350	95.18	116.14	264.59
18	2	120	400	1	1	520	5.00	109.00	120	400	130.00	120	400
19	3	190	250	1	1	440	5.00	109.00	190	250	110.00	190	250
20	4	50	320	0	1	320	3.78	109.00	0	320	87.02	106.18	241.91
21	5	300	380	1	1	680	5.00	109.00	300	380	170.00	300	380
22	6	170	420	1	1	590	5.00	109.00	170	420	147.50	170	420
23	7	180	100	1	0	180	2.22	109.00	180	0	65.50	79.93	182.09
24	8	30	280	0	1	280	3.78	109.00	0	280	76.15	92.91	211.67
25	9	130	300	1	1	430	5.00	109.00	130	300	107.50	130	300
26	10	240	330	1	1	570	5.00	109.00	240	330	142.5	240	330

รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบด้วยโปรแกรม Excel (แสดงตัวเลข)



รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความชอบด้วยโปรแกรม Excel (แสดงสูตร)

โดยสูตรที่แสดงในช่องค่าน้ำหนักความชอบสำหรับสุ่มค่า (D9,E9) เป็นการคำนวณค่าเริ่มต้นของการสุ่ม

ภาคผนวก ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A และสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆ ในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 9 แสดงในรูปที่ ค.1 และรูปที่ ค.2

Order-up-to Level of Product A in 1st month												
a_{12}	100%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	90%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	80%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	70%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	60%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	50%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	40%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	30%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	20%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	10%	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
	0	293	299	304	310	315	321	326	332	337	343	348
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 2nd month												
a_{12}	100%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	90%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	80%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	70%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	60%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	50%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	40%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	30%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	20%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	598
	10%	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	597
	0	505	514	524	533	542	551	561	570	579	588	597
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 3rd month												
a_{12}	100%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	90%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	80%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	70%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	60%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	50%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	40%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	30%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	20%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	10%	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
	0	419	422	425	428	432	435	438	441	444	447	451
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 4th month												
a_{12}	100%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	90%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	80%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	70%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	60%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	50%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	40%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	30%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	20%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	10%	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
	0	527	534	541	549	556	563	570	578	585	592	599
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 5th month												
a_{12}	100%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	90%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	80%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	70%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	60%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	50%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	40%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	30%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	20%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	10%	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
	0	398	402	405	409	413	417	420	424	428	431	435
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 6th month												
a_{12}	100%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	90%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	80%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	70%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	60%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	50%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	40%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	30%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	20%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	10%	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
	0	347	354	361	368	375	382	389	396	404	411	418
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 7th month												
a_{12}	100%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	90%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	80%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	70%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	60%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	50%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	40%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	30%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	20%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	10%	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
	0	681	689	697	705	713	721	729	737	746	754	762
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 8th month												
a_{12}	100%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	90%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	80%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	70%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	60%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	50%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	40%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	30%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	20%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	10%	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
	0	573	583	593	603	613	623	632	642	652	662	672
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

Order-up-to Level of Product A in 9th month												
a_{12}	100%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	90%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	80%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	70%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	60%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	50%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	40%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	30%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	20%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	10%	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
	0	535	545	554	563	572	582	591	600	609	619	628
		0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		a_{21}										

รูปที่ ค.1 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า A ที่ระดับการทดแทนต่างๆในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 9

Order-up-to Level of Product B in 1st month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
90%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
80%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
70%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
60%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
50%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
40%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
30%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
20%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
10%	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778
0	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778	5778

Order-up-to Level of Product B in 2nd month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	8963	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962
90%	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962
80%	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8961
70%	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8961	8961	8961
60%	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8962	8961	8961	8961	8961
50%	8962	8962	8962	8962	8962	8961	8961	8961	8961	8961	8961
40%	8962	8962	8962	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961
30%	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961
20%	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961
10%	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961
0	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961	8961

Order-up-to Level of Product B in 3rd month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814
90%	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814
80%	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3813
70%	3814	3814	3814	3814	3814	3814	3813	3813	3813	3813	3813
60%	3814	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
50%	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
40%	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
30%	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
20%	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
10%	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
0	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813

Order-up-to Level of Product B in 4th month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	7253	7253	7253	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252
90%	7253	7253	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252
80%	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252
70%	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252
60%	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252
50%	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252
40%	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7251
30%	7252	7252	7252	7252	7252	7252	7251	7251	7251	7251	7251
20%	7252	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251
10%	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251
0	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251	7251

Order-up-to Level of Product B in 5th month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4291
90%	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4291	4291	4291	4291
80%	4292	4292	4292	4292	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
70%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
60%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
50%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
40%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
30%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
20%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
10%	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291
0	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291	4291

Order-up-to Level of Product B in 6th month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	7100	7100	7100	7100	7100	7100	7100	7099	7099	7099	7099
90%	7100	7100	7100	7100	7100	7099	7099	7099	7099	7099	7099
80%	7100	7100	7100	7100	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
70%	7100	7100	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
60%	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
50%	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
40%	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
30%	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
20%	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
10%	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099
0	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099	7099

Order-up-to Level of Product B in 7th month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	8006	8006	8006	8006	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005
90%	8006	8006	8006	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005	8005
80%	8006	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005
70%	8006	8006	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005
60%	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005
50%	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8004
40%	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8005	8004	8004	8004
30%	8005	8005	8005	8005	8005	8004	8004	8004	8004	8004	8004
20%	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004
10%	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004
0	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004	8004

Order-up-to Level of Product B in 8th month

a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	9559	9559	9559	9559	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558
90%	9559	9559	9559	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558
80%	9559	9559	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558
70%	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558
60%	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558
50%	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9557
40%	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9558	9557	9557	9557
30%	9558	9558	9558	9558	9558	9557	9557	9557	9557	9557	9557
20%	9558	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557
10%	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557
0	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557	9557

Order-up-to Level of Product B in 9th month

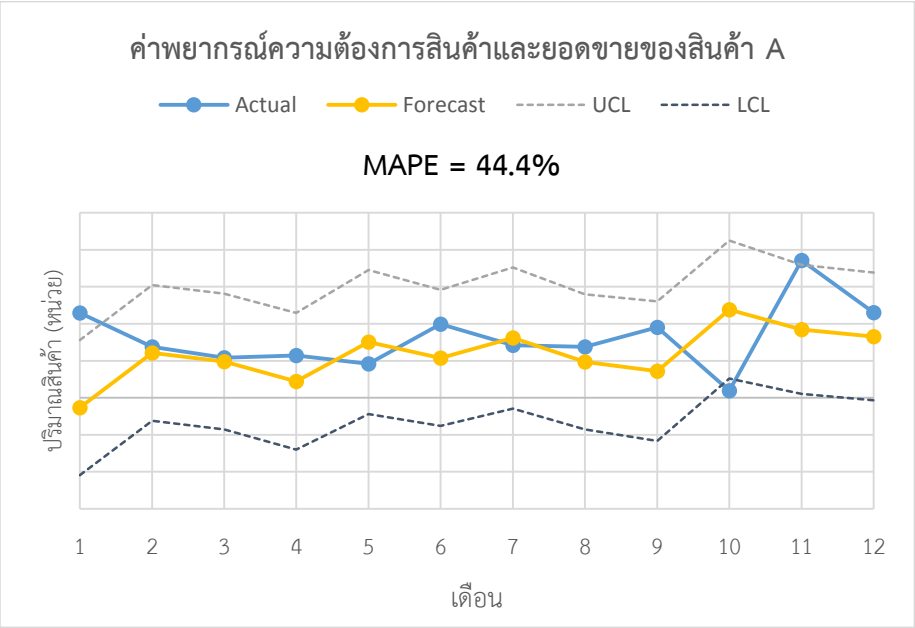
a_{12} \ a_{21}	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
100%	8976	8976	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975
90%	8976	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975
80%	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8974
70%	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8974	8974
60%	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8974	8974	8974
50%	8975	8975	8975	8975	8975	8975	8974	8974	8974	8974	8974
40%	8975	8975	8975	8975	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974
30%	8975	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974
20%	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974
10%	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974
0	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974	8974

รูปที่ ค.2 ระดับสินค้าคงคลังเป้าหมายของสินค้า B ที่ระดับการทดแทนต่างๆในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 9

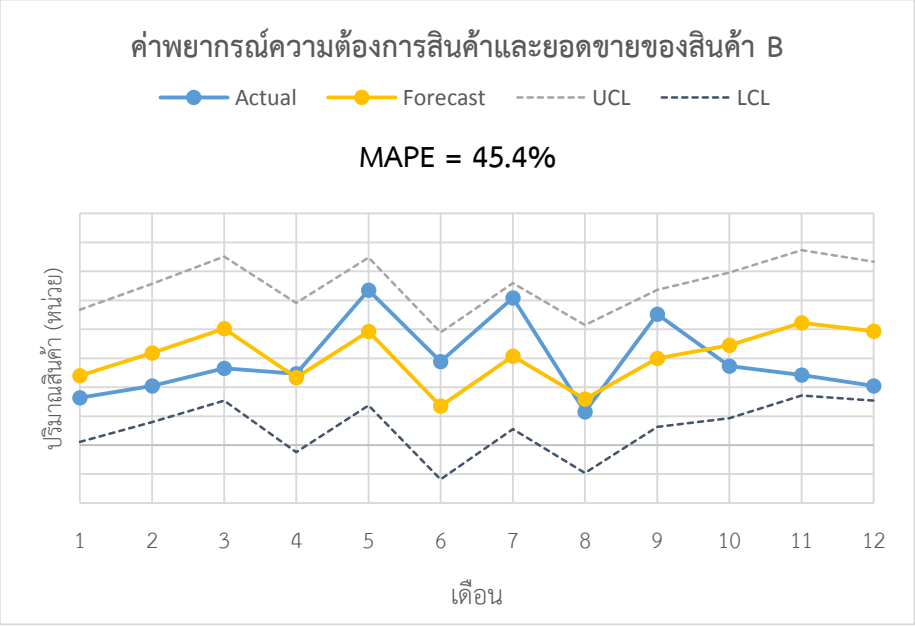
ภาคผนวก ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากสินค้ามีระยะเวลานำ 3 เดือน การวางแผนสั่งซื้อสินค้าจึงต้องมีการพยากรณ์ความต้องการของสินค้า โดยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีพยากรณ์แบบ Exponential smoothing ด้วยโปรแกรม SPSS ผลการพยากรณ์ความต้องการสินค้าในปี 2559 แสดงในรูปที่ ง.1 และรูปที่ ง.2



รูปที่ ง.1 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าและยอดขายของสินค้า A ในปี 2559



รูปที่ ง.2 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าและยอดขายของสินค้า B ในปี 2559

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธิดา ฉานแสงทอง เกิดวันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2531 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่ง Process Engineer ที่บริษัท ฟูจิคูระ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด จนถึงปี พ.ศ. 2556 ได้ย้ายมาทำงานในตำแหน่ง Engineer ที่บริษัท เซปทิลเลียน จำกัด หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2558 จึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (สหสาขาวิชา) คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนถึงปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University