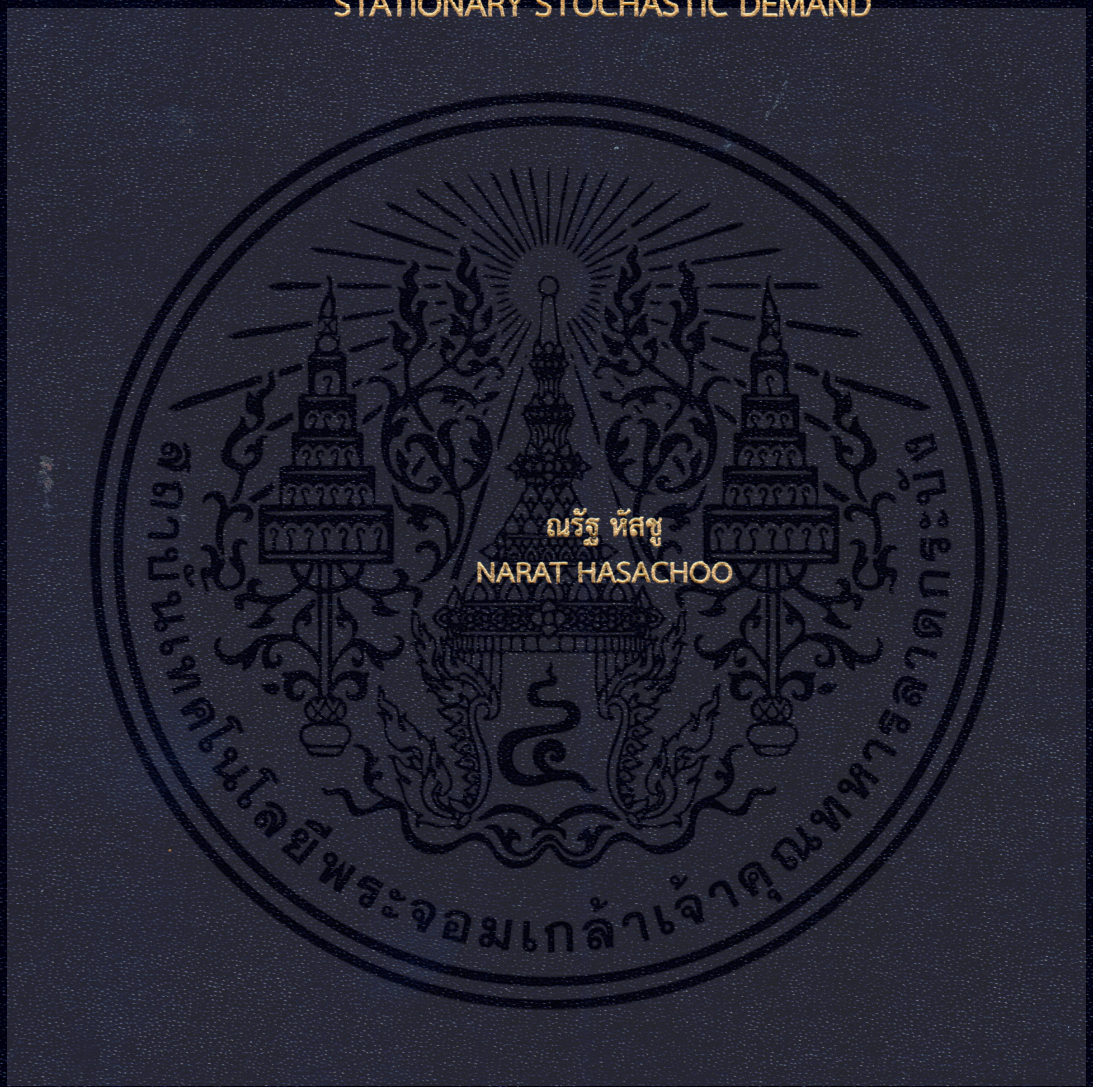
การพัฒนาวิธีการในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดระดับความวุ่นวายในการผลิตภายใต้อุปสงค์แบบสโตแคสติกชนิดไม่ต่อเนื่อง

THE DEVELOPMENT OF AN APPROACH FOR IDENTIFYING AN OPTIMAL SERVICE LEVEL FOR MINIMIZING SCHEDULE NERVOUSNESS UNDER NON-STATIONARY STOCHASTIC DEMAND



ณรัฐ หัสชู

NARAT HASACHOO

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-EN-D-218-002

การพัฒนาวิธีการในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดระดับความวุ่นวายในการผลิตภายใต้อุปสงค์แบบสโตแคสติกชนิดไม่ต่อเนื่อง

THE DEVELOPMENT OF AN APPROACH FOR IDENTIFYING AN OPTIMAL SERVICE LEVEL FOR MINIMIZING SCHEDULE NERVOUSNESS UNDER NON-STATIONARY STOCHASTIC DEMAND

ณรัฐ หัสชู

NARAT HASACHOO

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-EN-D-218-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF AN APPROACH FOR IDENTIFYING AN OPTIMAL SERVICE LEVEL FOR MINIMIZING SCHEDULE NERVOUSNESS UNDER NON-STATIONARY STOCHASTIC DEMAND

NARAT HASACHOO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

DOCTOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-EN-D-218-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาวิธีการในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดระดับความวุ่นวายในการผลิตภายใต้อุปสงค์แบบสโตแคสติกชนิดไม่ต่อเนื่อง

Thesis Title The Development of an Approach for Identifying an Optimal Service Level for Minimizing Schedule Nevousness under Non-Stationary Stochastic Demand

นักศึกษา นายณรัฐ หัสชู

รหัสประจำตัว 57601076

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ฤดี มาสุจันท์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2018-EN-D-218-002

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.วิกรม	จารุพงศา	
ผศ.ดร.อุดม	จันทร์จรัสสุข	
ผศ.ดร.กิตติวัฒน์	สิริเกษมสุข	
รศ.ดร.ทศพล	เกียรติเจริญผล	
รศ.ดร.ฤดี	มาสุจันท์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เวลา 12.00-14.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาวิธีการในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดระดับความวุ่นวายในการผลิตภายใต้อุปสงค์แบบสโตแคส-ติกชนิดไม่ต่อเนื่อง
นักศึกษา	นายณรัฐ หัสชู
รหัสประจำตัว	57601076
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฤดี มาสุจันท์

บทคัดย่อ

ความวุ่นวายในการผลิตเกิดขึ้นเมื่อการผลิตมีความแตกต่างไปจากแผนการผลิตเดิมซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอนของอุปสงค์ ทั้งนี้เนื่องจากในความเป็นจริงอุปสงค์ต่อสินค้าในอนาคตนั้นไม่ใช่ค่าคงที่แต่เป็นแบบสโตแคสติกและข้อมูลมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นแบบไม่ต่อเนื่อง (Non-stationary stochastic) ถึงแม้ว่าการเพิ่มระดับการให้บริการของสินค้าคงคลังให้สูงขึ้นจะสามารถลดผลกระทบหรือความเสียหายเมื่ออุปสงค์มากกว่าแผนการผลิต แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับดังกล่าวทำให้ต้นทุนคาดการณ์ในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้ได้แก่ การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมระหว่างต้นทุนรวมคาดกรณ์และความวุ่นวายในการผลิต โดยขั้นตอนแรกเริ่มจากการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิตเพื่อยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวาย จากนั้นแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นด้วยการหาผลลัพธ์แบบคงที่หรือเรียกว่าผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตด้วยตัวแบบจำนวนเต็มกึ่งผสมภายใต้กลยุทธ์อพลวัตร-พลวัตรเพื่อหาต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการด้วยการใช้โปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimization Studio ขั้นตอนที่สามดำเนินการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้ข้อมูลที่ได้จากสองขั้นตอนแรก และขั้นตอนสุดท้ายประยุกต์ใช้เครื่องมือดังกล่าวกับบริษัทกรณีศึกษาเพื่อพิจารณาว่าเมื่อนำไปใช้กับข้อมูลจริงแล้วเครื่องมือดังกล่าวจะสามารถให้ผลการศึกษาได้เหมือนกับการทดลองที่ผ่านมาซึ่งเป็นตัวเลขที่กำหนดขึ้นเองหรือไม่ ด้วยการเลือกศึกษาในอุตสาหกรรมที่มีความอ่อนไหวอย่างสูงต่อความวุ่นวายในการผลิต ผลการศึกษาพบว่าเครื่องมือดังกล่าวให้ผลที่เป็นที่น่าพึงพอใจทั้งในส่วนของข้อมูลกำหนดเองและข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	The Development of an Approach for Identifying an Optimal Service Level for Minimizing Schedule Nervousness under Non-Stationary Stochastic Demand
Student	Mr. Narat Hasachoo
Student ID.	57601076
Degree	Doctor of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Ruedee Masuchun

ABSTRACT

Schedule nervousness occurs when there is a revision in a planned schedule due to an uncertainty in demand. This is because in reality, a future demand is not a deterministic with a stationary trend, but a non-stationary stochastic demand. A higher inventory service level can lower the probability of shortage when actual demand exceeds the planned schedule, but expected total cost climbs up as the service level increased. So the main objective of this paper is to propose an approach for identifying an optimal service level between expected total cost and nervousness. First, schedule nervousness was quantified by the revision in initial planned schedule. Second, the cost of operating in a nervousness-free operation was revealed by solving a stochastic lot-sizing problem using a deterministic solution which is known as snapshot solution, a mixed integer linear programming under static- dynamic uncertainty in a pre-determined set of service levels solved by using IBM ILOG CPLEX Optimization Studio. The third part provides a proposal of a new formulation for identifying an optimal service level between expected total cost and nervousness based on the findings in the first part. Finally, a similar approach was taken for an experiment by using a case study in one of the most nervousness-sensitive industries, the airline catering industry. The results were found to be satisfied in both generated data and the case study.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ฤดี มาสุจันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณามอบโอกาสให้เข้าเป็นนักศึกษาในที่ปรึกษาในหลักสูตรปริญญาเอก อีกทั้งยอมสละเวลาอันมีค่าของท่านให้ทั้งความรู้ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะอันมีค่าที่ทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ช่วยอบรมสั่งสอน ตลอดจนมอบคำแนะนำให้ตลอดช่วงเวลาการเรียน

ขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่มอบข้อมูลอันแสนมีค่าสำหรับการศึกษาครั้งนี้ ตลอดจนเสียสละเวลาในการให้สัมภาษณ์ตลอดสามปีที่ผ่านมา

ขอบคุณพ่อ แม่ ที่เคารพ และภรรยาที่รัก สำหรับกำลังใจและความเข้าใจตลอดระยะเวลา

ณรัฐ หัสชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II
กิตติกรรมประกาศ..... III
สารบัญ..... IV
สารบัญตาราง..... VI
สารบัญภาพ..... VIII
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 12
1.3 คำถามวิจัย..... 13
1.4 ขอบเขตของการศึกษา..... 13
1.5 ขั้นตอนการศึกษา..... 14
1.6 คำจำกัดความ..... 15
1.7 กรอบแนวคิดวิจัย..... 17
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 20
2.1.1 ความวุ่นวายในการผลิต (Schedule Nervousness)..... 20
2.1.2 ปัญหาปริมาณการสั่งซื้อ (Lot Sizing Problem)..... 23
2.1.3 ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Service Level)..... 38
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 46
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 46
3.2 วิธีดำเนินการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต..... 49
3.3 วิธีการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็น..... 51
3.4 วิธีการดำเนินการพัฒนาเครื่องมือเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด..... 51
3.5 วิธีดำเนินการทดลองโดยใช้กรณีศึกษา..... 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 57
4.1 ข้อมูลระบบการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินในประเทศไทย..... 57
4.2 ผลการศึกษาเรื่องระดับความวุ่นวาย..... 62
4.2.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านการผลิตกับความวุ่นวาย..... 72
4.2.2 สรุปข้อค้นพบและผลการวิเคราะห์จากการวัดระดับความวุ่นวาย..... 74
4.3 ผลการศึกษาเรื่องผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ. 75
4.3.1 การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบเซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต..... 93
บทที่ 5 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์..... 97
5.1 การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ..... 97
5.2 การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด..... 107
บทที่ 6 ผลการศึกษาโดยใช้กรณีศึกษา..... 116
6.1 ข้อมูลอุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน..... 116
6.2 ข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา..... 117
6.3 ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษา..... 121
6.4 สรุปผลการศึกษาโดยการใช้บริษัทกรณีศึกษา..... 125
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 129
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 129
5.2 อภิปรายผลการศึกษา..... 131
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 133
เอกสารอ้างอิง..... 135
บทความทางวิชาการที่ได้ตีพิมพ์..... 142
ประวัติผู้เขียน 143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ตัวอย่างค่าคาดการณ์อุปสงค์ของสเต๊กเนื้อในรอบการวางแผนจากฝ่ายผลิต..... 1

1.2 ตัวอย่างตารางการผลิตที่แสดงความต้องการวัตถุดิบสำหรับผลิตสเต๊กเนื้อในตารางที่ 1.1..... 7

2.1 ตัวอย่างค่าคาดการณ์อุปสงค์..... 34

2.2 ตัวอย่างผลการแทนค่าในสมการที่ (2.28)..... 35

3.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด)..... 51

3.2 ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ในการทดลอง (จากการกำหนด)..... 51

3.3 ระดับการให้บริการที่ใช้ในการทดลอง 51

3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองด้วยกรณีศึกษา..... 56

4.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุก..... 60

4.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวัดระดับความวุ่นวาย..... 62

4.3 สรุปชนิดและจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรอบแผนการผลิตที่ 1..... 64

4.4 สรุปชนิดและจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรอบแผนการผลิตที่ 2..... 65

4.5 ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 1-7 ของรอบแผนการผลิตที่ 1..... 66

4.6 ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 8-16 ของรอบแผนการผลิตที่ 1..... 69

4.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านการผลิตกับความวุ่นวายในการผลิต..... 73

4.8 ระดับการให้บริการที่ใช้ในการทดลอง..... 75

4.9 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด)..... 75

4.10 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด)..... 76

4.11 ผลลัพธ์ของการแทนค่าในเงื่อนไขระดับการให้บริการ (4.10)..... 79

4.12 ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตของอุปสงค์แบบ Erratic (a=500, v=10, h=1 C=0.1) 81

4.13 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์แบบสแน็ปชอต (อุปสงค์แบบ Erratic)..... 84

4.14 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (อุปสงค์แบบ Erratic)..... 86

4.15 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์แบบสแน็ปชอต (อุปสงค์แบบ Cycle)..... 88

4.16 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (อุปสงค์แบบ Cycle)..... 90

4.17 ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยัน (ได้รับภายหลังการผลิต) จะสูงกว่า $E\{R_t\}_{\delta_t=1}$..... 92

5.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด)..... 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเดิม..... 98

5.3 ตัวอย่างการเพิ่มเงื่อนไข FIFO ในแบบจำลอง..... 100

5.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิมเปรียบเทียบกับการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ..... 103

5.5 ผลการเปรียบเทียบเพิ่มเติม..... 105

5.6 ตัวอย่างค่า $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$ ในการศึกษา..... 108

5.7 ตัวอย่างการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดของอุปสงค์แบบ Erratic (*a*=500, *v*=10, *h*=1, *C*=0.1)..... 110

5.8 ตัวอย่างการหาค่า β_m..... 111

5.9 ผลการศึกษาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในทุกการทดลอง (*b=0.05v*)..... 112

5.10 ผลการทดลองเปลี่ยน *b* ต่อระดับ OSL..... 113

6.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์และค่าพารามิเตอร์ของบริษัทกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง..... 120

6.2 ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา..... 122

6.3 ผลการเปรียบเทียบนโยบายปัจจุบันของบริษัทกับนโยบายของงานวิจัยชิ้นนี้..... 123

6.4 สรุปข้อค้นพบในส่วนข้อมูลกำหนดเอง..... 125

6.5 สรุปข้อค้นพบในข้อมูลจริงของกรณีศึกษาอุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน..... 127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 ประเภทแบบจำลองปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบมีสินค้าชนิดเดียว..... 2

1.2 ความวุ่นวายในการผลิตที่เกิดจากตัวแปรสุ่มภายใต้การกระจายตัวแบบปกติ..... 3

1.3 ลักษณะค่าคาดการณ์ของอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดคงที่..... 3

1.4 ภาพรวมขั้นตอนการผลิตของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย..... 5

1.5 ตัวอย่างสินค้าที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียวและหลายระดับ..... 6

1.6 ระดับขอบเขตควบคุมบน (Upper Specification Limit) เทียบกับค่าคาดการณ์..... 11

1.7 กรอบแนวคิดในการศึกษาสำหรับข้อมูลที่กำหนดขึ้นเอง..... 17

1.8 กรอบแนวคิดในการศึกษาสำหรับทดลองโดยใช้กรณีศึกษา..... 19

2.1 หลักการดำเนินงานของสินค้าคงคลัง..... 23

2.2 ปริมาณการสั่งซื้อ และช่วงเวลาการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบ Deterministic..... 24

2.3 ปริมาณการสั่งซื้อ และช่วงเวลาการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบ Stochastic 28

2.4 แนวความคิดเรื่องระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (OSL) ด้วยต้นทุนรวม 38

2.5 แนวคิดเปรียบเทียบต้นทุนสูญเสียโอกาสการขายกับต้นทุนรวม 39

2.6 ความสัมพันธ์ต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งกับระดับการให้บริการ..... 40

3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา 47

3.2 กระบวนการดำเนินการวัดระดับความวุ่นวาย..... 49

3.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุด..... 51

3.4 กระบวนการดำเนินการพัฒนาเครื่องมือหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด..... 54

3.5 กระบวนการดำเนินการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา..... 55

4.1 กระบวนการดำเนินงานของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย..... 57

4.2 ภาพรวมขั้นตอนการผลิตของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย..... 59

4.3 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุก..... 60

4.4 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบของเมนู D ในรอบการวางแผน..... 61

4.5 ภาพปริมาณการผลิตรายวันในรอบแผนการผลิต..... 63

4.6 จำนวนรายการผลิตที่ต้องผลิตในแต่ละช่วงเวลา..... 63

4.7 จำนวนรายการผลิตใน 8 ประเภทการปรุง ของวันที่ 2 ในรอบแผนการผลิตที่ 1..... 64

4.8 ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในรอบแผนการผลิตที่ 1 และ 2 ของรอบแผนการผลิต..... 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.9 ค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Cycle และ Erratic..... 76

4.10 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์เป็นแบบ Quadratic..... 95

5.1 ผลการศึกษา $\beta[TC]_m$ และระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด..... 112

6.1 ข้อบังคับด้านการผลิตที่ทำให้บริษัทกรณีศึกษาอ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิต..... 118

6.2 กระบวนการหาระดับ OSL ที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้..... 127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความวุ่นวายในการผลิต (Schedule nervousness) หรือบางงานวิจัยเรียกว่า ความไม่มั่นคงในการผลิต (Schedule instability) คือ คำที่ใช้เรียกการเปลี่ยนแปลงต่อตารางการผลิตหลัก (Master Production Schedule หรือ MPS) ที่ทำให้เกิดความไม่มั่นคงต่อความต้องการใช้ชิ้นส่วนและส่วนประกอบของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ [1] โดยมีคำนิยามว่า การเปลี่ยนแปลงต่อแผนการผลิตที่ได้วางแผนไว้แล้วซึ่งส่งผลให้การผลิตจริงเกิดความแตกต่างไปจากแผน เช่น การผลิตแตกต่างไปจากตารางการผลิตแรกที่ได้วางแผนไว้เนื่องจากปริมาณอุปสงค์ที่แท้จริงแตกต่างไปจากที่คาดการณ์ เป็นต้น [2]

ความวุ่นวายในการผลิตจะนำไปสู่ปัญหาด้านการจัดตารางงานของพนักงาน การจัดตารางงานของเครื่องจักรและการจัดส่ง หรือแม้กระทั่งทำให้เกิดต้นทุนในการปรับเปลี่ยนแผนตารางการผลิต [3] ซึ่งการผลิตที่แตกต่างไปจากตารางแผนการผลิตอาจจะทำให้ระบบการผลิตและการจัดส่งสินค้าหยุดชะงักและเกิดความไม่ต่อเนื่อง [4]

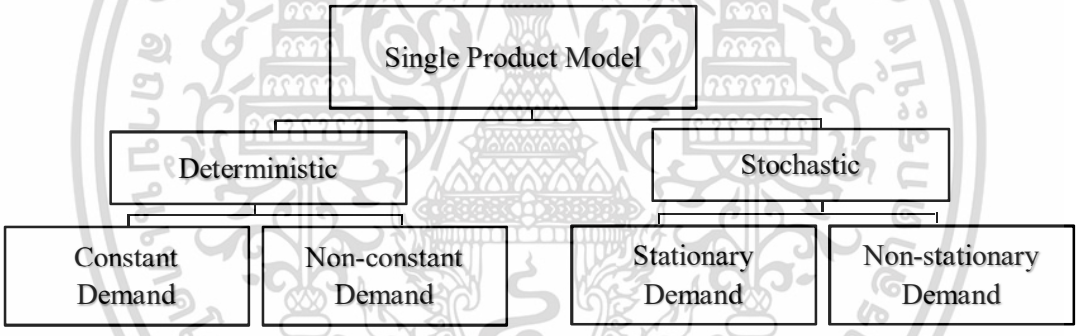
ในขณะที่สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อแผนของตารางการผลิตและนำไปสู่การเกิดความวุ่นวายในการผลิตนั้น สามารถแบ่งสาเหตุของการเกิดเป็นสองประเภทใหญ่ ได้แก่ ความไม่แน่นอนจากอุปสงค์ (Demand uncertainty) และ ความไม่แน่นอนจากอุปทาน (Supply uncertainty) โดยความไม่แน่นอนจากอุปสงค์ คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากด้านอุปสงค์ เช่น การเพิ่มหรือลดปริมาณการผลิต ในขณะที่ความไม่แน่นอนจากอุปทาน คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากระบบการผลิตเอง เช่น เครื่องจักรเสีย การส่งของไม่ตรงเวลาของซัพพลายเออร์ เป็นต้น [5]

ในการกำหนดแผนตารางการผลิตนั้น ผู้จัดตารางการผลิตจะทำหน้าที่วางแผนและจัดตารางการผลิต เพื่อออกแผนการผลิต (Schedule) ที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมที่สุด เช่น การใช้แรงงาน ตารางการใช้เครื่องจักร เป็นต้น อย่างไรก็ตามการวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตนั้นเป็นการวางแผนก่อนได้รับคำสั่งซื้อที่แท้จริง ส่งผลให้ในบางครั้งคำสั่งซื้อที่แท้จริงแตกต่างไปจากแผนการผลิตที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งทำให้การผลิตที่แท้จริงแตกต่างไปจากแผนการผลิตเดิมเนื่องจากต้องปรับเปลี่ยนตามคำสั่งซื้อที่แท้จริง ดังนั้นเงื่อนไขในการพิจารณาอุปสงค์ในอนาคตในขั้นตอนการวางแผนการผลิตที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการเกิดความวุ่นวายที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนการผลิต หรือกำหนดนโยบายการผลิตหรือสินค้าคงคลัง เช่น เพื่อหาปริมาณการผลิตหรือปริมาณสินค้าคงคลังแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด เรียกว่า ปัญหาขนาดการสั่งซื้อ (Lot sizing problem) [6] การเลือกใช้แบบจำลองนั้นควรเลือกใช้ให้ตรงกับเงื่อนไขของปัญหา แบบจำลองด้านสินค้าคงคลัง (Inventory model) สามารถแบ่งได้หลายชนิด เช่น แบ่งตามจำนวนประเภทของสินค้าว่าเป็นชนิดเดียวหรือหลายชนิด (Single/Multiple) แบ่งตามธรรมชาติของอุปสงค์ว่าเป็นแบบคงที่หรือแบบความน่าจะเป็น (Deterministic/Probabilistic) แบ่งตามระยะเวลาของรอบการวางแผน (Length of decision horizon) ว่าเป็นแบบช่วงเดียวหรือหลายช่วง (Single/multi) แบ่งตามลักษณะความผันแปรของอุปสงค์ (Stationary/time-varying) [7]

ซึ่งความวุ่นวายในการผลิตที่ได้กล่าวมาในขั้นต้นนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ที่แตกต่างไปจากแผนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งศึกษาในแบบจำลองที่แบ่งตามชนิดของอุปสงค์ภายในกลุ่มสินค้าชนิดเดียว (Single Product) ซึ่งแบ่งย่อยได้ดังภาพที่ 1.1 [8]



ภาพที่ 1.1 ประเภทแบบจำลองปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบมีสินค้าชนิดเดียว [8]

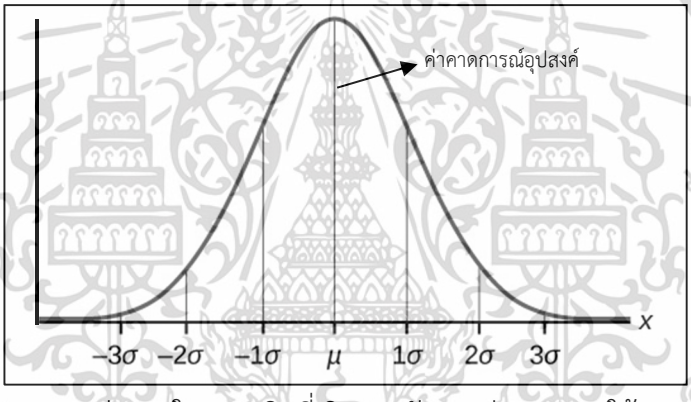
งานวิจัยชิ้นนี้สนใจศึกษาในประเด็นของความวุ่นวายในการผลิต อันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของอุปสงค์ ดังนั้นจึงจะทำการมุ่งศึกษาโดยใช้แบบจำลองที่พิจารณาว่าอุปสงค์ในอนาคตเป็นแบบสโตแคสติก (Stochastic) ซึ่งแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด คือ สโตแคสติกแบบคงที่ (Stationary) และไม่คงที่ (Non-stationary)

อุปสงค์แบบสโตแคสติกชนิดคงที่เป็นอุปสงค์ที่มีการใส่สมมติฐานว่าไม่มีลักษณะเป็นฤดูกาลหรือการขยายตัวใดๆ (No growth or seasonality exists) [9] หรือบางครั้งอาจจะมีสมมติฐานที่กำหนดให้เกิดขึ้นได้แต่จะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น ในขณะที่นิยามของแบบไม่คงที่นั้นเป็นการนำสมมติฐานข้างต้นออก และพิจารณาว่าอุปสงค์นั้นไม่มีค่าเฉลี่ยโดยธรรมชาติ (Natural mean) และ

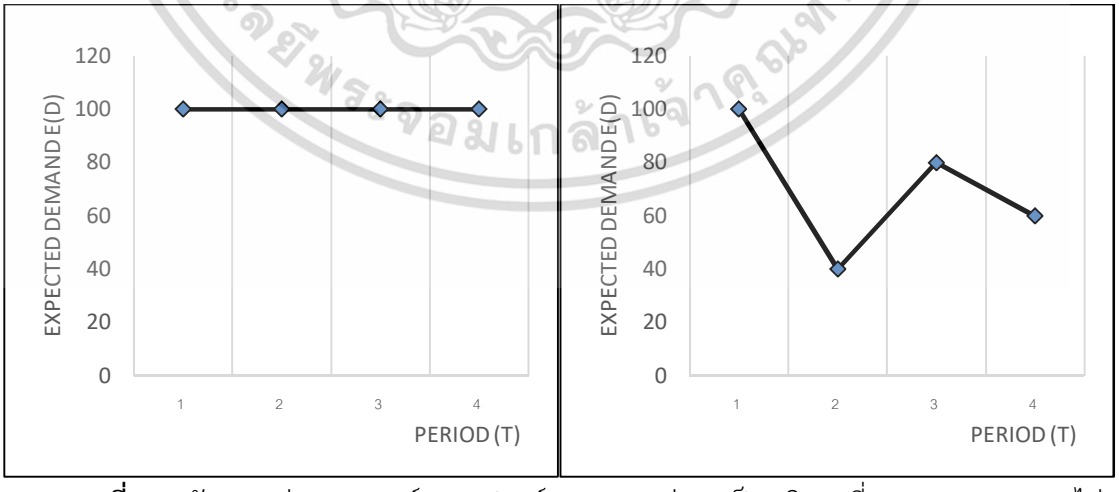
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถมีความแปรปวนของข้อมูลได้ไม่จำกัด (Infinite variance) [10] ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นอุปสงค์ส่วนใหญ่เป็นแบบไม่คงที่ แต่เนื่องจากความซับซ้อนและระยะเวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับแบบคงที่ ส่งผลให้การพิจารณาว่าอุปสงค์เป็นแบบไม่คงที่สำหรับการวางแผนการผลิตไม่ค่อยได้รับความสนใจจากภาคธุรกิจเท่าที่ควร [11] ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงจะทำการศึกษาในอุปสงค์แบบสโตแคสติกชนิดไม่คงที่

การพิจารณาอุปสงค์ในอนาคตแบบสโตแคสติกชนิดไม่คงที่ ส่งผลให้อุปสงค์เป็นเพียงตัวแปรสุ่ม (Random variable) ที่รู้เฉพาะฟังก์ชั่นการกระจายตัวของความน่าจะเป็น (Probability distribution function) ซึ่งค่าพยากรณ์ที่ใช้ในการวางแผนการผลิตนั้นเป็นเพียงค่าคาดการณ์ (Expected value) ดังนั้นอุปสงค์จึงมีโอกาสที่จะมีค่าน้อยกว่าหรือสูงกว่าค่าคาดการณ์ดังกล่าวดังแสดงในภาพที่ 1.2 และภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.2 ความวุ่นวายในการผลิตที่เกิดจากตัวแปรสุ่ม (x) ภายใต้การกระจายตัวแบบปกติ



ภาพที่ 1.3 ลักษณะค่าคาดการณ์ของอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดคงที่ (Stationary) และไม่คงที่ (Non-stationary) [9-10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

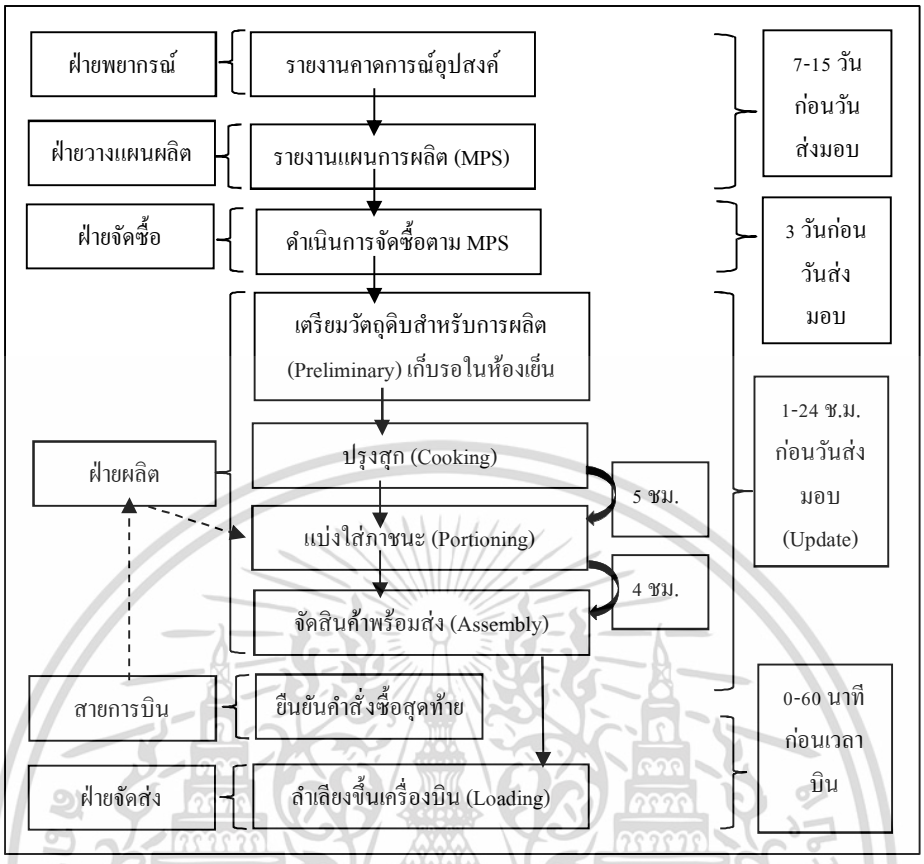
ในกรณีที่อุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงนั้นน้อยกว่าค่าคาดการณ์ตามแผนการผลิตจะก่อให้เกิดต้นทุนสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากอุปสงค์มากกว่าค่าคาดการณ์ตามแผนการผลิตที่วางแผนไว้จะทำให้เกิดการสูญเสียโอกาสในการขาย (Lost sale) หรือคำสั่งซื้อค้างส่ง (Backlog) ซึ่งในบางอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน การเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจะทำให้เที่ยวบินไม่สามารถออกตามเวลาได้และต้องรอจนกว่าจะมีปริมาณอาหารครบตามคำสั่งซื้อ ส่งผลให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องแทรกแทรงแผนการผลิตแบบฉุกเฉินเพื่อแก้ปัญหาคำสั่งซื้อที่ค้างส่งจนครบตามปริมาณ

อุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน (Airline catering) เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ระบบการผลิตมีความซับซ้อนและอ่อนไหวต่อการเกิดความวุ่นวายในการผลิตสูง เนื่องจากอุปสงค์ต่ออาหารบนเที่ยวบิน (Inflight meal) นั้นเป็นเพียงอุปสงค์สืบเนื่อง (Derived demand) กล่าวคือ คำสั่งซื้ออาหารบนเที่ยวบินที่ผู้ให้บริการอาหารด้านการบิน (Airline caterers) จะได้รับจากสายการบินนั้นสอดคล้องกับปริมาณผู้โดยสารในแต่ละเที่ยวบิน ตลอดจนเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการบริโภค (สำหรับผู้โดยสารในชั้นธุรกิจและชั้นเฟิร์สคลาส) ซึ่งความต้องการใช้บริการเครื่องบินเพื่อเดินทางนั้นก็เป็นอุปสงค์สืบเนื่องเช่นกัน กล่าวคือ ต้องการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทางเนื่องด้วยเหตุผลต่างๆ ก่อให้เกิดเป็นอุปสงค์ต่อการเดินทางโดยเครื่องบินด้วยสายการบินนั้นๆ เป็นต้น ส่งผลให้การพยากรณ์ปริมาณผู้โดยสารและพฤติกรรมการบริโภคในแต่ละเที่ยวบินจึงซับซ้อนและมีความผิดพลาดสูง ความท้าทายด้านการผลิตที่ผู้ให้บริการอาหารด้านการบินทั่วโลกต้องเผชิญได้แก่ สายการบินจะทำการยืนยันคำสั่งซื้อสุดท้าย (Confirmed order) ได้ช้าที่สุดเพียงประมาณครึ่งชั่วโมงก่อนเวลาบิน (รอจนกระทั่งเคาน์เตอร์เช็คอินปิด) [12]

การผลิตน้อยกว่าจำนวนคำสั่งซื้อ (จำนวนผู้โดยสารในเที่ยวบิน) อาจก่อให้เกิดความเสียหายสูงสุดได้แก่เที่ยวบินล่าช้า ในขณะที่การผลิตมากกว่าจำนวนคำสั่งซื้อเพื่อลดความเสี่ยงจากการผลิตน้อยเกินไปนั้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นที่ซึ่งอาจทำให้สายการบินเปลี่ยนไปใช้บริการผู้ให้บริการอาหารด้านการบินรายอื่นแทน ดังนั้นอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินจึงอ่อนไหวต่อการเกิดความวุ่นวายในการผลิตสูง

บริษัทผู้ให้บริการอาหารด้านการบินสามารถแบ่งลักษณะของบริษัทได้ 2 ชนิด ได้แก่ บริษัทในเครือของสายการบิน หรือผู้ให้บริการแบบอินเฮาส์ (Inhouse catering) ทำหน้าที่ผลิตอาหารบนเที่ยวบินสำหรับสายการบินของตนเองและสายการบินอื่นๆ (Other airlines หรือ OA) ในขณะที่ผู้ให้บริการภายนอก (Outsourced catering) ทำหน้าที่เหมือนกับบริษัทชนิดแรกแต่ไม่ได้สังกัดสายการบินใด [12] ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ให้บริการอาหารด้านการบินทั้งสิ้น 4 บริษัท แบ่งเป็นผู้ให้บริการแบบอินเฮาส์ 3 บริษัท และผู้ให้บริการภายนอก 1 บริษัท งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาระบบการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินในบริบทของบริษัทแบบอินเฮาส์ โดยระบบการผลิตในภาพที่ 1.4 แสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



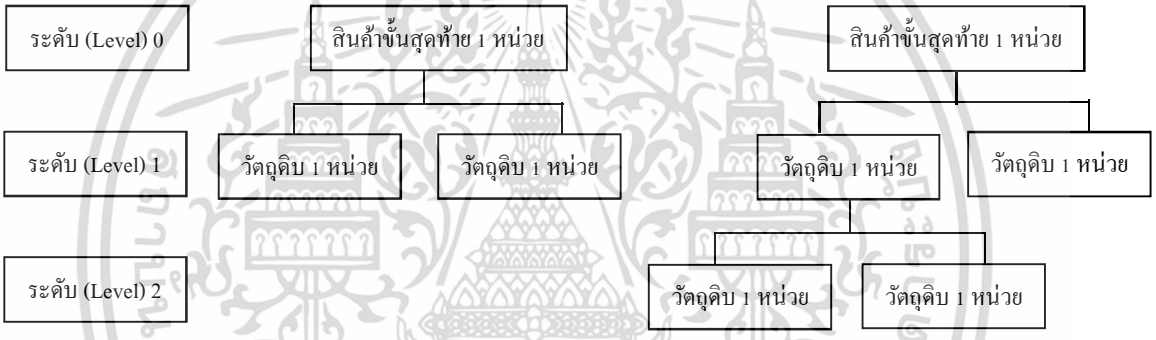
ภาพที่ 1.4 ภาพรวมขั้นตอนการผลิตของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย

จากการเก็บข้อมูลจากผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทยทั้ง 3 แห่งนั้น สามารถเขียนเป็นแผนภาพขั้นแสดงตอนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินของบริษัทแบบอินเฮาส์ในประเทศไทยได้ดังภาพที่ 1.4 กล่าวคือ กระบวนการผลิตเริ่มต้นจากฝ่ายพยากรณ์ดำเนินการพยากรณ์ปริมาณผู้โดยสารในแต่ละเที่ยวบินทั้งของสายการบินตนเองและสายการบินอื่นๆ เพื่อออกเป็นรายงานพยากรณ์แสดงรายละเอียดค่าคาดการณ์ของความต้องการในแต่ละสินค้า (เมนูอาหาร) ในแต่ละวันของรอบการผลิต (Planning horizon) ซึ่งมีระยะเวลาไม่เท่ากัน เช่น บางบริษัทรอบวางแผนการผลิตมีระยะเวลา 7 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ตามรอบวันของสัปดาห์ ในขณะที่บางบริษัทอาจจะยาวกว่าหรือสั้นกว่า 7 วัน ทั้งนี้รายงานดังกล่าวจะมีการออกก่อนรอบการผลิตจริงประมาณ 7-14 วันขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัท

จากนั้นฝ่ายวางแผนการผลิตจะนำรายงานดังกล่าวมาวางแผนการผลิต เช่น ออกเป็นตารางแผนการผลิตหลัก (Master Production Scheduling หรือ MPS) ของแต่ละเมนูซึ่งกำหนดปริมาณการผลิตในแต่ละวันของรอบวางแผนการผลิต (จะมีการปรับเพิ่มหรือลด ไปจากรายงานพยากรณ์ตามแต่เทคนิคการวางแผน MPS) ตลอดจนแผนอื่นๆ เช่น เครื่องจักร แรงงาน และตารางการขนส่ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อมาฝ่ายเตรียมวัตถุดิบ (Preliminary หรือ Preparation) จะนำรายงาน MPS ดังกล่าวมาคำนวณและออกรายงานความต้องการใช้วัตถุดิบที่ต้องใช้ในรอบการผลิตนั้นๆ (Bill of material หรือ BOM) และตารางแผนการใช้วัตถุดิบ (Material Requirement Planning หรือ MRP) เพื่อส่งให้ฝ่ายจัดซื้อดำเนินการจัดซื้อวัตถุดิบตามรายงานความต้องการใช้วัตถุดิบ ซึ่งจะทำให้ฝ่ายผลิตสามารถดำเนินการได้ตาม MPS ในขั้นต้น ทั้งนี้เมนูที่ผลิตนั้นมีทั้งแบบที่เป็นเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบระดับเดียว (Single level bill of material) ที่ซึ่งอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จ (Finished goods) มีอัตราหนึ่งต่อหนึ่ง เช่น สเต็กเนื้อหนึ่งหน่วย ประกอบไปด้วย เนื้อหนึ่งหน่วย และผักต้มหนึ่งหน่วย เป็นต้น และเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบหลายระดับ (Multi-level bill of material) เช่น ข้าวผัดไก่ประกอบด้วย ข้าวผัดหนึ่งหน่วย ซึ่งมีโครงสร้างวัตถุดิบระดับล่างลงมาได้แก่ ข้าวสวยหุงสุกนำไปผัดกับไข่และเนื้อไก่ ดังแสดงในภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างสินค้าที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียวและหลายระดับ

นอกเหนือไปจากออกรายงาน MRP ให้ฝ่ายจัดซื้อดำเนินการจัดซื้อเพื่อที่ฝ่ายผลิตจะได้สามารถดำเนินการตามตาราง MPS แล้วนั้น ฝ่ายเตรียมวัตถุดิบยังมีหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ได้แก่ การเปลี่ยนวัตถุดิบที่ได้จากฝ่ายจัดซื้อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้ เช่น วัตถุดิบแช่แข็งจะถูกนำมาละลายน้ำแข็ง (Thawing) ในขณะที่อาหารสด เช่น เนื้อสัตว์ และ ผัก จะถูกนำมาตัดแต่ง (Cutting) ตกแต่ง (Trimming) บด (Mincing) และใส่ส่วนผสม (Stuffing) ให้อยู่ในรูปแบบ ขนาด และน้ำหนัก ตรงตามคุณสมบัติและเงื่อนไขที่ได้ตกลงไว้กับสายการบิน เช่น เนื้อวัวนำเข้าสำหรับเมนูสเต็ก ถูกจัดซื้อแบบชิ้นใหญ่ตามส่วนนั้นๆ ของวัว เช่น สันใน (Sirloin) แบบแช่แข็ง ดังนั้นเมื่อถึงรอบการผลิต ฝ่ายเตรียมวัตถุดิบจะทำการละลายและตัดแต่ง เนื้อจากชิ้นใหญ่ ให้ได้ขนาดและน้ำหนักตรงตามข้อตกลงกับสายการบินลูกค้า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า สำหรับกรณีเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบระดับเดียว เช่น สเต็ก ตัวเลขความต้องการสินค้าขั้นสุดท้ายกับตัวเลขวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิตสินค้าขั้นสุดท้ายจึงเป็นตัวเลขเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างค่าคาดการณ์อุปสงค์ของสเต๊กเนื้อในรอบการวางแผนจากฝ่ายพยากรณ์

รายการ/	ค่าคาดการณ์อุปสงค์ (Expected demand) ในแต่ละช่วงเวลา (หน่วย:ชุดอาหาร)						
ช่วงเวลา	1	2	3	4	5	6	7
สเต๊กเนื้อ	300	400	550	400	500	450	500

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างตารางการผลิตที่แสดงความต้องการวัตถุดิบสำหรับผลิตสเต๊กเนื้อในตารางที่ 1.1

รายการ/	ค่าคาดการณ์ความต้องการวัตถุดิบ (เนื้อที่หั่นแล้ว) ในแต่ละช่วงเวลา (หน่วย:ชิ้น)						
ช่วงเวลา	1	2	3	4	5	6	7
เนื้อ (ชิ้น)	300	400	550	400	500	450	500

ตารางที่ 1.1 แสดงตัวอย่างค่าคาดการณ์ของอุปสงค์ที่มีการกระจายตัวแบบปกติต่อสเต๊กเนื้อ (สินค้าขั้นสุดท้าย) ในแต่ละวันของรอบการวางแผน ซึ่งฝ่ายผลิตจะใช้เนื้อ (วัตถุดิบ) ที่ฝ่ายเตรียมวัตถุดิบได้หั่นและตัดแต่งอยู่ในรูปแบบ ขนาด และน้ำหนักตามเงื่อนไขของสายการบิน นำไปปรุงให้สุกด้วยวิธีการที่ตกลงกับสายการบินลูกค้า โดยปริมาณความต้องการเนื้อที่เป็นวัตถุดิบดังกล่าวแสดงในตารางที่ 1.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าภายใต้สินค้าที่มีโครงสร้างความต้องการวัตถุดิบระดับเดียวนั้น ตัวเลขความต้องการสินค้าขั้นสุดท้ายกับตัวเลขความต้องการวัตถุดิบในขั้นตอนการปรุงให้สุกนั้นเป็นตัวเลขที่สอดคล้องกัน ทั้งนี้ในกรณีที่ภายในวันเดียวกันนั้นมีเที่ยวบินที่สั่งสเต๊กเนื้อที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน ฝ่ายผลิตอาจรวม (Pull) การผลิตเข้าด้วยกันเพื่อประหยัดเวลาในการผลิต

ภายหลังจากอาหารปรุงสุกแล้วจะถูกบรรจุลงในภาชนะ (Portion) ตามข้อตกลงของแต่ละสายการบิน และดำเนินการลำเลียง (Loading) ขึ้นเครื่องบินตามตารางเวลาบิน อย่างไรก็ตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของอาหารด้านการบินโดย International Flight Service Associations (IFSA) และ International Flight Catering Associations (IFCA) กำหนดให้อาหารที่ผ่านการปรุงสุกแล้วต้องทำการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Rapid cooling) ด้วยการพักไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ โดยกำหนดให้อุณหภูมิของอาหารปรุงสุกต้องอยู่ที่ระดับไม่เกิน 10 องศาเซลเซียสก่อนที่จะสามารถบรรจุลงภาชนะได้ และหลังจากบรรจุลงภาชนะแล้ว ต้องลดอุณหภูมิอีกครั้งให้อยู่ที่ระดับไม่เกิน 5 องศาเซลเซียสก่อนที่จะสามารถลำเลียงขึ้นเครื่องบินเพื่อให้บริการแก่ผู้โดยสารได้ ซึ่งขั้นตอนการลดอุณหภูมิหลังจากปรุงสุกนั้นใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ในขณะที่ขั้นตอนลดอุณหภูมิหลังจากบรรจุลงภาชนะแล้วใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ให้บริการฯจะได้รับการยืนยันคำสั่งซื้อที่ระบุปริมาณอาหารในแต่ละเมนูล่วงหน้าก่อนเวลาบินประมาณ 0-24 ชั่วโมง กล่าวคือ สายการบินในเครือข่ายส่วนใหญ่สามารถยืนยันคำสั่งซื้อสุดท้ายได้ก่อน 24 ชั่วโมง ในขณะที่สายการบิน OA บางแห่งทำการยืนยันคำสั่งซื้อเพียงครั้งเดียวก็ต่อเมื่อเคาน์เตอร์เช็คอินปิดแล้ว บางแห่งยืนยันครั้งแรกประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะยืนยันคำสั่งซื้อสุดท้ายอีกครั้งหลังจากเคาน์เตอร์เช็คอินปิด ซึ่งถือเป็นความท้าทายหลักของการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารการบิน การผลิตน้อยกว่าจำนวนผู้โดยสารส่งผลให้ผู้โดยสารบางส่วนไม่ได้รับอาหารบนเที่ยวบินนั้นเป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้สำหรับสายการบิน ผลของการแก้ปัญหาที่แย่ที่สุด เช่น เริ่มผลิตใหม่ในจำนวนที่ขาดไปนั้นอาจก่อให้เกิดเที่ยวบินล่าช้า ในขณะที่การผลิตเกินเผื่อไว้จะเป็นต้นทุนการผลิตที่ไม่ได้รับค่าจ้างเนื่องจากสายการบินจะจ่ายเงินเท่ากับคำสั่งซื้อที่ยืนยันเท่านั้น

ผู้ให้บริการอาหารด้านการบินได้พยายามลดความเสี่ยงจากผลกระทบของการตัดสินใจผลิตก่อนได้รับคำสั่งซื้อยืนยันด้วยการเก็บวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพที่ตรงกับข้อตกลงกับสายการบิน (ผ่านการดำเนินการของฝ่ายเตรียมวัตถุดิบ) ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2 เพื่อให้สามารถรอคำสั่งซื้อยืนยันได้นานที่สุดในสภาพที่พร้อมนำไปปรุงสุกมากที่สุด การมีวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุกมากเกินความต้องการผลิตในวันจะทำให้ต้นทุนรวมสูงขึ้นแต่ส่วนเกินดังกล่าวสามารถเก็บไว้ใช้ในวันถัดไปได้ แต่ถ้าหากเป็นสินค้าปรุงสุกที่บรรจุอยู่ในภาชนะของสายการบินนั้นๆแล้วโอกาสในการเก็บสะสมเพื่อใช้ในวันถัดไปมีต่ำมากเนื่องจากข้อกำหนด HACCP (Hazard analysis and critical control point) กำหนดให้อาหารที่ผ่านการปรุงสุกต้องใช้ภายใน 48 ชั่วโมงตั้งแต่เวลาปรุงสุกแล้วจนถึงเวลาเครื่องบินออก (สูงสุด 72 ชั่วโมงในบางชนิดอาหาร) ส่วนกรณีถ้ามีวัตถุดิบพร้อมปรุงสุกมีน้อยเกินกว่าความต้องการใช้จะส่งผลให้ต้องเริ่มกระบวนการใหม่ตั้งแต่เบิกวัตถุดิบมาตัดแต่งจนกระทั่งปรุงสุกและบรรจุพร้อมจัดส่งนั้นทำได้ไม่ทันเวลา

ตารางแผนการผลิตจะออกก่อนเวลาบินประมาณ 7 วันเพื่อที่ฝ่ายจัดซื้อจะได้ดำเนินการจัดซื้อวัตถุดิบตามตารางผลิตดังกล่าวให้ครบทุกวันในรอบแผนการผลิต ในขณะที่คำสั่งซื้อยืนยันสุดท้ายจากสายการบินนั้นจะได้รับประมาณ 0-24 ชั่วโมงก่อนเวลาบิน ในกรณีที่ปริมาณความต้องการวัตถุดิบตามแผนการผลิตน้อยกว่าคำสั่งซื้อยืนยันที่ได้รับในวันนั้นๆ จะส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมาก เนื่องจากไม่สามารถจัดซื้อเพิ่มได้ทัน ถึงแม้บางครั้งจะมีการนำวัตถุดิบของวันถัดไปมาใช้ก่อนชั่วคราวก็ยังคงสร้างความเสียหายจากการที่ปริมาณการผลิตตามแผนของวันถัดไปก็จะลดลงและเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายเนื่องมาจากคำสั่งซื้อมากกว่าปริมาณวัตถุดิบ ดังนั้นการตัดสินใจกำหนดปริมาณความต้องการใช้วัตถุดิบในแต่ละวันในรอบวางแผนการผลิต ที่ซึ่งฝ่ายจัดซื้อจะดำเนินการจัดซื้อตามผลรวมของความต้องการวัตถุดิบของทุกวันในรอบแผนการผลิตนั้นๆ จึงมีความสำคัญอย่างมากทั้งในด้านการลดความเสี่ยงจากความวุ่นวายในการผลิต และในด้านต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะการผลิตในข้างต้นที่การตัดสินใจเบิกวัตถุดิบเพื่อนำมาเปลี่ยนเป็นวัตถุดิบตัดแต่งพร้อมสำหรับปรุงสุกไม่สามารถตัดสินใจได้แบบต่อเนื่อง เช่น ตัดสินใจเบิกทุกครั้งเมื่อปริมาณวัตถุดิบพร้อมปรุงสุกเหลือถึงระดับขั้นต่ำแบบคงที่ เนื่องจากความต้องการใช้เป็นแบบความน่าจะเป็นดังนั้นปริมาณขั้นต่ำดังกล่าวอาจเพียงพอหรือไม่เพียงต่อการผลิตในช่วงเวลาถัดไป ส่งผลให้การตัดสินใจเรื่องช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเบิกวัตถุดิบจึงแปรผันตามอุปสงค์ที่แท้จริง ตลอดจนระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาที่ควรมีนั้นก็ไม่คงที่เท่ากันทุกช่วงเวลาแต่ขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่แท้จริง ดังนั้นการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นด้วยนโยบายตรวจสอบแบบเป็นระยะ (Periodic review) ชนิด R^n,S^n เมื่อ R^n หมายถึงช่วงเวลาตัดสินใจเบิกวัตถุดิบเพื่อเข้ากระบวนการปรุงแต่งกลายเป็นวัตถุดิบพร้อมปรุงนั้นไม่คงที่และขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่แท้จริง ในขณะที่ S^n หมายถึงระดับวัตถุดิบ (สินค้า) สูงสุด (เหมาะสมที่สุด) ที่จำเป็นต้องมีในแต่ละช่วงเวลา จึงมีความเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

ในขณะเดียวกันการที่คำสั่งซื้อมีโอกาสเกิดขึ้นทั้งมากกว่าและน้อยกว่าค่าคาดการณ์ ดังนั้นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของทั้ง R^n และ S^n นั้นควรขึ้นอยู่กับนโยบายระดับการให้บริการ เช่น นโยบายระดับการให้บริการอยู่ที่ 90% หมายความว่าภายใต้การกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของ R^n และ S^n นั้นยอมให้ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยัน (ซึ่งได้รับหลังจากการกำหนดนโยบาย) มีโอกาสสูงกว่าระดับวัตถุดิบตัดแต่งพร้อมปรุงสุกที่เตรียมไว้ไม่เกินร้อยละ10 เป็นต้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลเป็นแบบความน่าจะเป็น ดังนั้นการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเป็นระดับการให้บริการแบบคงที่นั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยการเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นให้เป็นค่าคงที่นั้นเรียกว่า ผลลัพธ์แบบ สแน็ปชอต (Snapshot solution) [13]

การหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต เกิดขึ้นเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้อยู่บนพื้นฐานของอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ของวัตถุดิบที่ผ่านการตัดแต่งพร้อมปรุงสุกในสินค้าที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียวตามที่ได้กล่าวในข้างต้น โดยต้องการให้ผลการศึกษาที่ได้นั้นเป็นคำตอบแบบค่าคงที่ (Deterministic solution) ซึ่งหมายถึงการหาคำตอบบนบริบทของความน่าจะเป็น แต่ทำการเปลี่ยน (Convert) ให้เป็นคำตอบแบบค่าคงที่ด้วยการใช้ตัวแปรตัดสินใจชนิดคงที่ (Deterministic decision variable) ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะให้ผลลัพธ์ที่เปรียบเสมือนคำตอบที่มีการหยุดสภาวะพลวัตร (Dynamic) ของความน่าจะเป็นให้กลายเป็นค่าคงที่แบบชั่วคราว หรือเรียกว่าผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต โดยมีข้อจำกัดสำคัญคือมีความถูกต้องและเป็นไปได้เฉพาะภายใต้ข้อมูลที่เป็นค่าคงที่ๆ ได้มาจากการหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลแบบความน่าจะเป็นเท่านั้น (Valid and feasible for a certain realization) [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยชิ้นนี้จะลดข้อจำกัดข้างต้นด้วยการหาเซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอต ตั้งแต่การผลิตที่ระดับเท่ากับค่าคาดการณ์อุปสงค์ และเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับการให้บริการสูงที่สุดที่ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดให้เป็นระดับที่ไร้ผลกระทบจากการเกิดความวุ่นวาย (Nervousness impact-free) ด้วยการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นภายใต้นโยบาย R^n,S^n จะทำให้คำตอบในแต่ละระดับการให้บริการที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้ (ได้แก่ ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ระดับวัตถุดิบที่สูงที่สุดในแต่ละช่วงเวลา และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเบิกวัตถุดิบมาเปลี่ยนเป็นวัตถุดิบพร้อมปรุง) เป็นคำตอบที่มีความเหมาะสมที่สุด ภายใต้ข้อมูลค่าคงที่ซึ่งแปลงมาจากการหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลแบบความน่าจะเป็นในระดับการให้บริการนั้นๆ

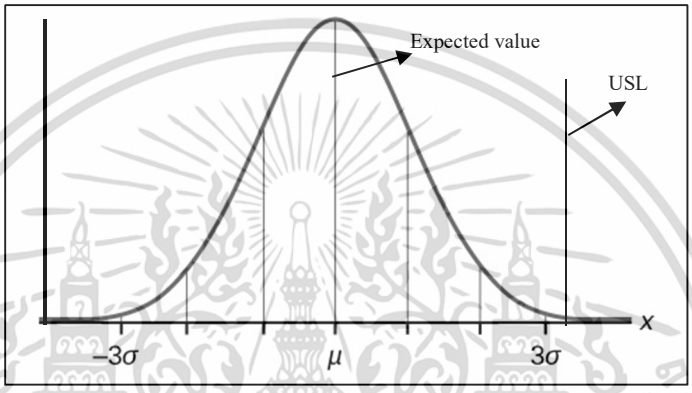
ผลรวมของระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดที่จำเป็นต้องมีในแต่ละช่วงเวลา (หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น) จะถูกนำไปจัดซื้อก่อนเริ่มแผนการผลิต ภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการที่หมายถึงการยอมรับให้มีโอกาสที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมากกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ไม่เกินระดับการให้บริการนั้นๆ ในขณะที่ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด จะทำหน้าที่ควบคุมความเสี่ยงไม่ให้คำสั่งซื้อที่จะได้รับนั้นมีโอกาสมากกว่าปริมาณการจัดซื้อเกินเงื่อนไขระดับการให้บริการ เช่น สมมติให้ t={1,...,7} โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรมีการเบิกวัตถุดิบมาเตรียมให้อยู่ในรูปพร้อมปรุงสุกเท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุด คือ {1,3,6} หมายความว่าถ้าหากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณวัตถุดิบที่จัดเตรียมไว้แล้วเท่าระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุด ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมีปริมาณมากกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดตามแผนนั้นจะไม่เกิน 10% (ตามเงื่อนไขระดับการให้บริการที่ 90%)

ภายใต้เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตตั้งแต่ระดับการให้บริการต่ำที่สุดจนถึงสูงที่สุดนั้น การกำหนดปริมาณความต้องการวัตถุดิบในแผนการผลิตด้วยการเลือกที่ระดับการให้บริการที่ต่ำนั้นถึงแม้จะมีต้นทุนที่ต่ำกว่า แต่ก็เพิ่มความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมีปริมาณสูงกว่าปริมาณวัตถุดิบพร้อมปรุงสุกที่เตรียมไว้ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบจากความวุ่นวายที่ซึ่งผลลัพธ์ในกรณีที่แย่ที่สุดคือ เที่ยวบินล่าช้า ในขณะเดียวกันการตัดสินใจลดความเสี่ยงดังกล่าวด้วยการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการสูง เช่น เพิ่มปริมาณวัตถุดิบที่เป็นเหมือนสินค้าสำรอง จะก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นที่ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันกับผู้ให้บริการรายอื่น ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Service Level หรือ OSL) ระหว่างต้นทุนรวมและผลกระทบจากการเกิดความวุ่นวายในการผลิตจึงเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้

การตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากผลกระทบของความวุ่นวายในการผลิต หมายถึงการเลือกกำหนดปริมาณวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย ความท้าทายหลักได้แก่ ความสามารถในการระบุขอบเขตควบคุมบน (Upper Specification Limit หรือ USL) ที่ซึ่งหมายถึงมีความเป็นไปได้น้อยที่สุดที่คำสั่งซื้อที่เป็นตัวแปรสุ่มจะมีค่ามากเกินกว่า ซึ่งในกรณีของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนเที่ยวบินนั้น USL ได้แก่ จำนวนที่นั่งสูงสุดของเครื่องบินในเที่ยวบินนั้นๆ ซึ่งถึงแม้ในแต่ละเที่ยวบินจะมีจำนวนที่นั่งสูงสุดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องบิน (Cabin configuration) แต่การวางแผนการผลิตด้วยการกำหนดปริมาณการผลิตไว้สูงสุดเท่ากับจำนวนที่นั่งสูงสุดในทุกเที่ยวบิน (ถึงแม้จะได้รับเงินเฉพาะเท่ากับคำสั่งซื้อยืนยันเท่านั้น) เปรียบได้กับการตัดสินใจผลิตที่ระดับ USL ดังแสดงในภาพที่ 1.6 ที่ซึ่งเป็นระดับการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย การศึกษาต้นทุนจากการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายจึงเป็นอีกหนึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้



ภาพที่ 1.6 ระดับขอบเขตควบคุมบน (Upper Specification Limit) เทียบกับค่าคาดการณ์

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จะเริ่มทำการศึกษาด้วยการยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการคำนวนระดับความวุ่นวาย จากนั้นเมื่อสามารถยืนยันได้ถึงการมีอยู่ของความวุ่นวายในการผลิต ขั้นตอนที่สองคือ การวางแผนการผลิตโดยการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ดีที่สุด (Optimal expected total cost) ซึ่งหมายถึงต้นทุนรวมที่เหมาะสมที่สุดของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้บริบทของการแปลงข้อมูลจากความน่าจะเป็นให้เป็นแบบคงที่ของการผลิตในแต่ละระดับการให้บริการของสินค้าคงคลังตั้งแต่ต่ำสุดจนถึงระดับ USL ที่ซึ่งเป็นระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย

หลังจากที่สามารถหาเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการที่แตกต่างกันแล้ว ขั้นต่อไปจะเป็นการพัฒนาวิธีการในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดภายใต้การเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนที่เพิ่มขึ้นกับต้นทุนความน่าจะเป็นของการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายที่ซึ่งก่อให้เกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง

งานวิจัยชิ้นนี้จะเริ่มต้นทำการทดลองแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อเพื่อให้ได้เซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอตโดยข้อมูลทดสอบที่กำหนดขึ้นเอง (Self-generated) ซึ่งมีเป้าหมายหลักเพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่เป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทุกอุตสาหกรรมที่อ่อนไหวต่อความวุ่นวาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(General knowledge) จากนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการทดสอบอีกครั้งด้วยการทดลองกับข้อมูลตารางการผลิตจริงของสินค้าที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบระดับเดียว ด้วยการใช้บริษัทกรณีศึกษาผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์แห่งหนึ่ง เพื่อทดสอบว่าข้อค้นพบดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงหรือไม่

ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้ซึ่งถือเป็นผลลัพธ์สำคัญได้แก่ 1. ได้เครื่องมือที่ใช้ในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดจากเซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอต ซึ่งเป็นคำตอบที่มีค่าเหมาะสมที่สุดแบบคงที่จากการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อที่มีอุปสงค์เป็นแบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ โดยเป็นการตัดสินใจระหว่างต้นทุนที่เพิ่มขึ้นกับผลกระทบจากความวุ่นวายที่ลดลง ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบว่ามีงานวิจัยชิ้นใดที่พัฒนาเครื่องมือดังกล่าวปรากฏ 2. งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอแนวทางในการคำนวณต้นทุนของการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีความแตกต่างจากงานวิจัยชิ้นอื่นดังนี้ งานวิจัยชิ้นนี้ใช้การคำนวณด้วยการเปรียบเทียบคำตอบแบบสแน็ปชอต ภายใต้กลยุทธ์การลดความไม่แน่นอนชนิดเดียวกัน ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆที่ ปรากฏในการทบทวนวรรณกรรมนั้นเป็นการคำนวณด้วยการเปรียบเทียบระหว่างกลยุทธ์ที่แตกต่างกัน และไม่ใช่คำตอบที่เป็นเซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอต 3. ได้ข้อเสนอแนะด้านนโยบายสินค้าคงคลังภายใต้เป้าหมายการลดผลกระทบจากความวุ่นวาย เช่น สินค้าแต่ละชนิดตอบสนองต่อการใช้นโยบายสินค้าคงคลังชนิดเดียวกันหรือไม่ ทั้งนี้จากการศึกษาซึ่งเปลี่ยนความน่าจะเป็นให้เป็นเซ็ตของคำตอบแบบค่าคงที่นั้น ทำให้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งโดยนักวิชาการและผู้ประกอบการ เนื่องจากสามารถดำเนินการได้โดยการใช้เพียงโปรแกรมสำหรับการแก้ปัญหาทั่วไป (Solver program)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายด้านสินค้าคงคลังในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตให้แก่อุตสาหกรรมที่มีความไม่แน่นอนของอุปสงค์สูง โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์และวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต

2. เพื่อกำหนดระดับวัตถุดิบและช่วงเวลาในการเติมวัตถุดิบสำหรับการผลิต ที่ทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดจากการตัดสินใจผลิตในแต่ละระดับการให้บริการภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่

3. เพื่อพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดและระดับความวุ่นวายในการผลิต

4. ได้แนวทางในการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสมที่สุดระหว่างความวุ่นวายในการผลิตและต้นทุนรวมคาดการณ์โดยสามารถเปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละทางเลือกได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 คำถามวิจัย

1. ระดับความวุ่นวายในการผลิตจะมีระดับที่แตกต่างกันหรือไม่ถ้าหากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น อุปสงค์และค่าพารามิเตอร์ต่อสินค้าชนิดนั้นแตกต่างกัน

2. ความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายลดลงหรือไม่ถ้าตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบในระดับการให้บริการที่สูงขึ้นจากค่าคาดการณ์ และต้นทุนรวมคาดการณ์รวมในการผลิตจะเปลี่ยนไปเท่าไร

3. ต้นทุนของการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายในสินค้าที่มีลักษณะ (ค่าพารามิเตอร์) แตกต่างกันนั้นมีค่าเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่

4. ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างความวุ่นวายในการผลิตและต้นทุนรวมคาดการณ์ในแต่ละชนิดสินค้าควรอยู่ที่ระดับใด

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้มีขอบเขตด้านเนื้อหาและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยดังนี้

1. ทฤษฎีเรื่องความวุ่นวายในการผลิต (Schedule nervousness)
2. แนวความคิดเรื่องปัญหาปริมาณการสั่งซื้อ (Lot sizing problem)
   2.1 การแก้ปัญหาปริมาณการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็น
   2.2 นโยบายสินค้าคงคลังแบบ (R^n, S^n) ภายใต้กลยุทธ์ลดความไม่แน่นอนแบบอพลวัตร-พลวัตร (Static-Dynamic uncertainty strategy)
   2.3 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (คงที่รอบการสั่ง R และขนาดการสั่ง S ตามอุปสงค์จริง) ภายใต้อุปสงค์แบบ Non-Stationary stochastic โดยใช้แบบจำลอง Tarim and Kingsman (2004)
3. แนวความคิดเรื่องระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Service Level, OSL)

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1. รวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ

งานวิจัยชิ้นนี้จะเริ่มต้นการศึกษาด้วยการทบทวนวรรณกรรม (Literature reviews) เพื่อให้ได้ข้อมูลทุตุยิภูมิ (Secondary data) ก่อนที่จะทำการสังเคราะห์เพื่อให้ได้ 1) แบบจำลองในการคำนวณระดับความวุ่นวายในการผลิตพร้อมทั้งตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) แบบจำลองในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่ต่อเนื่องโดยนโยบาย (R^n , S^n) ภายใต้กลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร 3) ศึกษาและรวบรวมวิธีและตัวอย่างการกำหนดค่า (Generate) พารามิเตอร์สำหรับการคำนวณด้วยตัวแบบจำนวนเต็มกึ่งผสม (Mixed Integer) และ 4) ศึกษาและรวบรวมวิธีและตัวอย่างในการคำนวนหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (OSL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดระดับความวุ่นวายในการผลิตเพื่อวิเคราะห์ผล

วัดระดับความวุ่นวายในการผลิตด้วยข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษาซึ่งอยู่ในอุตสาหกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิต จากนั้นนำระดับความวุ่นวายที่วัดได้ดังกล่าวไปวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมได้แก่ การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ทางสถิติกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องด้านการผลิต เช่น ปริมาณการผลิต สินค้าสำรอง เป็นต้น เพื่อศึกษาชนิดของความวุ่นวายที่เกิดขึ้น และทดสอบว่าปัจจัยใดบ้าง เช่น การเพิ่มปริมาณสินค้าสำรอง สามารถลดระดับความวุ่นวายได้จริงหรือไม่

3. ทดลองแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการที่สูงขึ้น

เมื่อสามารถยืนยันความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างสินค้าสำรองกับความวุ่นวายในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ขั้นต่อไปจะเป็นการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังผ่านการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นด้วยกลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร โดยการหาปริมาณและช่วงเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดที่ระดับการให้บริการต่างๆ เนื่องจากระดับการให้บริการที่สูงขึ้นทำให้ความน่าจะเป็นที่อุปสงค์แท้จริงจะสูงกว่าระดับ order-up-to-level นั้นน้อยลง ผลที่ได้จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่สูงขึ้นกับความน่าจะเป็นที่จะเกิดความวุ่นวายที่ลดลงจากตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นได้

4. พัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

ภายหลังจากได้ต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในทุกๆ ระดับการให้บริการตั้งแต่ต่ำที่สุดจนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (จากเซ็ตของระดับการให้บริการที่กำหนดขึ้นในการทดลอง) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดบนพื้นฐานของการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เพิ่มขึ้น กับต้นทุนการเกิดความวุ่นวายในการผลิตที่ลดลงจากการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการที่สูงขึ้น โดยการเสนอตัวแปรใหม่ขึ้นมา ได้แก่ ต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งซึ่งหาได้จากการรวมความน่าจะเป็นในทุกเหตุการณ์ที่ตัวแปรสุ่ม (อุปสงค์) จะสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ก่อนที่จะนำไปรวมกับผลการศึกษาเรื่องต้นทุนรวมคาดการณ์ในขั้นตอนที่ผ่านมา

5. ทำการทดลองโดยใช้บริษัทกรณีศึกษาเพื่อยืนยันผลการศึกษา

ภายหลังจากทำการทดลองขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนสำเร็จ และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ได้แก่ สามารถอธิบายความเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดจากการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการต่ำที่สุดจนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย และสามารถใช้เครื่องมือในขั้นตอนที่ 4 ระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำเครื่องมือดังกล่าวไปทดลองใช้กับข้อมูลจริงในอุตสาหกรรมการผลิตที่มีความอ่อนไหวสูงต่อการเกิดความวุ่นวายในการผลิต ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน โดยจะทำการติดต่อเพื่อขอเข้าเก็บข้อมูลและนำมาทดลองขั้นตอนที่ 2 และ 3 อีกครั้งเพื่อยืนยันผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และเผยแพร่ผลงานวิจัย

เมื่อได้ผลการศึกษาแล้ว จะดำเนินการเผยแพร่ผลงานจำนวน 3 บทความในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (International Conference) และ 1 บทความในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ (International Journal) ตลอดจนจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา (Definition)

1. ผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต หมายถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการที่คำสั่งซื้อซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มมีมากกว่าปริมาณการผลิตตามแผน เช่น เกิดค่าปรับจากการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง เป็นต้น

2. ระดับการผลิตแบบไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย หมายถึง แผนการผลิตที่มีการกำหนดปริมาณการผลิตไว้สูงเท่ากับระดับขอบเขตควบคุมบน (Upper Specification Limit หรือ USL) ส่งผลให้ถึงแม้เกิดความวุ่นวายในการผลิตขึ้นก็จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเนื่องจากมีการผลิตที่ปริมาณสูงที่สุด เช่น การผลิตที่ปริมาณเท่ากับที่นั่งสูงสุดของแต่ละเครื่องบิน เป็นต้น

3. ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต (Snapshot solution) หมายถึง การหาผลลัพธ์บนข้อมูลแบบความน่าจะเป็นแต่แปลงคำตอบให้เป็นค่าคงที่ ด้วยการเลือกตัดสินใจจากค่าคาดการณ์ (Expected value) ส่งผลให้ผลลัพธ์มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเฉพาะภายใต้ค่าคาดการณ์นั้นๆ

4. ต้นทุนคาดการณ์ หมายถึง ต้นทุนที่จะเกิดขึ้นจากการใช้ค่าคาดการณ์ที่เป็นค่าคงที่

5. ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering cost) หมายถึง ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสั่งซื้อสินค้า หรือวัตถุดิบนั้นๆ เช่น ค่าติดต่อประสานงาน ค่าพิธีการศุลกากร (ในกรณีสินค้านำเข้า) เป็นต้น

6. ต้นทุนการถือครอง หมายถึง ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดเก็บสินค้า หรือวัตถุดิบนั้นๆ เช่น ต้นทุนด้านคลังสินค้า ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของสินค้าหรือวัตถุดิบนั้นๆ เป็นต้น

7. อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ (Non-stationary stochastic demand) หมายถึง อุปสงค์ในอนาคตที่เป็นตัวแปรสุ่มที่รู้ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม โดยที่ค่าคาดการณ์ที่ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการกระจายตัวและความแปรปรวนของอุปสงค์มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลา (No natural mean and infinite variance)

8. ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็น (Stochastic lot-sizing problem) ภายใต้นโยบายสินค้าคงคลังแบบ (R^n, S^n) หมายถึง การหาระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา (S^n) และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับที่เหมาะสมที่สุด (R^n) ที่จะทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุด ทั้งนี้ผลลัพธ์ของ S^n และ R^n ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของอุปสงค์แบบความน่าจะเป็น

9. ระดับการให้บริการ (Service level) หมายถึง ระดับความน่าจะเป็นขั้นต่ำที่ยอมให้ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลามีค่าไม่ติดลบเนื่องมาจากอุปสงค์มีค่ามากกว่าวัตถุดิบที่เตรียมไว้ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการให้บริการ 90% หมายถึง ยอมให้มีความน่าจะเป็นที่อุปสงค์จะมากกว่าวัตถุดิบที่เตรียมไว้ได้ไม่เกิน 10% เป็นต้น

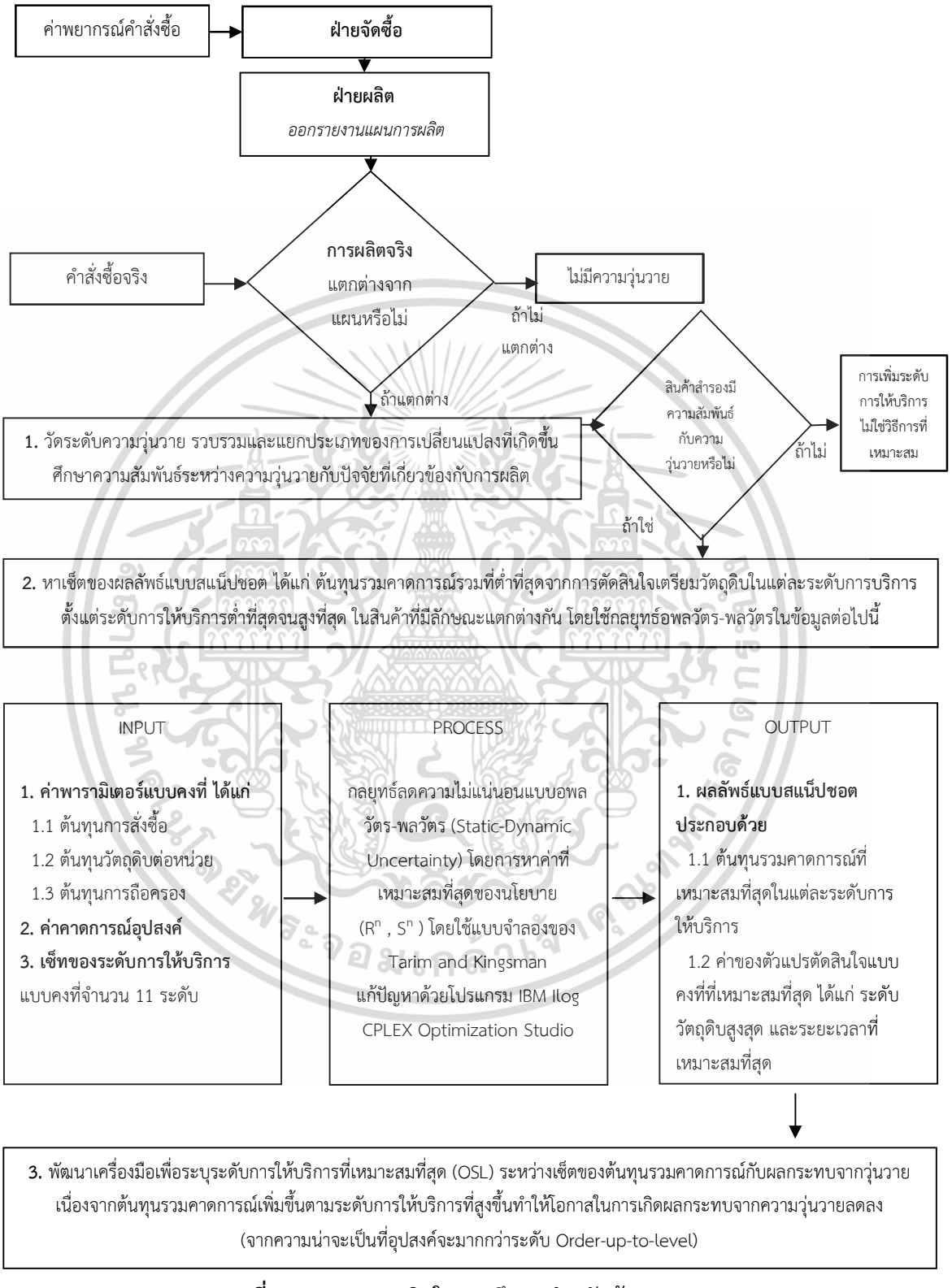
10. ระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุด หมายถึง ระดับวัตถุดิบสูงที่สุดที่จะทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตต่ำที่สุดในขณะเดียวกันไม่ละเมิดเงื่อนไขเรื่องระดับการให้บริการ

11. ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุด หมายถึง ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่จะเติมวัตถุดิบที่ซึ่งจะทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดในขณะเดียวกันไม่ละเมิดเงื่อนไขเรื่องระดับการให้บริการ

12. ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Service Level หรือ OSL) หมายถึง ระดับการให้บริการที่มีผลรวมระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตที่เหมาะสมที่สุดกับต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งซึ่งเป็นผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต ในแต่ละระดับการให้บริการภายในเซ็ตของระดับการให้บริการที่กำหนดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 กรอบแนวคิดวิจัย (Conceptual Framework)



ภาพที่ 1.7 กรอบแนวคิดในการศึกษาสำหรับข้อมูลทดสอบ

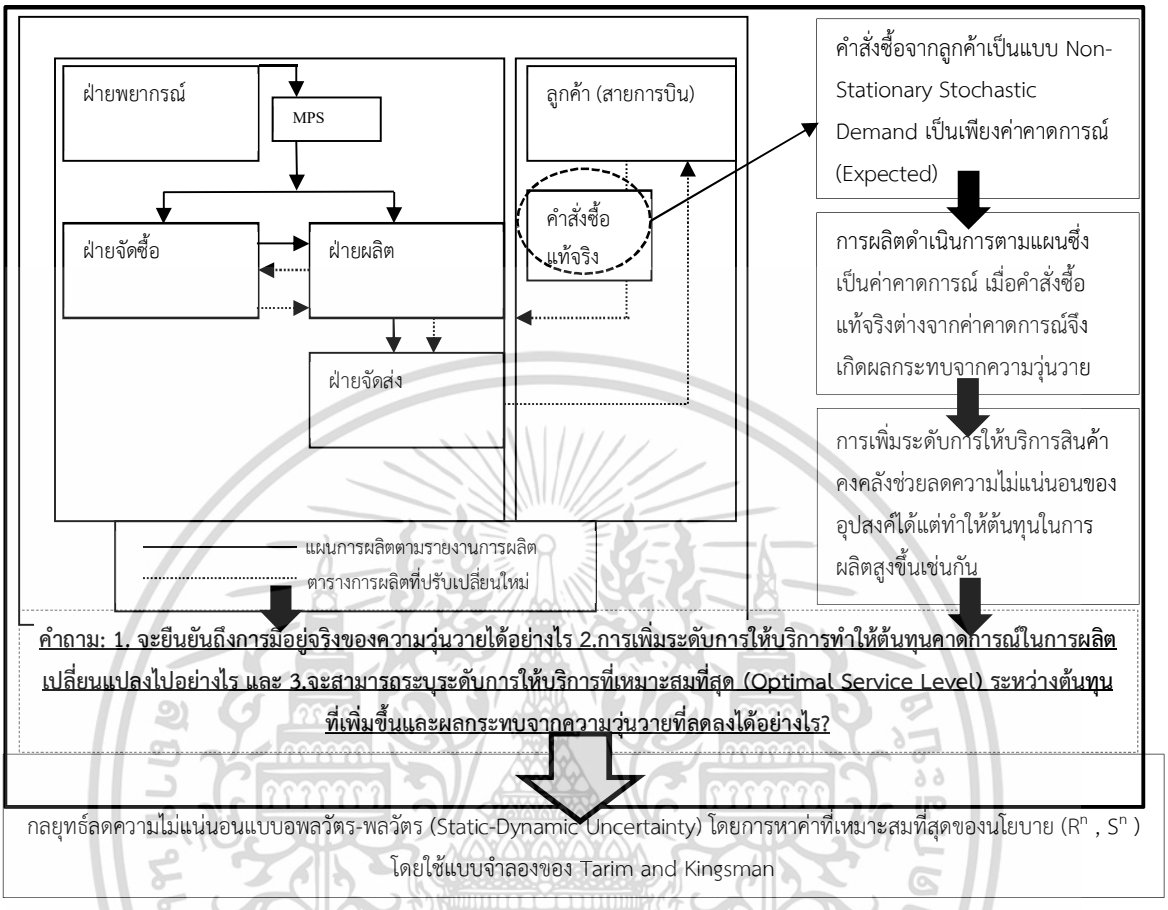
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1.7 แสดงถึงกรอบแนวคิดในการศึกษาในส่วนของการทดลองที่ใช้ข้อมูลทดสอบ (Generated) ซึ่งจะเริ่มต้นจากการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต จากนั้นนำระดับความวุ่นวายดังกล่าวไปทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิต เช่น ปริมาณรวมการผลิต ปริมาณสินค้าคงคลัง เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและเครื่องมือในการลดความวุ่นวายที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อพบว่าสินค้าสำรองมีความสัมพันธ์กับความวุ่นวายแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไป คือ การหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดจากการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นชนิดอุปสงค์ไม่คงที่ ด้วยการใช้กลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตรภายใต้เงื่อนไขเรื่องระดับการให้บริการ ซึ่งจะทำให้ได้เซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เป็นต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดจากการตัดสินใจผลิตในแต่ละระดับการให้บริการ ก่อนที่ขั้นตอนสุดท้ายจะนำผลการศึกษาทั้งหมดมาพัฒนาเป็นเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ใช้ในการผลิตและความวุ่นวายในการผลิต

ในขณะที่ภาพที่ 1.8 จะเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษาในส่วนของการทดลองโดยใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการเลือกใช้บริษัทผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแห่งหนึ่งในประเทศเนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิตสูง

ขั้นตอนในการศึกษาโดยใช้กรณีศึกษานั้นจะเหมือนกับการใช้ข้อมูลกำหนดขึ้นเอง เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงกับข้อมูลการผลิตจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดลองว่าเครื่องมือดังกล่าว เมื่อนำมาทดลองใช้กับข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษาแล้วนั้นจะเป็นอย่างไร โดยรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระดับการให้บริการ	Coefficient of Variation	Unit Cost	Ordering Cost	Holding Cost	ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด	ต้นทุนจากความน่าจะเป็นที่อุปสงค์จะสูงกว่าปริมาณการผลิตตามแผน
90%					90%	90%
91%					91%	91%
92%					92%	92%
93%	0.1	20	10	1	93%	93%
94%	0.3	100	100		94%	94%
95%	0.6	200			95%	95%
96%					96%	96%
97%					97%	97%
98%					98%	98%
99%					99%	99%
99.95%					99.95%	99.95%

ภาพที่ 1.8 กรอบแนวคิดในการศึกษาสำหรับทดลองโดยใช้กรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการรวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับความวุ่นวายในการผลิต (Schedule nervousness) ปัญหาปริมาณการสั่งซื้อ (Lot sizing problem) ที่รวมถึงวิธีการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต (Snapshot solution) แนวความคิดเรื่องการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Service Level, OSL) โดยเนื้อหาในส่วนแรกจะเริ่มต้นด้วยการรวบรวมแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในขณะที่เนื้อหาในส่วนที่สองเป็นการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความวุ่นวายในการผลิต (Schedule nervousness)

Pujawan [1] ระบุว่าความวุ่นวายในการผลิต (Schedule nervousness) หรือบางงานวิจัยเรียกว่า ความไม่มั่นคงในตารางการผลิต (Schedule instability) คือ คำที่ใช้เรียกสภาวะการเปลี่ยนแปลงต่อตารางการผลิตหลัก (MPS) ที่ทำให้เกิดความไม่มั่นคงต่อความต้องการใช้ชิ้นส่วนและส่วนประกอบของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ Tunc et al. [2] ให้คำนิยามว่าการเปลี่ยนแปลงของแผนการผลิตที่ได้ดำเนินการวางแผนไว้ล่วงหน้าแล้ว โดยส่งผลให้การตัดสินใจในการเติมระดับสินค้าเปลี่ยนไป เช่น การผลิตแตกต่างไปจากตารางการผลิตแรกที่ได้วางแผนไว้เนื่องจากปริมาณอุปสงค์ที่แท้จริงแตกต่างไปจากปริมาณการผลิตตามค่าพยากรณ์ เป็นต้น

ความวุ่นวายในการผลิตจะนำไปสู่ปัญหาด้านการจัดตารางงานของพนักงาน การจัดตารางงานของเครื่องจักร ตลอดจนการจัดตารางด้านการจัดส่ง [3] โดย Carlson et al. [4] ระบุว่าการผลิตที่แตกต่างไปจากตารางแผนการผลิตอาจจะทำให้ระบบการผลิตและการจัดส่งสินค้าหยุดชะงักและไม่ต่อเนื่องได้

Belmokhtar et al. [14] ระบุว่าเครื่องมือในการวัดระดับความวุ่นวายนั้นมีหลายชนิด แต่หนึ่งในแบบจำลองที่ถือเป็นเครื่องมือในการวัดระดับความวุ่นวายชิ้นแรก ตลอดจนได้รับความนิยมมากที่สุดนั้นพัฒนาโดย Sridharan et al. [15] ในปี 1988 โดยแบบจำลองดังกล่าวทำการวัดความวุ่นวายโดยคิดเป็นร้อยละของจำนวนสินค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากแผนการผลิตที่วางไว้เทียบกับจำนวนสินค้าทั้งหมดที่อยู่ในรอบการวางแผน (Planning horizon) แบบจำลองของดังกล่าวถูกอ้างอิงในงานวิจัยจำนวนมาก [16-18] โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{k>1} \sum_{t=M_k}^{M_{k+N-1}} \left| Q_{ti}^{k} - Q_{ti}^{k-1} \right|}{S} \quad (2.1)$$

โดยที่ (Notation):

I = ระดับความวุ่นวาย (หรือความไม่แน่นอน Instability)

i = สินค้า *i* (Item index)

n = จำนวนสินค้าทั้งหมดในแผนการผลิตหลัก (MPS)

t = ช่วงเวลา *t*

k = รอบการวางแผน (Planning cycle)

Q_{ti}^{k} = จำนวนสินค้า *i* ที่วางแผนให้ผลิตในช่วงเวลา *t* จากการวางแผนในรอบการวางแผน *k*

M_k = ช่วงเริ่มต้นของรอบการวางแผน *k*

N = ความยาวของรอบการวางแผน (Length of planning horizon)

S = จำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมดในทุกรอบการวางแผน

อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ.1995 ได้มีการพัฒนาต่อยอดเพื่อลดข้อจำกัดของแบบจำลองขั้นต้นที่สามารถใช้ได้กับปัญหาที่สินค้าเป็นการผลิตขั้นเดียว (Single level product structure) โดยพัฒนาต่อยอดให้สามารถรองรับปัญหาที่สินค้าชนิดหนึ่งถูกนำไปใช้ผลิตต่อหลายอย่าง (Multiple level) โดยมีการเพิ่มพารามิเตอร์ตัวใหม่จากเดิมได้แก่ *j* คือ จำนวนลำดับชั้นของสินค้า (*j*=1,..,m) และ S คือจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมดในโครงสร้างสินค้า ภายหลังจากการปรับแก้ข้อจำกัดในข้างต้นแล้วนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถเขียนได้ดังนี้ [19]

$$I = \frac{\sum_{\forall k>1} \sum_{j=0}^{m} \left[\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{t=M_k}^{M_{k-1}+N-1} \left| Q_{ti}^{k} - Q_{ti}^{k-1} \right| \right]}{S} \quad (2.2)$$

ในเวลาต่อมา แบบจำลองทั้งสองในขั้นต้นถูกวิจารณ์ว่าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อตารางการผลิตในรูปแบบเดียว กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อการผลิตนั้นมีหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบสร้างผลกระทบที่เกิดจากความวุ่นวายไม่เท่ากัน เช่น การผลิตในปริมาณน้อยกว่าแผนนั้นส่งผลกระทบน้อยกว่าการต้องดำเนินการผลิตในปริมาณมากกว่าแผน ดังนั้นแต่ละการเปลี่ยนแปลงควรมีการถ่วงค่าด้วยค่าน้ำหนักเฉพาะของการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ ไม่ใช่ทุกการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบเท่ากันทั้งหมดต่อการผลิต จึงได้นำเสนอแบบจำลองขึ้นซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่;

i = ประเภทของการเปลี่ยนแปลง

j = จำนวนช่วงเวลาในช่วงวางแผน (Period in planning horizon)

t = รอบการวางแผน (Planning cycle)

k = คำสั่งซื้อ

h = ความยาวของแผนที่วาง (Length of planning horizon)

w_i = ค่าถ่วงน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงชนิด *i*

$q_{i,k,j}^{t}$ = จำนวนคำสั่งซื้อ *k* ที่ถูกวางแผนในรอบการผลิตที่แล้วให้ผลิตในช่วงเวลา *j* แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิด *i* ขึ้นในรอบการวางแผน *t*

I_t = ความวุ่นวายในรอบการวางแผน *t* หาได้โดย;

$$I_t = \sum_{j=t}^{t+h} I_{t,j} \tag{2.3}$$

$I_{t,j}$ = จำนวนรวมความวุ่นวายที่พบในรอบการวางแผน *t* จากทุกคำสั่งซื้อที่ถูกวางแผนไว้ตั้งแต่รอบการผลิต *j* หาได้จาก;

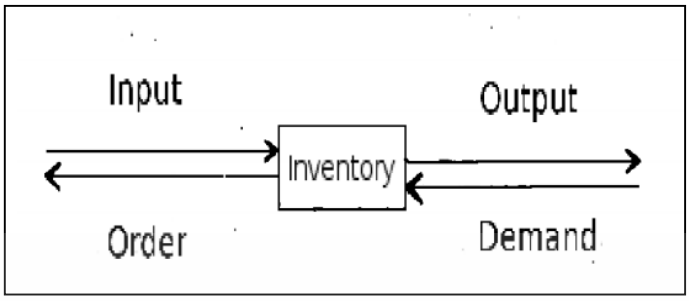
$$I_{t,j} = \sum_{i}\sum_{k} w_i q_{i,k,j}^{t} \tag{2.4}$$

ในส่วนของ *w* หรือค่าน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงนั้นในตัวอย่างงานวิจัยหาได้จากการใช้แบบสอบถามกับผู้จัดการฝ่ายผลิตเพื่อให้ทำการเปรียบเทียบในแต่ละประเภทของการเปลี่ยนแปลง (Pairwise comparison) ก่อนที่จะนำผลดังกล่าวเปลี่ยนเป็นค่าน้ำหนัก *w* ด้วยเทคนิค Analytical Hierarchy Process (AHP) เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตรองเท้าแห่งหนึ่งในประเทศอินโดนีเซียที่เป็นบริษัทกรณีศึกษาของงานวิจัยดังกล่าว มีชนิดของการเปลี่ยนแปลงทั้งสิ้น 3 ชนิด ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการ AHP ได้ค่า w_1= 0.1, w_2= 0.62 และ w_3= 0.28 เป็นต้น สมการที่ (2.3) เป็นผลรวมระดับความวุ่นวายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในรอบการวางแผน t ซึ่งเป็นผลรวมของสมการ (2.4) ที่หาค่าจากผลคูณของ *w* กับปริมาณความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากชนิดการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ

นอกเหนือไปจากการต่อยอดพัฒนาแบบจำลองดั้งเดิมของ Sridharan et al. [15] โดยการเพิ่มกระบวนการ AHP สำหรับถ่วงน้ำหนักปัจจัยที่ก่อให้เกิดความวุ่นวายเช่นแบบจำลองขั้นต้นแล้ว ยังมีการพัฒนาแบบจำลองดั้งเดิมในอีกรูปแบบหนึ่งโดยการใช้การวิจัยแบบการสร้างแบบจำลอง (Simulation) และพัฒนาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์แบบ MILP (Mixed Integer Linear Programming) เพื่อหาต้นทุนรวมในการผลิตที่ต่ำที่สุดโดยกำหนดเงื่อนไขว่าตัวแปรตัดสินใจที่สั่งผลิตจะต้องมีค่าความแตกต่างไปจากจำนวนคำสั่งซื้อสะสม (Cumulative demand) เพื่อทำให้ค่าที่ได้ออกมามีระดับความวุ่นวายต่ำที่สุด [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ปัญหาปริมาณการสั่งซื้อ (Lot sizing problem)



ภาพที่ 2.1 หลักการดำเนินงานของสินค้าคงคลัง [8]

ภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงหลักการพื้นฐานของการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง กล่าวคือ เมื่อมีอุปสงค์หรือคำสั่งซื้อเข้ามาจะมีการตรวจสอบสถานะของสินค้าคงคลัง ถ้าหากมีเพียงพอตามคำสั่งซื้อก็จะทำการจัดส่งตามคำสั่งซื้อแก่ลูกค้า ดังนั้นถ้าหากปริมาณสินค้าคงคลังมีน้อยเกินไป ก็จะไม่สามารถตอบสนองคำสั่งซื้อของลูกค้าได้และอาจทำให้เกิดการรอคอยหรือยกเลิกคำสั่งซื้อ แต่ถ้าหากมีมากเกินไป ก็จะเป็นต้นทุนที่สูงขึ้นสำหรับผู้ประกอบการ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละสถานการณ์ปัญหาจึงเป็นสิ่งสำคัญ

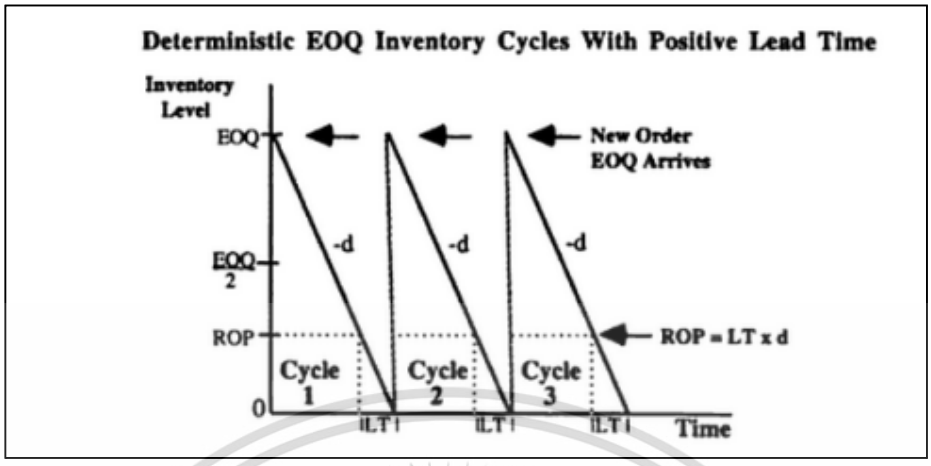
อีกด้านหนึ่งได้แก่ด้านการผลิต การมีสินค้าคงคลังที่เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตนอกเหนือจากช่วยให้การผลิตดำเนินการได้อย่างราบรื่นโดยไม่เสียเวลารอการจัดซื้อวัตถุดิบใหม่นั้น ยังช่วยเรื่องการประกันความเสี่ยงจากราคาที่ผันผวนของวัตถุดิบ นอกจากนี้ในบางอุตสาหกรรม การผลิตแล้วเก็บสินค้าให้อยู่ในรูปของสินค้าขั้นสุดท้ายสามารถช่วยเพิ่มอัตราการให้บริการของลูกค้าได้อีกด้วย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสินค้าคงคลังในงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นการรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสินค้าคงคลังชนิดต่างๆ โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการทบทวนวรรณกรรมโดยแบ่งตามประเภทของแบบจำลองสินค้าตาม ได้แก่ แบบจำลองสำหรับสินค้าที่มีอุปสงค์แบบค่าคงที่ (Deterministic) และแบบน่าจะเป็น (Probabilistic) [21] ดังนี้

2.1.2.1 สินค้ามีอุปสงค์แบบค่าคงที่ (Deterministic demand)

ความต้องการ หรือ อุปสงค์ หรือ คำสั่งซื้อต่อสินค้าของผู้ประกอบการ ถ้าหากรู้ล่วงหน้าหรือสมมติให้มีค่าคงที่ (Known and fixed) จะเรียกอุปสงค์ประเภทนี้ว่า อุปสงค์แบบค่าคงที่ (Deterministic demand) [22] โดยมีตัวอย่างปริมาณและช่วงเวลาการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบค่าคงที่ดังแสดงในภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ปริมาณการสั่งซื้อ และช่วงเวลาการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบ Deterministic [23]

การแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อเพื่อหาคำตอบที่เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เช่น ปริมาณที่ควรสั่งหรือผลิต ช่วงเวลาที่ควรสั่งหรือผลิต เป็นต้น ผู้ผลิตและนักวิจัยจำนวนมากนิยมแก้ปัญหาโดยสมมติให้เป็นอุปสงค์หรือคำสั่งซื้อเป็นแบบค่าคงที่ เนื่องจากมีขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาที่น้อยกว่า อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการนำสมมติฐานดังกล่าวออกและพิจารณาว่าเป็นอุปสงค์แบบความน่าจะเป็น [11] ซึ่งวิธีในการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้โดยการใช้แบบจำลองซึ่งมีหลายชนิด ตัวอย่างแบบจำลองที่ได้รับความนิยมได้แก่ Wagner-Whitin ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

แบบจำลอง Wagner-Whitin [24] เป็นแบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์ในการหาปริมาณคำสั่งซื้อที่จะทำให้ต้นทุนรวม (Total Cost) ต่ำที่สุด มีลักษณะคล้ายกับแบบจำลองการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity หรือ EOQ) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 กล่าวคือ กำหนดให้คำสั่งซื้อเป็นแบบค่าคงที่ ต้นทุนการสั่งซื้อเป็นแบบคงที่ (Fixed ordering cost) ระยะเวลานำส่ง (Fixed lead time) เป็นค่าคงที่ และไม่มีการเกิดสินค้าคงคลังขาด ดังนั้นจะมีการจัดซื้อใหม่ (Reorder point) เมื่อปริมาณสินค้าลดต่ำจนเหลือเพียงพอสำหรับอุปสงค์ที่เหลืออยู่และสามารถรอการจัดซื้อใหม่ตามระยะเวลานำส่งได้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้มีจุดที่แตกต่างไปจากแบบจำลอง EOQ ซึ่งทำให้การแก้ปัญหามีความสมจริงมากยิ่งขึ้น ได้แก่ แบบจำลอง Wagner-Whitin อนุญาตให้คำสั่งซื้อแตกต่างได้ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งการแก้ปัญหาแบบจำลองดังกล่าวสามารถทำได้ทั้งในรูปแบบของกำหนดการแบบพลวัตร (Dynamic Programming) หรือกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) [25] ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Min[TC] = \sum_{t=1}^{T}(s_t Y_t + p_t X_t + h_t I_t) \quad (2.5)$$

s.t.

$$I_{t-1} + X_t = d_t + I_t \quad \forall t, \quad (2.6)$$

$$X_t \leq Y_t M \quad \forall t, \quad (2.7)$$

$$Y_t = [0,1] \quad \forall t, \quad (2.8)$$

$$I_t, X_t \geq 0 \quad \forall t, \quad (2.9)$$

โดยที่:

t = ช่วงเวลา t

TC = ต้นทุนรวม

d_t = ปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลา t

M = จำนวนที่มีค่ามากพอ (Large Numbers)

s_t = ต้นทุนในการสั่งซื้อ

p_t = ราคาต่อหน่วย

h_t = ต้นทุนในการถือครองต่อช่วงเวลา

y_t = ตัวแปรตัดสินใจแสดงการสั่งซื้อ (1=สั่ง)

x_t = ตัวแปรตัดสินใจแสดงปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลา t

I_t = ปริมาณสินค้าคงคลัง ณ สิ้นช่วงเวลา t

แบบจำลอง Wagner-Whitin ได้รับความนิยมอย่างมาก และมีการนำแบบจำลองดังกล่าวไปพัฒนาต่อยอดเพื่อการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น มีการปรับปรุงเพื่อให้รองรับปัญหาที่มีสินค้าคงคลังแบบค้างส่ง [26] หรือ พัฒนาภายใต้เงื่อนไขที่ต้นทุนการถือครองคิดเป็นสัดส่วนร้อยละของต้นทุนการผลิต (Percentage of production cost) [27] เป็นต้น

แบบจำลอง Wagner-Whitin ถือเป็นแบบจำลองชนิดแรกที่ลดข้อจำกัดของการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้คำสั่งซื้อไม่เท่ากันในทุกเวลา ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของแบบจำลอง EOQ อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวมีข้อจำกัดที่สำคัญได้แก่ ภายใต้สถานการณ์ที่ช่วงเวลาการวางแผนที่ยาว การใช้เวลาในการหาคำตอบ (Processing time) ค่อนข้างนาน ส่งผลให้เกิดแบบจำลองชนิดใหม่ที่แก้ปัญหาดังกล่าวได้สำเร็จด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ได้แก่ แบบจำลองซิลเวอร์-มีล (Silver-Meal Heuristics) [28] ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังสมการ (2.10 – 2.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง Silver-Meal เป็นการหาปริมาณการสั่งซื้อที่มีค่าเหมาะสมที่สุดโดยการเฉลี่ยต้นทุนรวมที่ได้จากต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการถือครองและสามารถตอบสนองต่อคำสั่งซื้อได้ทั้งนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าระยะเวลานำส่ง (Lead time) มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นต้นทุนรวมในการสั่งสินค้าช่วงเวลา t จนถึง $t+n$ หรือ $C(t,t+n)$ จึงมีค่าตามที่ได้สรุปโดย [28]

$$C(t,t+n) = S + h\sum_{i=0}^{n} i\,D_{t+1} \tag{2.10}$$

ดังนั้นในช่วงเวลาแรก C(1,1) จึงเป็นต้นทุนที่ได้จากต้นทุนการสั่งซื้อ (ยังไม่มีต้นทุนถือครอง) แต่ในช่วงเวลาที่สอง C(1,2) ต้นทุนเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ:

$$\frac{C(1,2)}{2} = \frac{S + h\sum_{i=0}^{1} i\,D_{t+i}}{2} = \frac{s + hD_2}{2} \tag{2.11}$$

และต้นทุนเฉลี่ยในช่วงเวลา C (1,3) มีค่าเท่ากับ

$$\frac{C(1,3)}{3} = \frac{S + h\,D_2 + 2hD_3}{3} \tag{2.12}$$

หรือสรุปได้ว่าต้นทุนเฉลี่ยในช่วงเวลา C(1, t+(n=1)) มีค่าเท่ากับ

$$\frac{C(1,n+1)}{n+1} = \frac{S + h\,D_2 + 2hD_3 + \cdots + nhD_{n+1}}{n+1} \tag{2.13}$$

โดยเงื่อนไขที่จะทำให้แบบจำลองฮิวริสติกส์ Silver-Meal หยุดได้แก่:

$$\frac{C(t,t+n)}{n+1} > \frac{C(t,t+n-1)}{n} \tag{2.14}$$

ตามที่ได้นำเสนอมาในตอนต้น ปัญหาขนาดสั่งซื้อ (Lot Sizing Problem) คือปัญหาที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสมของปริมาณการสั่งซื้อและช่วงเวลาในการสั่งซื้อเพื่อทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งแบบจำลองพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหานี้ได้แก่ แบบจำลอง EOQ ที่ซึ่งมีเงื่อนไขสำคัญคือคำสั่งซื้อคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ระยะเวลานำคงที่ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นคำสั่งซื้อคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก ส่งผลให้เกิดการพัฒนาแบบจำลอง Wagner-Whitin ที่ซึ่งรองรับคำสั่งซื้อแตกต่างกันได้ในแต่ละช่วงเวลา ก่อนที่การแก้ปัญหาด้วยฮิวริสติกส์ ได้แก่ Silver-Meal และ Least Unit Cost จะพัฒนาเพื่อทำให้ปัญหาดังกล่าวแก้ได้โดยใช้เวลาสั้นลง

Malakooti [29] ได้ทำการทดลองและเปรียบเทียบการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อ โดยใช้ปัญหาที่มีข้อมูลชนิดเดียวกันในการทดสอบเปรียบเทียบทั้งหมด 5 แบบจำลองได้แก่ EOQ, Silver-Meal, Least-Unit-Cost, Lot-for-Lot และ Part Period Balancing โดยผลการศึกษาพบว่าทั้งในส่วนของปริมาณสินค้าคงคลัง และต้นทุนรวม Silver Meal Heuristics สามารถหาคำตอบที่ทำให้ได้ปริมาณสินค้าคงคลังและต้นทุนรวมต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baculinao et al. [30] ซึ่งทำการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ได้รับความนิยมในการใช้แก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อ จำนวน 5 แบบจำลอง โดยการสร้างคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั่งซื้อที่ระดับความแปรปรวนแตกต่างกัน (Coefficient of variation) โดยผลการศึกษาพบว่า Silver Meal ให้ต้นทุนที่ต่ำที่สุดในสถานการณ์ที่อุปสงค์มีความผันแปรสูง ในส่วนของสถานการณ์ที่อุปสงค์มีความผันแปรในระดับต่ำถึงปานกลาง Wagner-Whitin ให้ต้นทุนที่ต่ำกว่าแต่แบบจำลองมีความซับซ้อนและใช้เวลาวิเคราะห์นานกว่า

อย่างไรก็ตามการใช้แบบจำลองสำหรับอุปสงค์แบบคงที่กับข้อมูลที่อุปสงค์เป็นแบบความน่าจะเป็นนั้นจะส่งผลให้คำตอบที่ได้มีความถูกต้องน้อยกว่าการใช้แบบจำลองเฉพาะสำหรับอุปสงค์แบบความน่าจะเป็น ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแบบจำลองที่มีอุปสงค์เป็นแบบความน่าจะเป็นดังหัวข้อ 2.1.2.2 ต่อไปนี้

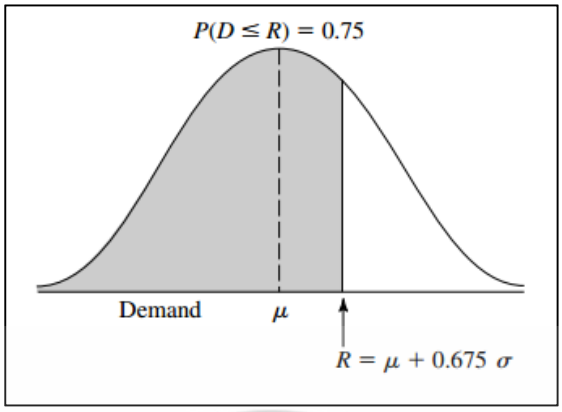
2.1.2.2 สินค้ามีอุปสงค์แบบค่าความน่าจะเป็น (Probabilistic demand)

อุปสงค์ชนิดนี้แตกต่างจากอุปสงค์แบบค่าคงที่ซึ่งรู้ค่าล่วงหน้าหรือสมมติให้คำสั่งซื้อในอนาคตเป็นค่าคงที่ แต่อุปสงค์ชนิดนี้เราไม่สามารถรู้ค่าล่วงหน้าที่แน่นอน เนื่องจากอุปสงค์เป็นเพียงตัวแปรสุ่ม (Random variable) ที่รู้เพียงค่าการกระจายตัวของความน่าจะเป็นต่อความต้องการสินค้าชนิดนั้น เราเรียกอุปสงค์ประเภทนี้ว่า อุปสงค์แบบค่าความน่าจะเป็น (Probabilistic demand) หรือบางครั้งเรียกว่า Stochastic demand [22]

แบบจำลองในสินค้าประเภทที่มีอุปสงค์แบบค่าคงที่ เช่น แบบจำลอง Wagner-Whitin และแบบจำลอง Silver-Meal ที่ได้นำเสนอมาส่วนก่อนหน้านั้น ความแม่นยำและคำตอบที่ได้ล้วนขึ้นอยู่กับการพยากรณ์คำสั่งซื้อที่แม่นยำ [8] ทว่าบางครั้งคำสั่งซื้อในอนาคตไม่สามารถพยากรณ์ออกมาเป็นค่าคงที่ได้ แต่คำสั่งซื้อในอนาคตเป็นเพียงตัวแปรสุ่มที่รู้ค่าการกระจายตัวของความน่าจะเป็นเท่านั้น ตัวอย่างประเภทของคำสั่งซื้อที่เป็นตัวแปรสุ่ม x ที่มีการกระจายตัวแบบต่างๆ [31] เช่น ภายใต้การกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution) $x \sim N(\mu, \sigma^2)$ หรือ การกระจายตัวแบบไบโนเมียล (Binomial distribution) $x \sim B(n, p)$ เป็นต้น ส่งผลให้ความท้าทายของการแก้ปัญหาเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อและช่วงเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดภายใต้อุปสงค์แบบค่าความน่าจะเป็นอยู่ที่ คำสั่งซื้อมีโอกาสที่จะเป็นค่าอะไรก็ได้ภายใต้ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลนั้นๆ ถึงแม้จะมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนกว่า แต่อย่างไรก็ตามเป็นการพิจารณาอุปสงค์ตรงความเป็นจริงมากกว่าเช่นกัน

ทั้งนี้ถึงแม้อุปสงค์ในอดีตอาจมีการกระจายตัวในรูปแบบที่แตกต่างกัน แต่ด้วยทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Limit Theorem) ที่ระบุว่าถ้ามีการสุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากเพียงพอ ไม่ว่าประชากรจะมีการกระจายตัวแบบใดค่าเฉลี่ยของตัวอย่างนั้นจะมีการกระจายตัวแบบปกติ (นิยมระบุว่า $n \geq 30$) [58] ส่งผลให้งานวิจัยส่วนใหญ่จึงระบุว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ปริมาณการสั่งซื้อ และช่วงเวลาการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบ Stochastic [32]

จากภาพที่ 2.3 จะสังเกตได้ว่าเมื่ออุปสงค์เป็นแบบความน่าจะเป็น การหาปริมาณการสั่งซื้อและช่วงเวลาที่เหมาะสมจะแตกต่างไปจากแบบจำลองประเภทค่าคงที่ เนื่องจากความต้องการเป็นเพียงตัวแปรสุ่มที่ทราบค่าการกระจายตัวของความน่าจะเป็นเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะอยู่เฉพาะตรงบริเวณค่า μ แต่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งน้อยกว่าหรือมากกว่าด้วยเช่นกัน

ตามที่ได้กล่าวมาในขั้นต้นว่าเราไม่สามารถหาค่าคงที่ของอุปสงค์ในอนาคตภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็น เพราะคำสั่งซื้อในอนาคตเป็นเพียงค่าคาดการณ์หรือตัวแปรสุ่ม ซึ่งวิธีการสำหรับหาค่าคาดการณ์ของอุปสงค์ที่ซึ่งจำเป็นสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อและช่วงเวลาในการสั่งซื้อภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การหาค่าคาดการณ์ของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete random variable) หาได้จาก $E[x] = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i$ ซึ่งเป็นการหาจากผลรวมของความน่าจะเป็น โดย x_i เป็นค่าคาดการณ์ และ p_i เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ x_i นอกเหนือไปจากวิธีดังกล่าว ยังมีการหาค่าคาดการณ์โดยการเพิ่มเงื่อนไขคำตอบเข้าไป เช่น การใช้แบบจำลองปัญหา Newsboy

แบบจำลองพื้นฐานของปัญหาที่มีอุปสงค์แบบความน่าจะเป็น ได้แก่ ปัญหาเด็กส่งหนังสือพิมพ์ (Newsboy หรือ Newsvendor problem) ปัญหาดังกล่าวจำลองมาจากสถานการณ์ที่เด็กส่งหนังสือพิมพ์ต้องตัดสินใจว่าควรจะสั่งซื้อหนังสือพิมพ์เพื่อขายในวันรุ่งขึ้นในแต่ละชนิดในปริมาณเท่าไร เนื่องจากไม่รู้ความต้องการซื้อที่แน่นอน การตัดสินใจสั่งซื้อน้อยกว่าความต้องการซื้อจะเกิดต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการพลาดโอกาสขาย (Underage cost) แต่ถ้าสั่งซื้อมากกว่าความต้องการซื้อจะเกิดต้นทุนจากการขายซากหนังสือดังกล่าว (Overage cost) [33] ซึ่งปัญหาเด็กส่งหนังสือพิมพ์ เป็นแบบจำลองที่ตัดสินใจปริมาณการสั่งซื้อเพียงครั้งเดียว แต่เป็นการตัดสินใจก่อนทราบค่าความต้องการสินค้าเนื่องจากความต้องการสินค้าเป็นเพียงตัวแปรสุ่ม ซึ่งปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมที่สุด (x*) จะทำให้ต้นทุนรวมของทั้งสองต้นทุนต่ำที่สุด สามารถหาได้จาก [34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F(x^*) = \frac{C_u}{(C_u + C_o)} \quad (2.15)$$

โดย C_u = Underage Cost และ C_o = Overage Cost

โดย *F* เป็นฟังก์ชั่นการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) ของความต้องการซื้อ ซึ่งการตัดสินใจหาค่าดังกล่าวเป็นการตัดสินใจบนความไม่แน่นอน (Uncertainty) จากปริมาณความต้องการ และเมื่อตัดสินใจแล้วไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เพราะแบบจำลองนี้เป็นลักษณะการตัดสินใจแบบครั้งเดียว

อย่างไรก็ตามภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็น คำสั่งซื้อที่เป็นตัวแปรสุ่มนั้นมีโอกาสที่จะมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าค่าคาดการณ์ การกำหนดปริมาณการผลิตตามค่าคาดการณ์จึงมีความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนของอุปสงค์ ดังนั้นจึงต้องมีนโยบายสำหรับการวางแผนสินค้าคงคลังที่เหมาะสม โดยนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับการลดความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อหรืออุปสงค์ ประกอบด้วย 4 นโยบายหลัก [35] ได้แก่

นโยบาย (s,Q) คือ กำหนดให้มีการสั่งสินค้ามาเติมในคลังสินค้าจำนวน Q หน่วย เมื่อระดับสินค้าคงคลังลดต่ำกว่าจุดสั่งซื้อ s ที่กำหนด ซึ่งนิยมหาจำนวน Q ด้วยแบบจำลอง EOQ (เป็นนโยบายแบบตรวจสอบสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง : Continuous review)

นโยบาย (s,S) คือ กำหนดให้มีการสินค้ามาเติมในคลังสินค้าให้เท่ากับจำนวนระดับสินค้าสูงสุด S หน่วย เมื่อระดับสินค้าคงคลังลดต่ำกว่าจุดสั่งซื้อ s ที่กำหนด (เป็นนโยบายแบบตรวจสอบสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง)

นโยบาย (R,S) คือ กำหนดให้มีการสั่งสินค้ามาเติมในคลังสินค้าให้เท่ากับระดับสูงสุด S หน่วยในทุกรอบการสั่งซื้อ R วัน แต่นโยบายนี้เป็นการตรวจสอบสินค้าคงคลังแบบเป็นรอบหรือระยะ (Periodic Review) ดังนั้นระดับสินค้า S หน่วยต้องสามารถรองรับความต้องการสินค้าในช่วงของรอบการสั่งและช่วงระยะเวลานำส่ง

นโยบาย (R,s,S) เป็นนโยบายที่อยู่ในกลุ่มของการตรวจสินค้าคงคลังแบบเป็นรอบระยะเหมือน (R,S) โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบทุกๆรอบ R วัน ถ้าในรอบตรวจสอบพบระดับสินค้าคงคลังอยู่ต่ำกว่าระดับสั่งซื้อ s จะมีการสั่งสินค้ามาเติมให้เท่ากับระดับสูงสุด S หน่วย

จากลักษณะการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินที่ได้อธิบายในข้างต้น การตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุด (เบิกวัตถุดิบเพื่อนำไปเข้ากระบวนการละลาย ตัด แต่งเป็นต้น) ไม่สามารถกำหนดให้มีรอบการเติมแบบต่อเนื่อง เช่น ตัดสินใจเบิกทุกครั้งเมื่อปริมาณวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุกเหลือถึงระดับขั้นต่ำแบบคงที่ เนื่องจากความต้องการใช้เป็นแบบความน่าจะเป็น ดังนั้นปริมาณขั้นต่ำดังกล่าวอาจเพียงพอหรือไม่เพียงต่อการผลิตในช่วงเวลาถัดไป ส่งผลให้การตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเบิกวัตถุดิบจึงแปรผันตามอุปสงค์ที่แท้จริง ตลอดจนระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาที่ควรมีนั้นก็ไม่คงที่เท่ากันทุกช่วงเวลาแต่ขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่แท้จริง ดังนั้นการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นด้วยนโยบายตรวจสอบแบบเป็นระยะ (Periodic review) แบบ (R,S) ที่ซึ่งเมื่ออยู่ภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นจะเรียกว่า (R^n,S^n) จึงมีความเหมาะสมที่สุด

ภายใต้นโยบายสินค้าคงคลัง (R^n,S^n) ที่มีอุปสงค์แบบค่าความน่าจะเป็น ส่งผลให้มีความไม่แน่นอน อันเนื่องมาจากลักษณะของความต้องการสินค้า ซึ่งกลยุทธ์ในการลดความไม่แน่นอนภายใต้นโยบายสินค้าคงคลังประเภทนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักดังนี้ [36]

กลยุทธ์ในการลดความไม่แน่นอนแบบอพลวัตร (Static uncertainty strategy) คือ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยการกำหนดรอบการเติมวัตถุดิบ (R) ที่คงที่และระดับวัตถุดิบ (S) ที่คงที่ บางครั้งรวมไปถึงช่วงเวลาการผลิต (Production period) ที่คงที่ซึ่งทำให้การผลิตเป็นเอกเทศและไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณคำสั่งซื้อที่แท้จริง (Realized demand) ข้อดีของกลยุทธ์แบบอพลวัตรคือ ระดับความวุ่นวายในการผลิตต่ำที่สุดเนื่องจากการผลิตจะไม่มีการปรับเปลี่ยนตามคำสั่งที่แท้จริงซึ่งอาจจะได้รับภายหลังจากมีการกำหนดแผนการผลิตไปแล้ว ดังนั้นการผลิตจึงไม่มีการปรับเปลียนที่แตกต่างไปจากแผนเดิม แต่ทว่าข้อเสียของการผลิตแบบเอกเทศดังกล่าวคือ ต้นทุนในการผลิตสูง

กลยุทธ์ในการลดความไม่แน่นอนแบบพลวัตร (Dynamic uncertainty strategy) คือ การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยอนุญาตให้มีการปรับเปลี่ยนค่าของรอบการเติมวัตถุดิบ (R) และระดับสูงสุดของวัตถุดิบ (S) ตามปริมาณคำสั่งซื้อที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งข้อเสียของกลยุทธ์แบบพลวัตรได้แก่ การไม่พิจารณาถึงข้อจำกัดด้านศักยภาพในการผลิต (Capacity constraint) เช่นความสามารถสูงสุดในจัดเก็บวัตถุดิบอาจจะต่ำกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดในช่วงเวลา เป็นต้น ตลอดจนทุกครั้งที่มีการสั่งสินค้าหรือสั่งผลิตจะเกิดต้นทุนการสั่งและต้นทุนการติดตั้ง (Set up cost) ขึ้น

กลยุทธ์แบบอพลวัตรสามารถลดความวุ่นวายในการผลิตได้ดีกว่าแบบพลวัตร แต่ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าด้วยเช่นกัน ในขณะที่กลยุทธ์แบบพลวัตรมีต้นทุนที่ดีที่สุดเนื่องจากขนาดของการผลิตปรับเปลี่ยนตามอุปสงค์ที่แท้จริงแต่ก็ทำให้เกิดความเสี่ยงที่การผลิตจะไม่เหมาะสมกับเงื่อนไขในการผลิตและก่อให้เกิดความวุ่นวายในการผลิต ดังนั้นจึงเกิดการพัฒนากลยุทธ์ใหม่ชื่อว่า อพลวัตร-พลวัตร (Static-Dynamic uncertainty) [37] ในการรวมข้อดีของทั้งสองกลยุทธ์เข้าด้วยกัน

Bookbinder and Tan [38] เป็นงานแรกที่คิดค้นกลยุทธ์ดังกล่าวด้วยการเสนอฮิวริสติกส์ที่มีชื่อว่า Bookbinder-Tan Heuristic โดยคงที่ค่าของรอบการสั่งซื้อ (R) แต่ระดับวัตถุดิบสูงสุด (S) ปรับเปลี่ยนตลอดเวลาตามอุปสงค์ที่แท้จริง ก่อนที่ [37] จะพัฒนานโยบาย R^n,S^n บนพื้นฐานของ Bookbinder-Tan แต่รองรับอุปสงค์แบบ Non-Stationary stochastic ซึ่ง [2][39] ระบุว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดผลกระทบจากความไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 การหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต (Snapshot solution)

Choi et al. [13] ระบุว่าการที่อุปสงค์เป็นแบบความน่าจะเป็นนั้นส่งผลให้เป็นเพียงตัวแปรสุ่มที่สามารถเป็นค่าใดๆ ภายใต้การกระจายตัวนั้นๆ การเลือกใช้ฮิวริสติกส์ชนิดที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อย่อมให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การตัดสินใจ (Decision) มีความซับซ้อนแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาวะพลวัตร (Dynamic) ของข้อมูล การมีผลลัพธ์ที่คงที่และถูกต้องจากการหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลในอดีตในขณะทำการแก้ปัญหาจะช่วยทำให้การตัดสินใจมีความซับซ้อนน้อยลง วิธีการดังกล่าวเรียกว่าการหาผลลัพธ์แบบคงที่ (Deterministic solution method) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเรียกว่าผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต (Snapshot solution) ที่มีนิยามว่าการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาข้อมูลที่เป็นแบบความน่าจะเป็นด้วยการหาผลลัพธ์แบบคงที่ (Deterministic solution) ผ่านการหาค่าตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดแบบคงที่ (Optimal deterministic decision variable) ตลอดจนใช้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ (Fixed parameters) และใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ (Expected demand) ซึ่งเป็นค่าคงที่มาจากฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นแบบสะสมของอุปสงค์ในอดีต เช่น $x = \sim N(\mu, \sigma^2)$ ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่มีการกระจายตัวแบบปกติจึงใช้ค่า μ เป็นต้น ในขณะที่สภาวะความเป็นสโตแคสติกของข้อมูล (Stochasticity) จะถูกหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลด้วยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของข้อมูลแบบคงที่ (Fixed coefficient of variations) ที่ซึ่งหาค่าได้จาก $C = \frac{\sigma}{\mu}$ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดที่สำคัญของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต คือ มีความถูกต้องและเป็นไปได้เฉพาะภายใต้ค่าคงที่ๆ นำมาใช้ในการหาคำตอบเท่านั้น (Valid and feasible for a certain realization)

ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการใช้คำว่าผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้แนวคิดข้างข้างต้น เช่น Gomes et al. [61] ทำการพัฒนาสมการเพื่อควบคุมกระบวนที่ก่อให้เกิดความขรุขระของชิ้นงาน (Roughening process) โดยทำการพัฒนาแบบจำลองดั้งเดิมให้แบ่งผลลัพธ์ออกเป็นแบบความน่าจะเป็นและผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ในขณะที่ Choi et al. [13] ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการใช้ฮิวริสติกส์และผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้ข้อมูลแบบความน่าจะเป็นภายในโซ่อุปทาน และ Settanni et al. [62] ได้พัฒนาแบบจำลองสำหรับโซ่อุปทานยา (Pharmaceutical supply chain) โดยกำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองให้ใช้ข้อมูลที่เป็นแบบความน่าจะเป็นแต่ผ่านการเปลี่ยนให้เป็นค่าคงที่ก่อน ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ใช้ในการตัดสินใจของโซ่อุปทานเป็นแบบ สแน็ปชอต เป็นต้น

งานวิจัยชิ้นนี้ต้องการหาระดับสูงสุดของวัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลาและช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบด้วยกลยุทธ์อพลวัตร-พลวัตรภายใต้นโยบาย (R^n,S^n) โดยการการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่อยู่ในรูปของสแน็ปชอต ดังนั้นในส่วนถัดไปจะเป็นการทบทวนวรรณกรรมแบบจำลองในการแก้ปัญหาที่ตรงกับเงื่อนไขดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากงานวิจัยข้างต้นที่มีการใช้คำว่าผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตโดยตรงในผลงานแล้ว งานวิจัยอีกจำนวนหนึ่งได้มีการหาคำตอบภายใต้แนวความคิดของการเปลี่ยนข้อมูลแบบความน่าจะเป็นให้กลายเป็นค่าคงที่ด้วยการหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลดังอธิบายข้างต้น แต่ไม่ได้มีการใช้คำว่าผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตโดยตรง เช่น Tarim and Kingsman [37] ได้พัฒนาแบบจำลองในการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบสโตแคสติกด้วยกลยุทธ์ลดความไม่แน่นอนในการจัดการสินค้าคงคลังแบบอพลวัตร-พลวัตร บนนโยบายสินค้าคงคลังแบบ (R,S) ดั้งเดิมของ Bookbinder and Tan [38] และปรับปรุงเป็น (R^n,S^n) ที่รองรับอุปสงค์แบบ Non-Stationary Stochastic และมีเงื่อนไขเรื่องระดับการให้บริการ (Service Level) โดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นจัดเป็นผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต จากการแก้ปัญหาโดยการใช้จำลองทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มกึ่งผสม (MILP) ดังนี้

$$min\ E[TC] = \sum_{t=1}^{n} (a\delta_t + hE\{I_t\} + vE\{R_t\} - vE\{I_{t-1}\}) \tag{2.16}$$

s.t.

$$E[I_t] = E[R_t] - E[d_t], \qquad t = 1, \dots, N, \tag{2.17}$$

$$E[R_t] \geq E[I_{t-1}], \qquad t = 1, \dots, N, \tag{2.18}$$

$$E[R_t] - E[I_{t-1}] \leq M\delta_t \qquad t = 1, \dots, N, \tag{2.19}$$

$$E[I_t] \geq \sum_{j=1}^{t} (G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\dots+d_t}(\alpha) \sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k]) P_{tj}, \qquad t = 1, \dots, N \tag{2.20}$$

$$\sum_{j=1}^{t} P_{tj} = 1 \qquad t = 1, \dots, N \tag{2.21}$$

$$P_{tj} \geq \delta_{t-j+1} - \sum_{k=t-j+2}^{t} \delta_k \qquad t = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, t \tag{2.22}$$

$$E[I_t], E[R_t] \geq 0, \qquad \delta_t, P_{tj} \in \{0,1\}, \qquad t = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, t \tag{2.23}$$

โดยที่;

a = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการสั่งซื้อแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

h = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการถือครองแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

v = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

δ_t = ตัวแปรไบนารี่การตัดสินใจสั่งซื้อในช่วงเวลา t (1 = ซื้อ, 0= ไม่ซื้อ)

P_{tj} = ตัวแปรไบนารี่ที่มีค่า {0,1} โดยจะมีค่า 1 ถ้าหากการสั่งซื้อครั้งล่าสุดเกิดที่ *t-j+1*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M = จำนวนที่มีค่ามากพอ (Large Numbers)

R_t = ระดับสูงสุดของวัตถุดิบในช่วงเวลา t (หน่วย: ชิ้น กรัม)

$E[I_t]$ = ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

แบบจำลองขั้นต้นเป็นการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตโดยกำหนดให้อุปสงค์เป็นเพียงตัวแปรสุ่มที่รู้เพียงฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม ดังนั้นกระบวนการหยุดสภาวะพลวัตรของอุปสงค์ตามที่ได้กล่าวในขั้นต้น คือ การเลือกใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ (Expected demand) ส่งผลให้ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (2.16) จึงมีผลลัพธ์เป็นค่าคาดการณ์ ได้แก่ ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (Expected total cost) ที่ซึ่งประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering cost, *o*) ต้นทุนการถือครอง (Holding cost, *h*) และต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า (Unit Variable cost, *v*) โดยเงื่อนไขดังนี้

เนื่องจากฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์เป็นการหาคำตอบแบบสแน็ปชอต ดังนั้นเงื่อนไข (2.17 – 2.23) จึงอยู่ในภายใต้กระบวนการหาผลลัพธ์แบบคงที่ด้วยเช่นกันใน (2.17) เมื่ออุปสงค์เป็นการใช้ค่าคาดการณ์ ดังนั้นทุกตัวแปรจึงเป็นค่าคาดการณ์ด้วย เช่น ระดับสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา จึงกลายเป็นค่าคาดการณ์สินค้าคงคลัง (Expected inventory) $E[I_t]$ ซึ่งเท่ากับปริมาณระดับการสั่งซื้อคาดการณ์ (Expected replenishment) $E[R_t]$ ลบด้วยค่าคาดการณ์อุปสงค์ $E[d_t]$ ในขณะที่เงื่อนไข (2.18) และ (2.19) กำหนดให้ปริมาณระดับการสั่งซื้อคาดการณ์ในช่วงเวลา t เท่ากับปริมาณสินค้าคงคลังคาดการณ์ที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา *t-1* หากไม่มีการสั่งซื้อโดยตัวแปรไบนารี่ (δ_t) จะมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่จะมีค่าเท่ากับปริมาณระดับการสั่งซื้อคาดการณ์หากมีการสั่งซื้อที่โดยตัวแปรไบนารี่จะมีค่าเท่ากับหนึ่ง

เงื่อนไข (2.20) เป็นเงื่อนไขสำคัญของขั้นตอนในการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้กลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร โดยเป็นเงื่อนไขด้านระดับการให้บริการ (ภายใต้การแจกแจงแบบปกติ) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณคาดการณ์สินค้าคงคลังที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t มีความน่าจะเป็นที่เพียงพอต่อค่าคาดการณ์อุปสงค์ไม่น้อยไปกว่าระดับการให้บริการที่กำหนด ซึ่งมีคำอธิบายดังสมการ (2.24 - 2.27) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Pr\{I_t \geq 0\} \geq \propto , \qquad t = 1, \dots, N \qquad (2.24)$$

$$\Pr\left\{R_t \geq \sum_{k=T_i}^{t} d_k\right\} \geq \propto , \qquad t = 1, \dots, N \qquad (2.25)$$

$$G_{d_{T_i}+d_{T_{i+1}}+\cdots+d_i} R_{T_i} \geq (\alpha), \qquad T_i \leq t \leq T_{i+1}, \quad i = 1, \dots, M \qquad (2.26)$$

$$I_t \geq G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\dots+d_t}(\alpha) \qquad T_i \leq t \leq T_{i+1}, \quad i = 1, \dots, M \qquad (2.27)$$

เงื่อนไขที่ (2.24-2.27) เป็นการหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลในอดีตโดยเปลี่ยนเป็นค่าคงที่ภายใต้ระดับการให้บริการคงที่ $1-\propto$ ซึ่งหมายถึงระดับความน่าจะเป็นที่ต่ำที่สุดที่ยอมให้ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังไม่ติดลบ (Minimum probability that net inventory will be non-negative) ดังนั้นเพื่อให้เงื่อนไขที่ (2.24) เป็นจริง ปริมาณการสั่งซื้อคาดการณ์จึงต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าคาดการณ์อุปสงค์ (2.25) ที่ความน่าจะเป็นมากกว่าหรือเท่ากับ $\propto$ และสมการ (2.26 - 2.27) เป็นการสรุปเงื่อนไขและเขียนให้อยู่ในรูปของเงื่อนไขว่าปริมาณสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับความต้องการใช้ภายใต้ระดับการให้บริการนั้นๆ

อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นแบบสแน็ปชอตส่งผลให้เงื่อนไข (2.20) จำเป็นต้องดำเนินการคำนวณแยกด้วยโปรแกรมสเปรดชีท (Spreadsheet) โดยสมการต่อไปนี้ (2.28)

$$G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\cdots+d_t}(\alpha) = \sum_{k=t-j+1}^{t} E\{d_k\} + Z_\alpha C\left(\sum_{k=t-j+1}^{t} E^2\{d_k\}\right)^{1/2} \qquad (2.28)$$

สมการที่ (2.28) เป็นการแยกคำนวณเนื่องจากกลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่ ได้แก่ ขนาดการสั่งซื้อนั้นขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่แท้จริง และช่วงเวลาสั่งซื้อกำหนดเป็นค่าคงที่ตั้งแต่เริ่มรอบการวางแผน เมื่อรวมกับกลยุทธ์แบบ R^n,S^n ทำให้ช่วงเวลาที่ตัดสินใจจะทำการสั่งซื้อและขนาดการสั่งซื้อต้องสอดคล้องกันภายใต้เงื่อนไขของความน่าจะเป็นที่ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาจะไม่ติดลบนั้นอย่างน้อยต้องเท่ากับระดับการให้บริการ ตัวอย่างดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าคาดการณ์อุปสงค์

ช่วงเวลา (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
อุปสงค์ E(d)	410	320	710	350	280	800	380	290	450	510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างผลการแทนค่าในสมการที่ (2.28)

t	*J* ช่วงเวลา									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	463									
2	361	797								
3	801	1130	1553							
4	395	1162	1490	1912						
5	316	688	1448	1775	2197					
6	903	1189	1548	2289	2615	3033				
7	429	1294	1579	1938	2677	3002	3420			
8	327	731	1590	1875	2233	2971	3296	3714		
9	508	809	1204	2053	2338	2695	3431	3756	4174	
10	576	1047	1345	1737	2578	2863	3219	3953	4278	4695

ตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างค่าคาดการณ์อุปสงค์ในช่วงเวลา *t*=1,..,10 โดยสมมติให้มีค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ได้แก่ *C*=0.1 และมีเป้าหมายที่ระดับการให้บริการ 0.900 ($z_{1-\alpha=0.900}$=1.285) ดังนั้นปริมาณอุปสงค์ที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นภายใต้ค่า *C* และเงื่อนไขระดับการให้บริการจึงเท่ากับ $d_{k=t-j+1}$ ยกตัวอย่าง *t*=10, *j*=10 เท่ากับ $d_{k=10-10+1}$ แปลความได้ว่า ถ้าหากตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับสูงสุดในช่วงเวลา $d_{k=1}$ (ช่วงเวลา *t=1*) ขนาดการสั่งซื้อจะต้องมากเพียงพอกับผลรวมของอุปสงค์ตั้งแต่ช่วงเวลาการสั่งซื้อ $d_{k=1}$จนถึงช่วงเวลา *t=10* ภายใต้ระดับการให้บริการ 0.900 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4,695 หน่วย (ดังแสดงในตารางในที่ 2.1) โดยตัวเลขดังกล่าวมาจากการแทนค่าในสมการที่ (2.8) โดยมีที่มาดังนี้ $\sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k]$ = (410+320+710+350+280+800+380+290+ 450+510) ในขณะที่ $Z_{1-\alpha=0.900}C$ = 1.285x0.1 และ $\left(\sum_{k=t-j+1}^{t} E^2\{d_k\}\right)^{1/2}$ = ($410^2+320^2+710^2+350^2+280^2+800^2+380^2+290^2+450^2+510^2$)$^{1/2}$ ดังนั้น $G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\cdots+d_t}(\alpha)$ จึงเท่ากับ 4,695

อีกหนึ่งตัวอย่าง ได้แก่ *t=3, j=2* ดังนั้น $d_{k=3-2+1}$ หรือ d_k= 2 ที่ซึ่งหมายความว่าการตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุดในช่วงเวลา d_k= 2 (*t*=2) และต้องเพียงพอต่ออุปสงค์จนถึงช่วงเวลา *t=3* ภายใต้ระดับการให้บริการ 0.900 ที่ซึ่งหมายถึงยอมให้คำสั่งซื้อยืนยัน (ได้รับภายหลัง) มีโอกาสสูงกว่าวัตถุดิบที่เตรียมไว้ได้ไม่เกิน 10% มีค่าเท่ากับ 1,130 (หน่วย: ชิ้น หรือ หน่วยของวัตถุดิบ เช่น กรัม) โดยมีที่มาดังนี้ $\sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k]$ = (320+710) ในขณะที่ $Z_{1-\alpha=0.900}$=1.285x0.1 และ $\left(\sum_{k=t-j+1}^{t} E^2\{d_k\}\right)^{1/2}$= ($320^2+710^2$)$^{1/2}$ ดังนั้นจึงมีค่าเท่ากับ 1,130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นตารางที่ 2.2 จึงทำให้ผลลัพธ์ได้แก่ ระดับสูงสุดของวัตถุดิบ และช่วงเวลาในการเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับสูงสุด มีสถานะเป็นผลลัพธ์สแน็ปชอตซึ่งจะถูกต้องและเป็นจริงเฉพาะภายใต้บริบทของข้อมูลที่เปลี่ยนให้เป็นค่าคงที่ ได้แก่ ค่าคาดการณ์อุปสงค์ ค่าสัมประสิทธิการกระจายตัว และระดับการให้บริการ 0.900

เงื่อนไขทั้ง 4 ในแบบจำลอง (2.17-2.20) ที่ได้อธิบายมาในข้างต้นนั้นเกี่ยวข้องกับการหาคำตอบในประเด็นขนาดการสั่งซื้อ ในส่วนของเงื่อนไข (2.21) กำหนดว่าช่วงเวลาล่าสุดก่อนที่มีการสั่งซื้อในช่วงเวลา t นั้นเกิดขึ้นในช่วงเวลา $t\text{-}j+1$ เงื่อนไข (2.22) มีขึ้นเพื่อทำให้แน่ใจว่าการเรียงลำดับการสั่งซื้อจะไม่เกิดการสลับที่แต่ควรจะเกิดขึ้นบนพื้นฐานตามที่กำหนดไว้ในเงื่อนไข (2.23) เท่านั้น เช่น รอบการวางแผน t=1,..,N ถ้าหากมีการสั่งซื้อที่ช่วงเวลา t=3 การสั่งซื้อครั้งต่อไปก็จะเกิดขึ้นในช่วงเวลา t+1 หรือตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 4 เป็นต้นไป จะไม่มีการเกิดซ้ำที่ t=3 อีก เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 2006 แบบจำลองในขั้นต้นได้ถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปของตัวแบบเชิงเส้นเป็นช่วง (Piecewise linear) เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมคาดการณ์แบบไม่ใช่เชิงเส้น (Non-linear) โดยได้เพิ่มเงื่อนไขใหม่จากเดิมคือต้นทุนการเกิดสินค้าขาด (Shortage) ซึ่งสามารถสรุปและเขียนในรูป MILP ได้ดังนี้ [40]

$$min\ E[TC] = v\tilde{I}_N + v\tilde{D}_{1,N} + \sum_{t=1}^{N}(a\delta_t + h\tilde{I_t} + s\tilde{I_t} + q\tilde{I_t}) \tag{2.29}$$

ภายใต้เงื่อนไข;

$$\tilde{I_t} = S_t - \tilde{D}_t, \qquad t = 1,\dots,N \tag{2.30}$$

$$S_t \geq \tilde{I}_{t-1}, \qquad t = 1,\dots,N \tag{2.31}$$

$$S_t \leq M\delta_t + \tilde{I}_{t-1}, \qquad t = 1,\dots,N \tag{2.32}$$

$$\tilde{I}_t^+ \geq \tilde{I}_t,\ \tilde{I}_t^- \geq -\tilde{I}_t,\ \tilde{I}_t - \tilde{I}_t^+ + \tilde{I}_t^- = 0, \qquad t = 1,\dots,N \tag{2.33}$$

$$\sum_{j=1}^{t} P_{tj} = 1 \qquad t = 1,\dots,N \tag{2.34}$$

$$P_{tj} \geq \delta_{t-j+1} - \sum_{k=t-j+2}^{t}\delta_k \qquad t = 1,\dots,N,\ j = 1,\dots,t \tag{2.35}$$

$$Q_t \geq (h+s)\left(0.362\sum_{j=1}^{t} P_{tj}\xi_{tj} - 0.260(\tilde{I}_t^+ + \tilde{I}_t^-)\right), \qquad t = 1,\dots,N \tag{2.36}$$

$$\tilde{I}_t^+, \tilde{I}_t^- \geq 0, \quad -\infty < S_t, I_t < +\infty, \qquad \delta_t, P_{tj} \in \{0,1\},$$

โดยที่;

a = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการสั่งซื้อแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

h = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการถือครองแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

v = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

δ_t = ตัวแปรไบนารี่การตัดสินใจสั่งซื้อในช่วงเวลา t (1 = ซื้อ, 0= ไม่ซื้อ)

P_{tj} = ตัวแปรไบนารี่ที่มีค่า {0,1} โดยจะมีค่า 1 ถ้าหากการสั่งซื้อครั้งล่าสุดเกิดที่ *t-j+1*

M = จำนวนที่มีค่ามากพอ (Large Numbers)

R_t = ระดับสูงสุดของวัตถุดิบในช่วงเวลา t (หน่วย: ชิ้น กรัม)

$E[I_t]$ = ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

ตัวแปรที่เพิ่มขึ้นมาใหม่ ได้แก่ S_t คือ ต้นทุนการเกิดสินค้าขาดในช่วงเวลา t ในขณะที่ $\tilde{I}_t^-$ เป็นปริมาณสินค้าคงคลังที่ติดลบเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t และ $\tilde{I}_t^+$ เป็นปริมาณสินค้าคงคลังที่มีค่าเป็นบวกเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t และ ξ_{tj} เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์แบบสะสม (Standard deviation of cumulative demand) บนช่วงเวลา j เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t อย่างไรก็ตามเงื่อนไข (2.36) เป็นสมการจากการเลือกใช้จุดตัด (Breakpoint) เพียงจุดเดียว ซึ่งผู้วิจัยระบุว่าจำนวนจุดตัดมีผลต่อความแม่นยำของแบบจำลอง อย่างไรก็ตามจำนวนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดนั้นยังเป็นคำถามวิจัยที่มีความพยายามในการหาคำตอบอยู่ดังนั้นจึงยังไม่สามารถระบุได้ว่าควรใช้จำนวนกี่จุด

นอกเหนือไปจากการพัฒนาให้อยู่ในรูปของตัวแบบเชิงเส้นเป็นช่วงในขั้นต้นแล้วนั้น แบบจำลองดั้งเดิมของ Tarim and Kingsman [37] ยังได้รับความนิยมในการนำมาพัฒนาต่อยอดอีกหลายครั้ง ได้แก่ ในปี ค.ศ. 2008 ได้มีการพัฒนาแบบจำลองดั้งเดิมให้อยู่ในรูปของแบบจำลองข้อจำกัด (Constraint programming) [41] ที่ซึ่งการแก้ปัญหาสามารถทำได้ง่ายกว่าแต่ยังคงให้ผลลัพธ์เหมือนเดิม ก่อนที่ในปี ค.ศ. 2011 จะมีการพัฒนาอีกครั้งให้แบบจำลองดั้งเดิมสามารถแก้ปัญหาได้โดยไม่ต้องใช้โปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูป (Solver) [42] อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่พัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองดั้งเดิมล้วนระบุในข้อจำกัดในการศึกษาว่าจำนวนจุดตัดที่ใช้ในแบบจำลองมีผลต่อคำตอบที่ได้ แต่จำนวนจุดตัดที่ใช้นั้นยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจนถึงจำนวนที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองของ Tarim and Kingsman [37] เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่ได้มีการพัฒนาต่อมานั้นยังขึ้นอยู่กับจำนวนจุดตัดที่ยังไม่มีวิธีการกำหนดจำนวนที่ชัดเจน ส่งผลให้ถ้าหากมีการนำไปใช้ที่จำนวนจุดตัดแตกต่างกันจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลทำให้วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้ที่ต้องการพัฒนาเครื่องมือที่ระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดแตกต่างกันไปด้วย

ข้อจำกัดที่สำคัญของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตตามที่ได้นำเสนอในตอนต้นคือ ผลลัพธ์จะถูกต้องและน่าเชื่อถือเฉพาะภายใต้ชุดของข้อมูลแบบความน่าจะเป็นที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นแบบคงที่ จึงส่งผลให้ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นข้อมูลที่ดีในการตัดสินใจภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็น ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จะลดข้อจำกัดดังกล่าวด้วยการหาคำตอบให้อยู่ในรูปของเซ็ตของคำตอบแบบ สแน็ปชอต เช่น เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตตั้งแต่ระดับการให้บริการ 0.900 จนถึง 0.999 เป็นต้น จึง

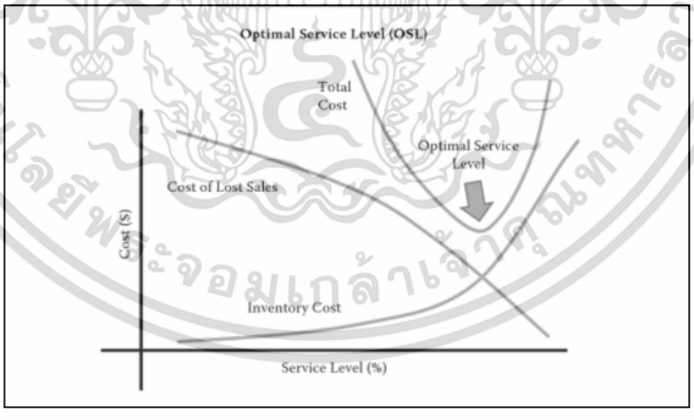
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเสมือนการรวมทางเลือกคำตอบของทุกความน่าจะเป็นที่มีโอกาสเกิดขึ้นสำหรับใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยได้แก่ การพัฒนาเครื่องมือเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดที่บนพื้นฐานของการตัดสินใจจากเซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอต

2.1.3 ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal service level)

แนวความคิดเรื่องการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Service Level :OSL) ภายใต้การวิจัยปฏิบัติการ (Operations research) เป็นหัวข้อที่ค่อนข้างใหม่ ส่งผลให้ปัจจุบันวิธีการคำนวณหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละงานวิจัยและหนังสือยังมีความแตกต่างกัน ทั้งในส่วนของแนวความคิด เป้าหมาย และวิธีการคำนวณ แต่จุดเริ่มต้นนั้นมาจากประเด็นเดียวกัน คือ ระดับการให้บริการนั้นส่งผลกระทบต่อระดับสินค้าสำรอง (Safety stock) ที่ซึ่งมีผลกระทบต่อโอกาสการเกิดสินค้าไม่เพียงพอ (Stock out) และท้ายที่สุดเกี่ยวข้องกับต้นทุนสินค้าคงคลัง (Inventory cost) อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นเป้าหมายหลักของการหา OSL ก็เพื่อหาคำตอบว่าปริมาณสินค้าคงคลังที่ควรถือครอง(ผ่านระดับการให้บริการที่กำหนด)ควรมีปริมาณเท่าไหร่ถึงจะเหมาะสมเมื่อเทียบกับต้นทุนและโอกาสในการเกิดสินค้าไม่เพียงพอ [43] ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเสนอ 2 แนวทางหลักที่ได้รับความนิยมในการทำวิจัย ได้แก่ การคำนวณโดยต้นทุนรวม และการคำนวณโดยเงื่อนไขความสามารถที่ใช้ในการผลิต

2.1.3.1 การหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้ต้นทุนรวม



ภาพที่ 2.4 แนวความคิดเรื่อง OSL ภายใต้การใช้ต้นทุนรวมของ Gerhard [43]

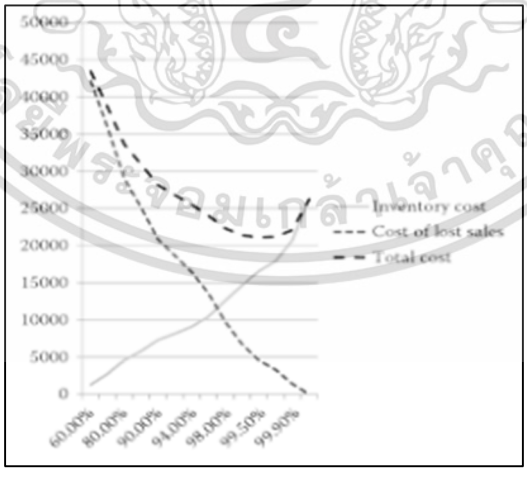
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 เป็นการนำเสนอแนวความคิดเรื่องการหา OSL โดยมีการนำต้นทุนการสูญเสียโอกาสการขาย (Cost of lost sales) เข้ามาร่วมกับต้นทุนสินค้าคงคลัง เพื่อคิดเป็นต้นทุนรวม (Total cost) ซึ่งจุดที่มีค่าเหมาะสมที่สุดคือระดับการให้บริการที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยต้นทุนการเสียโอกาสการขายสามารถคำนวณหาได้ดังนี้ [43]

Cost of Lost Sales= Margin x (Different between Z factor of OSL and Z factor of target service level^2) x (Demand per day) = Margin x ((3.72, Z factor at 99.99% service level) - (Z factor at target service level)^2) x ((Annual Demand)/ (Day Worked)) (2.37)

สมการที่ (2.37) เป็นตัวอย่างการอธิบายแนวความคิดของการหา OSL ภายใต้ต้นทุนรวม โดยที่มีเป้าหมายหลักได้แก่ การมีโอกาสในการขายสูงที่สุดภายใต้การมีต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังน้อยที่สุด การเพิ่มโอกาสในการขายผ่านระดับการให้บริการที่สูงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนถือครองสินค้าคงคลังสูงขึ้นด้วย การลดปริมาณสินค้าคงคลังผ่านระดับการให้บริการที่ลดลงช่วยลดต้นทุนแต่ทำให้โอกาสในการขายลดลงด้วยเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.5

แนวความคิดในการเลือกระดับการให้บริการโดยการใช้ต้นทุนรวมมีข้อจำกัดคือ การนำต้นทุนการสูญเสียโอกาสการขายมารวมในต้นทุนรวมนั้นเป็นเพียงต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) เนื่องจากเป็นต้นทุนที่จะเกิดขึ้นก็เฉพาะต่อเมื่อสินค้าไม่พอต่อคำสั่งซื้อเท่านั้นส่งผลให้มีการนำประเด็นเรื่องความน่าจะเป็นเข้ามาเกี่ยวข้องกับการคำนวนด้วย

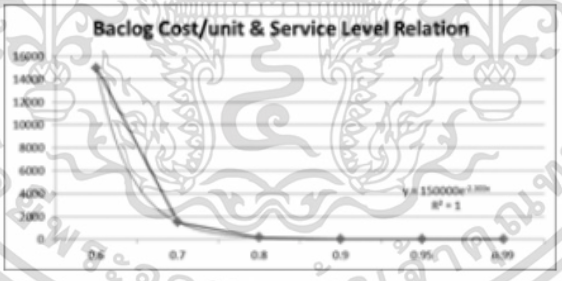


ภาพที่ 2.5 แนวคิดเปรียบเทียบต้นทุนสูญเสียโอกาสการขายกับต้นทุนรวมของ Gerhard [43]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงการนำต้นทุนสูญเสียโอกาสการขายรวมกับต้นทุนสินค้าคงคลัง จะทำให้เส้นต้นทุนรวมลดลงในช่วงต้นของระดับการให้บริการก่อนที่จะถึงจุดต่ำที่สุดและปรับตัวสูงขึ้น ดังนั้นภายใต้แนวความคิดของการหา OSL ด้วยต้นทุนรวมจึงหมายถึงระดับการให้บริการที่ต้นทุนรวมต่ำที่สุด

Nakashima et al. [44] ได้ทำการหาค่า OSL ภายใต้แนวความคิดเรื่องต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด โดยที่ต้นทุนรวมในงานดังกล่าวมีการรวมต้นทุนค่าเสียโอกาสตามหลักการข้างต้น แต่เปลี่ยนจากต้นทุนการสูญเสียโอกาสการขาย เป็นต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่ง (Backlog cost) โดยคิดจากราคาขายต่อหน่วยที่ยังไม่รวมดอกเบี้ยและภาษี โดยเทียบกับระดับการให้บริการว่าทุกๆระดับการให้บริการที่มากขึ้นสินค้าคงคลังมากขึ้น หมายถึงต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจะลดลงเนื่องจากรายได้จากการขายจะมากขึ้น แนวความคิดสำคัญที่ต่อยอดจากงานวิจัยขั้นต้นได้แก่ การนำเสนอว่าสิ่งที่แลกมากับการตัดสินใจผลิตหรือให้บริการที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้น เช่น ต้นทุนสูญเสียโอกาสการขายที่ลดลง หรือ ต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งที่ลดลง มีความสัมพันธ์กับระดับการให้บริการที่อธิบายได้ด้วยฟังก์ชั่นแบบ Quasi Exponential ซึ่งหมายถึงการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ n ซึ่งน้อยกว่าคำสั่งซื้อแท้จริงที่เท่ากับระดับ k ดังนั้นการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ n จึงควรพิจารณาความเป็นไปได้แบบสะสมที่คำสั่งซื้อจะมากกว่าการผลิตตั้งแต่ระดับ $n<k,\ldots,K$ ดังแสดงในภาพที่ 2.6 การตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการสูงๆ จึงแลกมากับการสะสมของความเป็นไปได้ที่ $n<k$ น้อยลงด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งกับระดับการให้บริการของ Nakashima et al. [44]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 การหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดโดยการพิจารณาเรื่องความสามารถในการผลิต

ตามที่ได้กล่าวมาในแนวความคิดที่ 2.1.3.1 การหาค่า OSL โดยการใช้ต้นทุนรวม ซึ่งเป็นการรวมต้นทุนค่าเสียโอกาส เช่น ต้นทุนสูญเสียโอกาสจากการขาย และ ต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งเข้าไปในต้นทุนรวมและเลือกระดับการให้บริการที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด แนวความคิดในการหา OSL อีกชนิดหนึ่งได้แก่ การพิจารณาจากเงื่อนไขความสามารถในการผลิต เช่น เวลาที่ต้องการใช้ในการผลิต (Time needed) เนื่องจากอุปสงค์ที่เป็นตัวแปรสุ่มนั้นมีโอกาสที่สูงกว่าปริมาณสูงสุดที่ผลิตได้รวมกับสินค้าสำรอง เพราะระยะเวลารวมในการผลิตที่ทำได้ (Production cycle time) มีจำกัด ส่งผลให้ต้องเพิ่มสินค้าสำรองเพื่อป้องกันโอกาสการเกิดสินค้าค้างส่ง หรือ อุปสงค์มีโอกาสที่จะมีปริมาณมากกว่าศักยภาพสูงสุดในการผลิตของรอบนั้นๆ (Lot size) ยกตัวอย่างเช่น [45]

$$t_{c,needed} = \sum_{i=1}^{n} t_c \mu_{d_i} \tau_i + t_i < t_c \tag{2.38}$$

โดยที่;

τ_i = ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ (Processing time)

t_i = ระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง (Setup time)

μ_{d_i} = ค่าคาดการณ์อุปสงค์

t_c = ระยะเวลารวมสูงสุดในการผลิตที่ (Capacity)

โดย $t_{c,needed}$ เป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอีกสองตัวได้แก่ Processing Time, τ_i และ Setup Time, t_i ในขณะที่ μ_{d_i}คือค่าคาดการณ์อุปสงค์ของสินค้าชนิดนั้นๆและ t_c หมายถึงระยะเวลาในการผลิตที่ทำได้ โดย OSL จะหาได้ภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการที่มีจำนวนสินค้าคงคลังที่ต้องใช้เวลาผลิตไม่มากไปกว่าระยะเวลารวมที่ผู้ผลิตสามารถผลิตได้ ซึ่งเป็นศักยภาพในการผลิตที่จริงไม่ใช่ค่าเสียโอกาสที่มีความน่าจะเป็นในการเกิดเหมือนกับการใช้ต้นทุนรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต

Law [5] ได้ทำการศึกษาว่าความเชื่อมั่นของพนักงานต่อประสิทธิภาพโดยรวมของทีมพนักงานฝ่ายการผลิต (Collective efficacy) มีผลต่อการเกิดความวุ่นวายในการผลิตหรือไม่ โดยทำการศึกษาในบริษัทกรณีศึกษาที่อ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิต ได้แก่ ผู้ให้บริการอาหารด้านการบิน ระดับความวุ่นวายในการผลิตในงานวิจัยชิ้นนี้มีการอ้างอิงถึงแบบจำลองของ Pujawan [1] ที่ได้กล่าวถึงในทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามงานวิจัยชิ้นนี้ใช้การเก็บข้อมูลผ่านความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง (Perceived) ด้วยการใช้ริเคิร์ทสเกล (Likert scale) และใช้การทดสอบทางสถิติเพื่อพิสูจน์สมมติฐานของความสัมพันธ์ต่อระดับความวุ่นวาย ซึ่งถึงแม้จะมีการอ้างถึงวิธีการวัดระดับความวุ่นวายแต่กลับไม่ได้ใช้วิธีดังกล่าวในการวัด แต่งานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นถึงคำถามวิจัยที่สามารถพัฒนาต่อได้ในส่วนของความสัมพันธ์ของความวุ่นวายในการผลิตต่อปัจจัยการผลิตต่างๆ

Kabak and Ornek [46] ได้พัฒนาเครื่องมือในการวัดระดับความวุ่นวายโดยต่อยอดจาก Pujawan [1] ซึ่งระบุว่าแบบจำลองขั้นต้นนั้นมีข้อจำกัดที่สำคัญคือการไม่พิจารณาต่อระยะเวลาที่เปลี่ยนไปของตารางการผลิต เช่น ผลกระทบจากการเลื่อนตารางการผลิตออกไปหนึ่งชั่วโมง กับ หนึ่งวันนั้นย่อมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงไม่ควรใส่สมมติฐานให้มีค่าเท่ากัน จึงได้พัฒนาแบบจำลองขึ้นมาใหม่เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว

Herrera and Thomas [47] ทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองจำนวนเต็มกึ่งผสม บนแบบจำลองในการวัดระดับความวุ่นวายของ Sridharan et al. [15] เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการวางแผนการผลิตโดยระบุให้ความวุ่นวายเป็นเงื่อนไขหนึ่งในแบบจำลองดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่าคำตอบที่ได้สามารถช่วยลดระดับความวุ่นวายได้นั้นไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุด (Sub-optimal) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยชิ้นนี้ถือเป็นหนึ่งในงานชิ้นแรกที่มีความพยายามกำหนดเงื่อนไขความวุ่นวายลงไปในแบบจำลองจำนวนเต็มกึ่งผสมซึ่งมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่ไม่ซับซ้อนและสามารถทำได้ด้วยโปรแกรม Solver ทั่วไป

งานวิจัยชิ้นนี้จึงจะทำการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิตโดยใช้ข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษาผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแห่งหนึ่งในประเทศไทย ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินนั้นเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิต ตลอดจนทดลองหาความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างปัจจัยด้านการผลิตต่างๆกับระดับความวุ่นวาย ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่มีงานวิจัยชิ้นใดที่สามารถยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินมาก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การลดความวุ่นวายในการผลิตภายใต้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบสโตแคสติก

Kilic and Tarim [48] ได้นำเสนอแนวทางในการลดความไม่แน่นอนจากอุปสงค์แบบสโตแคสติก โดยแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดด้วยกลยุทธ์การลดความไม่แน่นอนแบบพลวัตรซึ่งระบุว่าเป็นกลยุทธ์ที่ทำให้เกิดต้นทุนในการลดความไม่แน่นอนต่ำที่สุด จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับต้นทุนรวมคาดการณ์ภายใต้กลยุทธ์แบบอพลวัตร ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดในเรื่องการลดความวุ่นวาย เนื่องจากตารางการผลิตจึงจะยึดตามแผนการผลิตที่กำหนดไว้ตั้งแต่ก่อนเริ่มผลิต ร้อยละส่วนต่างของต้นทุนทั้งสองกลยุทธ์ถูกสรุปผลให้เป็นต้นทุนในการลดความไม่แน่นอนของอุปสงค์

Tunc et al. [2] ทำการต่อยอดงานวิจัยในขั้นต้นด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในการลดความวุ่นวายในการผลิตที่เกิดจากความไม่แน่นอนของอุปสงค์แบบสโตแคสติก โดยการเปรียบเทียบทั้งสามกลยุทธ์ได้แก่ กลยุทธ์แบบพลวัตรโดยใช้ฮิวริสติกส์ของ Bollapragada and Morton [49] ในการหาต้นทุนคาดการณ์ ในขณะที่กลยุทธ์แบบอพลวัตรใช้แบบจำลองของ Wagner-Whitin [24] และกลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตรใช้ MILP ของ Tarim and Kingsman [37] ผลการศึกษาใช้ร้อยละส่วนต่างระหว่างกลยุทธ์แบบอพลวัตร และอพลวัตร-พลวัตร เทียบกับกลยุทธ์แบบพลวัตร ในการสรุปผลเป็นต้นทุนที่ใช้ในการลดความวุ่นวายในการผลิตจากกลยุทธ์ต่างๆ

Tunc et al. [50] ตั้งคำถามวิจัยว่าผลกระทบของการวางแผนการผลิตโดยใส่สมมติฐานว่าอุปสงค์เป็นสโตแคสติกชนิดคงที่ (Stationary stochastic) แต่ในความเป็นจริงอุปสงค์เป็นสโตแคสติกชนิดไม่คงที่ (Non-stationary) ในเชิงความวุ่นวายในการผลิตจะเป็นอย่างไร ซึ่งทำการศึกษาโดยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของนโยบายสินค้าคงคลังสำหรับอุปสงค์สโตแคสติกแบบคงที่ด้วยการใช้แบบจำลองของ Zheng and Federgruen [51] เทียบกับนโยบายสินค้าคงคลังสำหรับอุปสงค์แบบสโตแคสติกแบบไม่คงที่โดยฮิวริสติกส์ของ Bollapragada and Morton [49] ผลการศึกษาพบว่าการการใส่สมมติฐานดังกล่าวทั้งที่อุปสงค์เป็นชนิดไม่คงที่นั้นทำให้ต้นทุนสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอุปสงค์มีการกระจายตัวสูง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการกระทำดังกล่าวสามารถช่วยลดความวุ่นวายได้ถ้าหากข้อมูลในอดีตบ่งชี้ว่าอุปสงค์มีความไม่แน่นอนสูง

ดังนั้น งานวิจัยชิ้นนี้จะทำการศึกษาต้นทุนการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้กลยุทธ์อพลวัตร-พลวัตร นอกจากนี้จะทำการยืนยันถึงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่เปลี่ยนไปจากการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

Nakashima et al. [44] ได้พัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดภายใต้อุปสงค์แบบสโตแคสติกสำหรับการวางแผนการผลิตสินค้าแบบชนิดเดียวโดยใช้แนวคิดเรื่องต้นทุนรวม โดยขั้นแรกได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อหาปริมาณสินค้าสำรองที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขระดับความเชื่อมั่นว่าอุปสงค์ที่เป็นตัวแปรสุ่มและมีความไม่แน่นอนจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับสินค้าคงคลังที่เหลืออยู่ก่อนจะถึงรอบสั่ง (Re-order) ครั้งต่อไปเนื่องจากระยะเวลานำส่ง (lead time) นั้นคงที่ และนำไปรวมเพื่อคิดเป็นต้นทุนรวมซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนสั่งซื้อและต้นทุนจัดเก็บ จากนั้นนำเสนอวิธีคิดต้นทุนค้างส่งซึ่งเมื่อนำไปทดสอบเทียบกับกราฟ (Curve fitting) พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวแบบควอไซส์เอ็กซ์โพเนนเชียล (Quasi exponential) ก่อนที่สุดท้ายจะนำต้นทุนรวมในแต่ละระดับความเชื่อมั่นมาบวกกับต้นทุนค้างส่ง ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดคือระดับความเชื่อมั่นที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด

Jodlbauer and Reitner [45] ได้พัฒนาอัลกอริธึ่มสำหรับการหา OSL ภายใต้แนวคิดต้นทุนรวมร่วมกับเงื่อนไขความสามารถในการผลิต ได้แก่ ระยะเวลารวมที่ใช้ในการผลิต ที่ทำให้ต้นทุนคาดการณ์ต่ำที่สุดภายใต้อุปสงค์สินค้าหลายชนิดแบบสโตแคสติก โดยต้นทุนประกอบไปด้วยต้นทุนถือครอง ต้นทุนเซ็ตอัพเครื่องจักร และต้นทุนสินค้าค้างส่ง

2.3 บทสรุปจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมในข้างต้นพบว่า ปัจจุบันการศึกษาเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดภายใต้งานวิจัยด้านการปฏิบัติการนั้นยังค่อนข้างเป็นเรื่องใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาถึงความต้องการในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต และต้องการตัดสินใจเลือกระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดจากเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่ซึ่งเป็นกระบวนการหาผลลัพธ์ภายใต้การพิจารณาว่าอุปสงค์เป็นแบบความน่าจะเป็นและเป็นเพียงตัวแปรสุ่ม โดยการหาคำตอบให้อยู่ในรูปของผลลัพธ์แบบคงที่ เช่น ตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่ที่เหมาะสมที่สุด ร่วมกับการใช้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ตลอดจนควบคุมสภาวะสโตแคสติกของข้อมูล (Stochasticity) ด้วยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของข้อมูลแบบคงที่ และใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ซึ่งหาได้จากฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นแบบสะสมในการคำนวณ ส่งผลให้คำตอบที่ได้นั้นจะเป็นค่าคาดการณ์ เช่น ต้นทุนรวมคาดการณ์จะสูงขึ้นสวนทางกับผลกระทบจากระดับความวุ่นวายที่ลดต่ำลงในทุกๆระดับการให้บริการที่สูงขึ้น ดังนั้นการสร้างเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดโดยการเลือกจากเซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอตภายใต้เซ็ตของระดับการให้บริการตั้งแต่ต่ำที่สุดจนถึงสูงที่สุด ระหว่างผลกระทบจากระดับความวุ่นวายในการผลิตและต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตจึงเป็นหัวข้อวิจัยที่มีความน่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้แนวทางการตัดสินใจจากต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เพิ่มขึ้นจากระดับการให้บริการที่สูงขึ้น ซึ่งแลกมากับผลกระทบจากความวุ่นวายที่ลดลง ดังนั้นขั้นตอนแรกในงานวิจัยชิ้นนี้จะเริ่มต้นจากการยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตผ่านการใช้แบบจำลองของ Pujawan [1] ในสมการ (2.2-2.3) จากนั้นทำการทดสอบทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ว่าการตัดสินใจผลิตที่ระดับสูงกว่าค่าคาดการณ์ผ่านระดับการให้บริการที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ปริมาณสินค้าสำรองเพิ่มขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดความวุ่นวายในการผลิตหรือไม่

คำถามวิจัยที่น่าสนใจอีกประเด็นหนึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดระดับความวุ่นวาย ได้แก่ การศึกษาต้นทุนในการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (Nervousness impact-free) ซึ่งผลจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าส่วนใหญ่การเปรียบเทียบต้นทุนที่แตกต่างกันระหว่างสามกลยุทธ์ในการลดความไม่แน่นอนของอุปสงค์ แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษาว่าภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่และใช้กลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร ในการลดความไม่แน่นอนในการผลิตนั้น ต้นทุนคาดการณ์ของการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายมีค่าเท่ากับเท่าไร งานวิจัยชิ้นนี้จะจะทำการกำหนดเซ็ตของระดับการให้บริการตั้งแต่ต่ำที่สุดจนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย และหาต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดที่สุดด้วยกลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร เพื่อตอบคำถามว่าการเพิ่มระดับการให้บริการจนถึงระดับไร้ความผลกระทบวุ่นวายจะมีต้นทุนเท่าไร

เมื่อสามารถยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตและความสัมพันธ์ของการเพิ่มปริมาณการผลิตกับความวุ่นวายที่เกิดขึ้นในประเด็นที่หนึ่ง และสามารถทำการหาเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ได้แก่ ต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในเซ็ตของระดับการให้บริการตั้งแต่ระดับต่ำที่สุดจนถึงสูงที่สุด ซึ่งนิยามว่าเป็นระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายได้แล้วนั้น ขั้นตอนสุดท้ายคือการพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดด้วยการใช้ข้อมูลสองส่วนข้างต้นภายใต้แนวความคิดต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างระดับความวุ่นวายในการผลิตที่เกิดจากความไม่แน่นอนของอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่กับต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 วิธีดำเนินการเพื่อวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต

3.3 วิธีการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็น

3.4 วิธีดำเนินการพัฒนาเครื่องมือเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

3.5 วิธีดำเนินการทดลองโดยใช้กรณีศึกษา

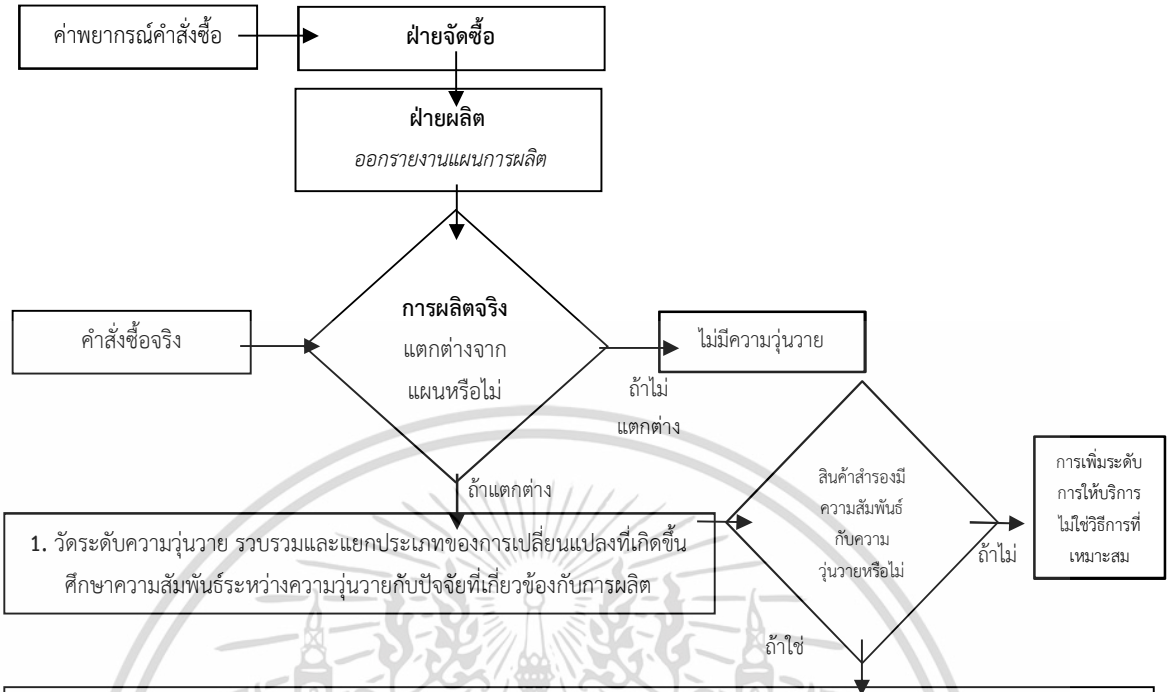
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดจากเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่ซึ่งเป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการภายในเซ็ตของระดับการให้บริการที่กำหนด จะเริ่มจากการยืนยันถึงความมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตและวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดขึ้น จากนั้นจึงทำการทดลองกำหนดค่าคาดการณ์อุปสงค์และค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ขึ้นมาสำหรับแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการที่สูงขึ้น จากนั้นจึงจะสามารถนำข้อมูลทั้งสองส่วนขั้นต้นมาใช้พัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด และท้ายที่สุดจะดำเนินการทดลองเครื่องมือดังกล่าวโดยใช้ข้อมูลจริงจากกรณีศึกษา ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.1 พร้อมรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนที่สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. วัดระดับความวุ่นวายในการผลิตเพื่อยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ โดยใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแห่งหนึ่งในประเทศไทยที่ซึ่งคำสั่งซื้อของบริษัทเป็นชนิดเดียวกับอุปสงค์ที่ต้องการทำการศึกษา

2. วิเคราะห์รายละเอียดจากผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในขั้นตอนที่ 1 ได้แก่ สาเหตุของการเกิด และทำการความสัมพันธ์ทางสถิติของปัจจัยในด้านการผลิตต่อระดับความวุ่นวาย ได้แก่ ปริมาณการผลิต ความแม่นยำในการพยากรณ์ และปริมาณสินค้าสำรอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลือกวิธีการในการลดระดับความวุ่นวายในการผลิตในการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นเพื่อระบุต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดแบบสแน็ปชอต เพื่อหาคำตอบว่าการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการที่สูงขึ้นจากระดับเท่ากับค่าคาดการณ์ซึ่งจะทำให้ผลกระทบจากความวุ่นวายน้อยลงนั้น แลกมากับต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เปลี่ยนไปเท่าไร โดยใช้ข้อมูลทดสอบ (Generated data) บนระดับการให้บริการทั้งหมด 11 ระดับตั้งแต่ต่ำที่สุดจนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย โดยข้อมูลทดสอบประกอบด้วย 1) ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่มีการกระจายตัวแบบปกติ 2) ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ได้แก่ ต้นทุนต่อหน่วย (Unit cost) ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering cost) ต้นทุนการถือครอง (Holding cost) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Coefficient of variation)

4. ทดสอบความสามารถในการลดระดับโอกาสในการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายโดยนำผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 3 ได้แก่ ระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบ ในแต่ละระดับการให้บริการ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่อุปสงค์ที่เป็นเพียงตัวแปรสุ่มจะสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุด ของการสั่งซื้อในช่วงเวลานั้น $P(x_t > E(R_t))$

5. พัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดโดยการนำผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1-4 มาสังเคราะห์ ได้แก่ การนำต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เพิ่มขึ้นจากตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการที่สูงขึ้นมาเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นในการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตที่ลดลง (จากผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 4) ซึ่งทำให้ต้นทุนที่เกิดจากความน่าจะเป็นในการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งน้อยลง

6. ทำการทดสอบเครื่องมือในข้อ 5 ด้วยการใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษาเดียวกับขั้นตอนที่ 1 โดยค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นความต้องการต่อวัตถุดิบ (Raw material) ของการผลิตเมนูอาหารที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียว (Single level BOM) ที่ซึ่งอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบที่ใช้กับสินค้าขั้นสุดท้ายเท่ากับหนึ่งต่อหนึ่ง เช่น สเต็กเนื้อปรุงสุกหนึ่งหน่วย ต้องใช้วัตถุดิบเป็นเนื้อที่ตัดแต่งอยู่ในรูปและคุณสมบัติตรงตามสายการบินกำหนดจำนวน 1 หน่วย เป็นต้น ดังนั้นวัตถุดิบที่เหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาจึงสามารถสะสมนำไปใช้สำหรับการผลิตในช่วงเวลา *t+1* ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีดำเนินการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต

3.2.1 กระบวนการดำเนินการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต

ภาพที่ 3.2 กระบวนการดำเนินการวัดระดับความวุ่นวาย

ภาพที่ 3.2 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการดำเนินการวัดระดับความวุ่นวาย โดยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาโดยเปรียบเทียบระหว่างค่าพยากรณ์คำสั่งซื้อที่กำหนดในรายงานแผนการผลิตกับคำสั่งซื้อจริงในวันผลิตจริง จากนั้นเปลี่ยนผลการเปรียบเทียบดังกล่าวให้เป็นระดับความวุ่นวายด้วยแบบจำลองของ Pujawan [1] โดยใช้ข้อมูลทั้งสิ้น 2 รอบแผนการผลิต โดยแต่ละรอบมีระยะเวลา 7 วัน คำถามวิจัยย่อยในส่วนของขั้นตอนนี้ได้แก่ 1.ความวุ่นวายในการผลิตมีจริงหรือไม่ 2.ความวุ่นวายในการผลิตส่งผลอย่างไรต่อการผลิต 3.ปัจจัยในการผลิตอะไรบ้างที่ส่งผลต่อระดับความวุ่นวายในการผลิต

3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวัดระดับความวุ่นวาย

งานวิจัยชิ้นนี้จะทำการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิตโดยใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งซึ่งเป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบิน (Airline caterer) แบบอินเฮาส์ (In-house) ซึ่งหมายถึงเป็นลักษณะของบริษัทในเครือกับสายการบิน ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ให้บริการอาหารด้านการบินทั้งสิ้นจำนวน 4 บริษัทแบ่งเป็นแบบอินเฮาส์ 3 บริษัท และบริษัทแบบภายนอก 1 บริษัท โดยบริษัทกรณีศึกษามีส่วนแบ่งการตลาดเกินครึ่งหนึ่งของตลาดอาหารด้านการบินในประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตประมาณ 80,000 หน่วย(ชุดอาหาร) ต่อวัน โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะมุ่งศึกษาเฉพาะในส่วนของแผนกผลิตภายใต้ครัวร้อน ที่ซึ่งมีปริมาณการผลิตประมาณร้อยละ 70 ของการผลิตทั้งหมด ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ได้แก่ ค่าพยากรณ์การผลิตในรายงานแผนการผลิตที่ซึ่งออกรายงานโดยฝ่ายพยากรณ์ นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตจริงที่บันทึกภายหลังจากการผลิตเสร็จสิ้นในรายการสินค้าเดียวกันงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้ข้อมูลการผลิตใน 2 รอบการวางแผน (รอบวางแผนละ 7 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความวุ่นวายกับปัจจัยด้านการผลิต

1. ปริมาณการผลิต (หน่วยกิโลกรัม) ที่เพิ่มขึ้นทำให้ระดับความวุ่นวายเพิ่มขึ้น

Law [5] ระบุว่าการดำเนินการภายในของฝ่ายผลิตที่ดีนั้นสามารถช่วยลดความวุ่นวายในการผลิตได้ งานวิจัยชิ้นนี้จึงตั้งสมมติฐานว่าปริมาณรวมการผลิตที่มากขึ้น(หน่วยกิโลกรัม)จะทำให้โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้อันนำไปสู่การดำเนินการภายในที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น การส่งสินค้าล่าช้าของซัพพลายเออร์ เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ระดับความวุ่นวายเพิ่มขึ้น

2. ความผิดพลาดในการพยากรณ์ที่สูงขึ้นทำให้ระดับความวุ่นวายสูงขึ้น

การพยากรณ์ที่แม่นยำได้รับการยืนยันว่าสามารถช่วยลดความไม่แน่นอนของอุปสงค์ได้ [15] งานวิจัยชิ้นนี้จึงตั้งสมมติฐานว่าถ้าหากความผิดพลาดในการพยากรณ์สูงขึ้น (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการพยากรณ์ที่ผิดพลาดเทียบกับค่าพยากรณ์) ย่อมทำให้ระดับความวุ่นวายสูงขึ้น

3. ปริมาณสินค้าสำรองที่สูงขึ้นจะทำให้ระดับความวุ่นวายลดลง

Pujawan [54] รายงานผลการศึกษาว่าสินค้าสำรองมีประสิทธิภาพในการลดระดับความวุ่นวายในกรณีที่อุปสงค์มีความไม่แน่นอนต่ำมากกว่ากรณีที่อุปสงค์มีความไม่แน่นอนสูง งานวิจัยชิ้นนี้จึงตั้งสมมติฐานว่าสินค้าสำรองที่เพิ่มขึ้นช่วยลดระดับความวุ่นวายได้

แบบจำลองที่ใช้ในการหาระดับความวุ่นวาย N_t ในงานชิ้นนี้มีดังนี้ Pujawan [1]

$$N_t = \sum_{j=t}^{t+h} N_{t,j} \tag{3.1}$$

$$N_{t,j} = \sum_{i} \sum_{k} w_i q_{i,k,j}^{t} \tag{3.2}$$

โดยที่:

i = ประเภทของการเปลี่ยนแปลง

j = จำนวนช่วงเวลาในช่วงวางแผน (Period in planning horizon)

t = รอบการวางแผน (Planning cycle)

k = คำสั่งซื้อ

h = ความยาวของแผนที่วาง (Length of planning horizon)

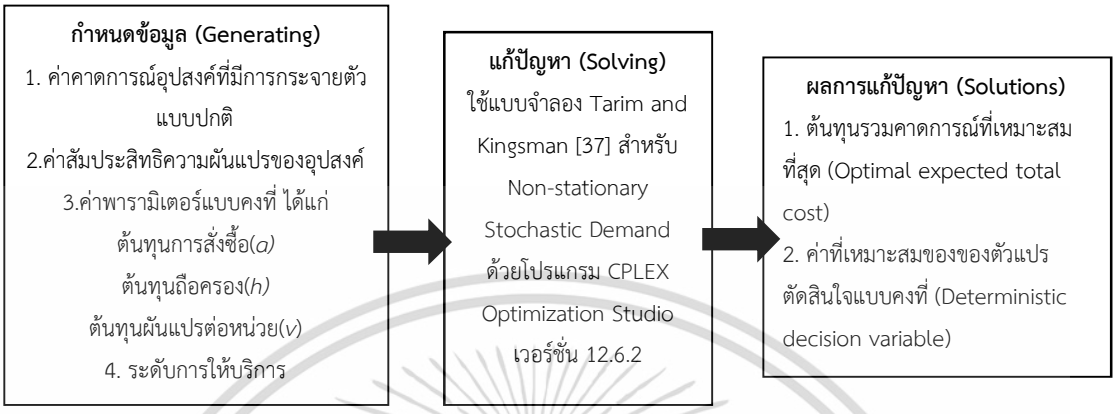
w_i = ค่าถ่วงน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงชนิด *i*

$q_{i,k,j}^{t}$ = จำนวนคำสั่งซื้อ *k* ที่ถูกวางแผนในรอบการผลิตที่แล้วให้ผลิตในช่วงเวลา *j* แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิด *i* ขึ้นในรอบการวางแผน *t*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็น

3.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 3.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด) (หน่วย: ปริมาณของวัตถุดิบ)

อุปสงค์/ช่วงเวลา(วัน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cycle	300	400	400	500	500	500	400	300	300	200
Erratic	410	320	710	350	280	800	380	290	450	510

ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ในการทดลอง (จากการกำหนด)

อุปสงค์	*h* ต้นทุนถือครอง (holding cost)	*a* ต้นทุนสั่งซื้อ (ordering cost)	*v* ต้นทุนต่อหน่วย (unit cost)	อัตราส่วน (*a:v* ratio)	$C = \sigma_t/\mu_t$ สัมประสิทธิความผันแปร (Coefficient of Variation)
Cycle	1	10,100,500	10,100,500	1:1, 1:10, 1:50, 10:1, 50:1	0.1, 0.3, 0.6
Erratic	1	10,100,500	10,100,500	1:1, 1:10, 1:50, 10:1, 50:1	0.1, 0.3, 0.6

ตารางที่ 3.3 ระดับการให้บริการที่ใช้ในการทดลอง

$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$	$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$	$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$	$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$
0.9000	1.285	**0.9300**	1.475	**0.9600**	1.750	**0.9900**	2.325
0.9100	1.345	**0.9400**	1.555	**0.9700**	1.881	**0.9995**	3.291
0.9200	1.405	**0.9500**	1.645	**0.9800**	2.055		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของขั้นตอนในการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่หมายถึงการหาคำตอบแบบค่าคงที่ (Deterministic solution) จากข้อมูลแบบความน่าจะเป็น ด้วยการเปลี่ยนข้อมูลแบบความน่าจะเป็นให้เป็นค่าคงที่ด้วยการหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลจากการใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่หาได้จากฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นแบบสะสม (ตารางที่ 3.1) ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ตลอดจนค่าคงที่ของความผันแปรของข้อมูล (Stochasticity) ด้วยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของข้อมูล (ตารางที่ 3.2) ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดสำคัญของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตได้แก่ มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเฉพาะภายใต้บริบทของค่าคงที่ๆนำมาใช้ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงกำหนดเซ็ตของระดับการให้บริการ (ตารางที่ 3.3) สำหรับลดข้อจำกัดดังกล่าวด้วยการนำเสนอคำตอบที่เป็นเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปช็อต ได้แก่ ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดจากการตัดสินใจผลิตที่แต่ละระดับการให้บริการ ที่ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ถึงแม้จะเป็นค่าคงที่แต่ก็ครอบคลุมทุกๆความเป็นไปได้

ขั้นตอนที่ 3.3 เป็นการหาคำตอบบนพื้นฐานของข้อมูลทดสอบโดยตารางที่ 3.1 เป็นค่าคาดการณ์อุปสงค์ในสองรูปแบบที่มีการกระจายตัวแบบปกติ (ข้อมูลในอดีตของอุปสงค์ในตารางที่ 3.1 แสดงในภาคผนวก 1) โดยค่าคาดการณ์อุปสงค์ในตารางที่ 3.1 นั้นมีค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ (กำหนดเอง) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ได้แก่ ต้นทุนถือครอง (h) จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ต้นทุนสั่งซื้อ (a) และ ต้นทุนต่อหน่วย (v) กำหนดให้มีค่า 10,100,500 ซึ่งสะท้อนลักษณะสินค้าที่แตกต่างกัน เช่น สินค้าที่มีต้นทุนสั่งซื้อสูง ได้แก่ สินค้านำเข้า หรือ ต้องมีการสั่งผลิตเฉพาะ ในขณะที่ต้นทุนสั่งซื้อต่ำ ได้แก่ สินค้าภายในประเทศ หรือ สินค้าที่มีผู้ผลิตจำนวนมากและหาซื้อได้ตลอดเวลา เป็นต้น ในขณะที่สินค้าที่ต้นทุนต่อหน่วยสูงได้แก่ วัตถุดิบนำเข้า หรือ สินค้าที่มีผู้ผลิตน้อยราย ในขณะที่ต้นทุนต่อหน่วยต่ำ เช่น สินค้าที่มีผู้ผลิตหลายราย เป็นต้น และท้ายที่สุดได้แก่ อัตราส่วนระหว่างต้นทุนสั่งซื้อต่อต้นทุนผันแปร จะกำหนดให้มีทั้งสิ้น 5 รูปแบบ เพื่อสะท้อนลักษณะสินค้าที่แตกต่างกัน เช่น สินค้าที่มีต้นทุนสั่งซื้อสูงแต่ต้นทุนต่อหน่วยต่ำ เช่น สินค้าเกษตรที่ผลิตไม่ได้ในประเทศและต้องนำเข้า ในขณะที่สินค้าที่มีต้นทุนต่อหน่วยสูงแต่ต้นทุนสั่งซื้อต่ำ เช่น เนื้อวัวคุณภาพดีจากฟาร์มภายในประเทศ เป็นต้น

ค่าคาดการณ์อุปสงค์ในตารางที่ 3.1 และค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ในตารางที่ 3.2 จะถูกนำไปแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ โดยกำหนดให้เซ็ตของระดับการให้บริการประกอบไปด้วย 11 ระดับ เริ่มต้นที่ 0.9000 เป็นระดับการให้บริการในปัจจุบัน (AS-IS) ในขณะที่ 0.9995 เป็นระดับการให้บริการที่กำหนดให้ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (Nervousness impact-free) งานวิจัยชิ้นนี้จะดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimization Studio เวอร์ชั่น 12.6.2 โดยกำหนดการตั้งค่าให้เป็นค่าเริ่มต้น (Default) ทั้งหมด บนคอมพิวเตอร์แบบ Intel core i3 2.3GHz หน่วยความจำ 8192 MB โดยใช้แบบจำลองภายใต้นโยบาย (R,S) ด้วยกลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร ดังนี้ [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$min\ E[TC] = \sum_{t=1}^{n} (a\delta_t + hE\{I_t\} + vE\{R_t\} - vE\{I_{t-1}\}) \quad (3.3)$$

ภายใต้เงื่อนไข;

$$E[I_t] = E[R_t] - E[d_t], \qquad t = 1, \ldots, N, \quad (3.4)$$

$$E[R_t] \geq E[I_{t-1}], \qquad t = 1, \ldots, N, \quad (3.5)$$

$$E[R_t] - E[I_{t-1}] \leq M\delta_t \qquad t = 1, \ldots, N, \quad (3.6)$$

$$E[I_t] \geq \sum_{j=1}^{t} (G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\ldots+d_t}(\alpha) \sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k]) P_{tj}, \qquad t = 1, \ldots, N \quad (3.7)$$

$$\sum_{j=1}^{t} P_{tj} = 1 \qquad t = 1, \ldots, N \quad (3.8)$$

$$P_{tj} \geq \delta_{t-j+1} - \sum_{k=t-j+2}^{t} \delta_k \qquad t = 1, \ldots, N, \quad j = 1, \ldots, t \quad (3.9)$$

$$E[I_t], E[R_t] \geq 0, \qquad \delta_t, P_{tj} \in \{0,1\}, t = 1, \ldots, N, \quad j = 1, \ldots, t \quad (3.10)$$

โดยที่;

a = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการสั่งซื้อ

h = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการถือครอง

v = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

$E[d_t]$ = ค่าคาดการณ์อุปสงค์ในช่วงเวลา t

$E[I_t]$ = ค่าคาดการณ์ปริมาณสินค้าคงคลังคงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t

$E[R_t]$ = ค่าคาดการณ์ระดับ Order-up-to-level ในช่วงเวลา t

P_{tj}, δ_t = ตัวแปรไบนารี่ (1 = มี 0= ไม่มี)

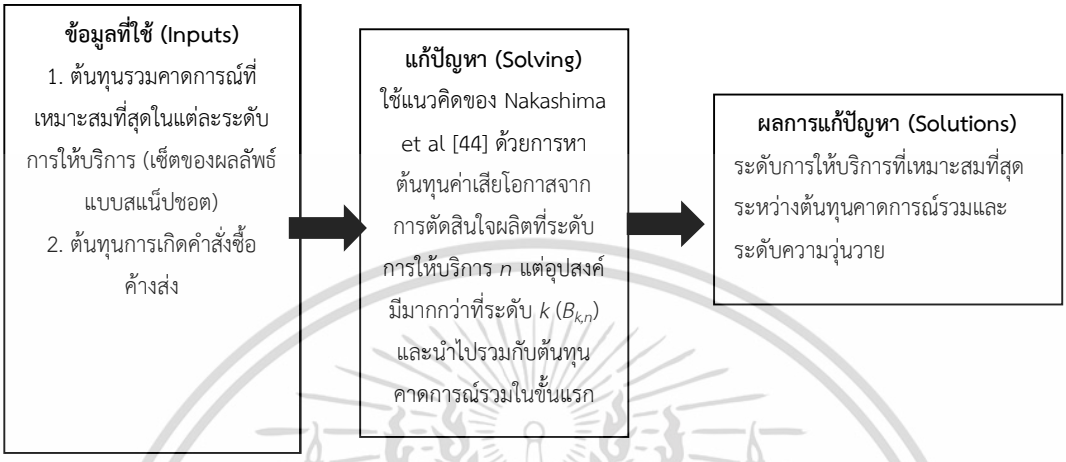
M = ตัวเลขขนาดใหญ่ (Large number)

คำถามวิจัยย่อยสำหรับขั้นตอนนี้ได้แก่ 1. ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่แสดงต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการมีค่าเท่าไร 2. ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อจะมีค่ามากกว่าปริมาณวัตถุดิบสูงสุดที่ได้จากการแก้ปัญหานั้นสอดคล้องกับเงื่อนไขระดับการให้บริการหรือไม่ และ 3.ถ้าค่าคงที่ของพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไป เช่น อุปสงค์ ต้นทุนการสั่งซื้อ ผลลัพธ์ที่ได้จะแตกต่างไปอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการดำเนินการพัฒนาเครื่องมือเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

3.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อพัฒนาเครื่องมือเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 3.4 กระบวนการดำเนินการพัฒนาเครื่องมือหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

ภายหลังจากดำเนินการในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 (ข้อที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ) งานวิจัยชิ้นนี้จะนำข้อมูลจากทั้งสองส่วนขั้นตอนมาสังเคราะห์เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด โดยจะพัฒนาเครื่องมือตามแนวทางของ Nakashima et al. [44] โดยการพัฒนาตัวแปรใหม่ขึ้นมา ($\beta_{k,m}$) ได้แก่ ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ m แต่อุปสงค์มีมากกว่าเท่ากับระดับการให้บริการ k ซึ่งเป็นการพัฒนาโดยการรวมความน่าจะเป็นของโอกาสที่อุปสงค์จะมากกว่าระดับ m ไปจนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย และนำตัวแปรใหม่ดังกล่าวมารวมกับต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งต้นทุนรวมใหม่ที่ต่ำที่สุดจะเป็นระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3.4

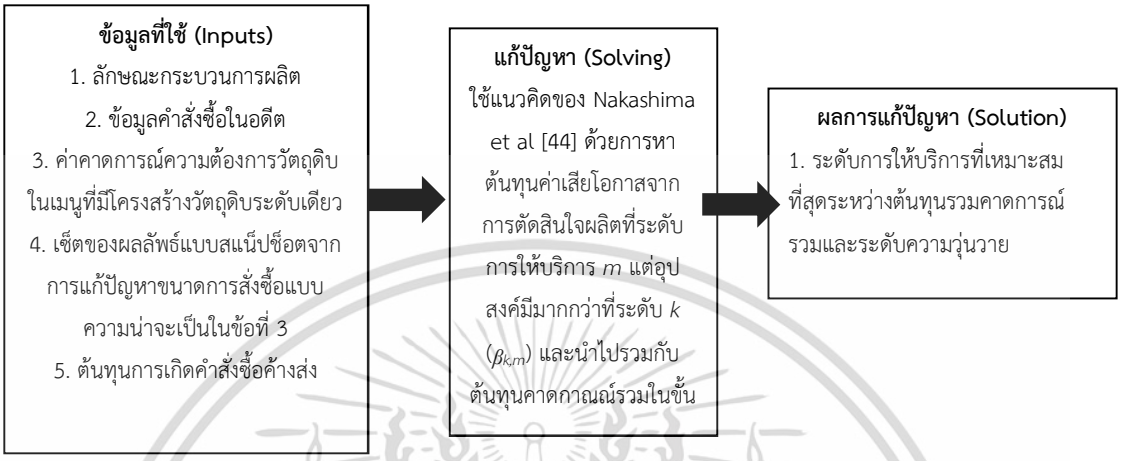
ผลลัพธ์ที่เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบค่าคงที่ (Deterministic decision variable) ได้แก่ ระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการนั้นจะถูกนำไปคำนวณเพื่อเปรียบเทียบเป็นปริมาณสินค้าที่มีโอกาสเกิดเป็นคำสั่งซื้อค้างส่งจากการผลิตน้อยกว่าคำสั่งซื้อที่แท้จริง ($m<k$) อย่างไรก็ตามภายใต้เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตบนเซ็ตของระดับการให้บริการทั้ง 11 ระดับ งานวิจัยชิ้นนี้จึงนำเสนอว่าควรคิดโอกาสเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งแบบสะสมตั้งแต่ระดับ k จนถึงระดับสูงสุดในเซ็ต ($m<k,\ldots,K$)

คำถามวิจัยย่อยสำหรับขั้นตอนวิจัยนี้ได้แก่ 1. ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดหาได้อย่างไร 2.ควรใช้ระดับการให้บริการเดียวกันในทุกชนิดสินค้าหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีดำเนินการการทดลองโดยใช้กรณีศึกษา

3.5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3.5 กระบวนการดำเนินการทดลองโดยใช้บริษัทกรณีศึกษา

การแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนคาดการณ์รวมที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการในขั้นตอนที่ 3.3 และการพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนที่ 3.4 นั้น เป็นการศึกษาโดยใช้ข้อมูลทดสอบ ซึ่งเป้าหมายของงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ได้จริงทั้งในส่วนของนักวิชาการและผู้ประกอบการ ดังนั้นจึงทำการเลือกบริษัทผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์แห่งหนึ่งในประเทศไทยเป็นบริษัทกรณีศึกษา (บริษัทเดียวกับขั้นตอนที่ 3.2 การยืนยันถึงความวุ่นวายในการผลิต) โดยภาพที่ 3.5 แสดงกระบวนการดำเนินการทดลอง ซึ่งจะพบว่ามีลักษณะเหมือนกับการศึกษาในขั้นตอนที่ 3.3 – 3.5 แต่เปลี่ยนมาใช้ข้อมูลจริงจากกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทดสอบว่าเครื่องมือดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงได้หรือไม่

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้ข้อมูลเป็นการผลิตอาหารทั้งสิ้น 7 เมนูที่ให้บริการในชั้นประหยัดและเฟิร์สคลาส โดยแต่ละเมนูจะมีลักษณะที่แตกต่างกันจากค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองด้วยกรณีศึกษา

ระดับบริการ/สินค้า		ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบ (k)							$C=\sigma_v\mu_t$	v	h	a	bc
		1	2	3	4	5	6	7					
ชั้นประหยัด	เมนูA	1,000	1,057	950	1,000	988	921	928	0.1	20	1	10	5% ของ v
	เมนูB	500	460	520	600	400	350	390	0.1	20	1	10	
	เมนูC	570	400	480	540	770	870	450	0.2	20	1	10	
	เมนูD	106	104	84	117	114	136	164	0.2	20	1	10	
เฟิร์สคลาส	เมนูE	61	53	65	61	52	54	54	0.2	100	1	100	10% ของ v
	เมนูF	60	55	62	74	80	62	55	0.3	100	1	100	
	เมนูG	50	38	45	69	69	45	35	0.3	200	1	100	
	เมนูH	70	75	62	55	50	97	95	0.3	300	1	500	

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา โดยเป็นค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าที่เป็นเมนูอาหารชนิดที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียว ดังนั้นปริมาณความต้องการวัตถุดิบกับความต้องการสินค้าขั้นสุดท้ายจึงมีปริมาณเท่ากัน เช่น แซลม่อนรมควันที่เป็นสินค้าขั้นสุดท้าย 1 หน่วย (จาน) ต้องใช้วัตถุดิบแซลม่อนตัดแต่งตามข้อตกลงกับสายการบินที่ยังไม่ได้ปรุงสุกจำนวน 1 หน่วย (ชิ้น)

ตารางที่ 3.4 จะมีค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันสะท้อนลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ดังนี้ เมนู A เป็นเมนูที่ให้บริการในชั้นประหยัดและเป็นเมนูพื้นฐานทั่วไปจึงมีขนาดอุปสงค์ต่อวัตถุดิบที่สูงกว่าเมนูชนิดอื่นๆ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่ำ และอุปสงค์ค่อนข้างคงที่ ตัวอย่างเมนูในกลุ่มนี้ได้แก่ แครอทต้ม เป็นต้น เมนู B เหมือนกับเมนู A เกือบทุกประการยกเว้นมีขนาดอุปสงค์ที่น้อยกว่า ตัวอย่างเมนูเช่น ไข่เจียว เป็นต้น เมนู C มีความไม่แน่นอนของอุปสงค์สูงกว่า A และ B เช่น เมนูที่ต้องสั่งพิเศษ ได้แก่ อาหารเด็ก เป็นต้น และเมนู D เป็นเมนูที่ให้บริการในเส้นทางที่มีการแข่งขันสูงส่งผลให้ความต้องการค่อนข้างไม่คงที่

เมนูที่ให้บริการในชั้นเฟิร์สคลาส ได้แก่ E, F และ G นั้น จะเป็นเมนูที่มีความไม่แน่นอนของอุปสงค์สูงเนื่องจากลักษณะการให้บริการที่ผู้โดยสารมีสิทธิ์เลือกได้จากเล่มเมนูที่ให้บริการในเที่ยวบิน และมีปริมาณอุปสงค์ต่ำเนื่องจากจำนวนที่นั่งที่มีจำกัด เมนู D แตกต่างจากเมนู E ตรงความไม่แน่นอนของอุปสงค์ที่ E มีมากกว่า (0.2 กับ 0.3) ตัวอย่างเมนู D ได้แก่ เมนูที่เป็นเมนูพื้นฐานที่ผู้โดยสารในชั้นเฟิร์สคลาสส่วนใหญ่นิยมเลือกรับประทาน เช่น สเต็กเนื้อนำเข้า ในขณะที่เมนู E เป็นเมนูที่มีคนเลือกน้อยกว่า เช่น แกะอบ เป็นต้น และเมนู G ต้นทุนสูงที่สุดและอุปสงค์ไม่คงที่ที่สุด เช่น เมนูวัตถุดิบนำเข้าราคาแพงซึ่งให้บริการเฉพาะบางเที่ยวบิน เช่น กุ้งมังกร (Lobster) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

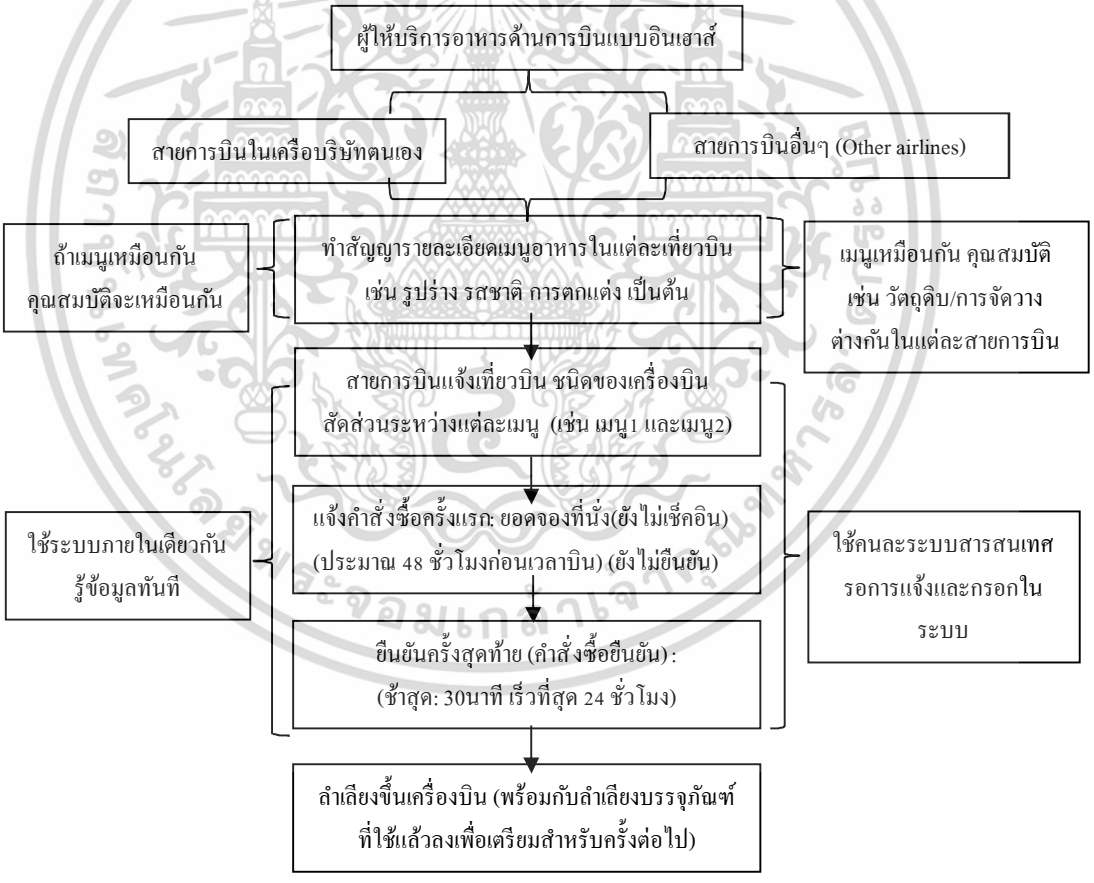
ภายหลังจากบทที่ 3 ได้มีการอธิบายถึงระเบียบวิธีการวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ เนื้อหาในบทที่ 4 ซึ่งเป็นผลการศึกษานั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักได้แก่

4.1 ข้อมูลระบบการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินในประเทศไทย

4.2 ผลการศึกษาเรื่องระดับความวุ่นวายในการผลิต

4.3 ผลการศึกษาเรื่องต้นทุนคาดการณ์รวมที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ

4.1. ข้อมูลระบบการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย



ภาพที่ 4.1 กระบวนการดำเนินงานของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

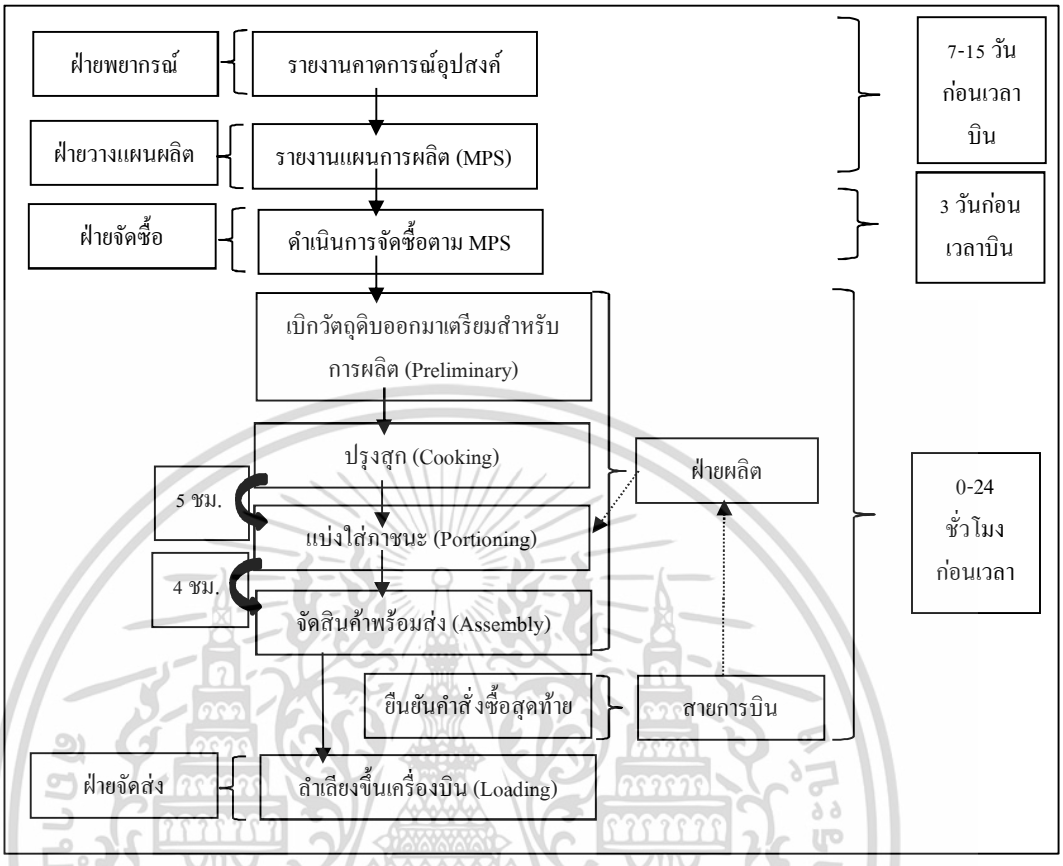
ภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นขั้นตอนในการดำเนินงานของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทยซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากผู้ให้บริการแบบเฮาส์ทั้งสิ้นจำนวน 3 แห่ง (จากทั้งหมด 3 แห่ง) โดยผู้ให้บริการแบบอินเฮาส์จะมีการให้บริการอาหารบนเที่ยวบินกับทั้งสายการบินในเครือข่ายของตนเอง และสายการบินอื่นๆ (OA) เริ่มต้นจากการตกลงรายละเอียดของเมนูอาหารและคุณสมบัติ เช่น รสชาติ การตกแต่ง บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งในกรณีของสายการบินในเครือข่ายของตนนั้น ถ้าหากในแต่ละเที่ยวบินมีการสั่งอาหารเมนูเดียวกันก็จะกำหนดคุณสมบัติให้เหมือนกันเพื่อง่ายต่อการบริหารจัดการในขั้นตอนการผลิต ในขณะที่สายการบินอื่นๆนั้นจะกำหนดคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น บางสายการบินกำหนดให้เพิ่มรสหวาน หรือ กำหนดยกเว้นการใส่บางวัตถุดิบ เช่น ถั่วลิสง เป็นต้น

หลังจากได้ข้อตกลงเรื่องคุณสมบัติของอาหารแล้ว สายการบินจะทำการระบุเที่ยวบินที่ต้องการใช้อาหารดังกล่าว รวมถึงชนิดของเครื่องบินที่ใช้ทำการบินด้วย เช่น เครื่องบินแบบแอร์บัสรุ่น A330-300 เป็นต้น ผู้ให้บริการฯจะทราบปริมาณสูงสุดของที่นั่งซึ่งหมายถึงปริมาณอาหารสูงสุดที่มีความเป็นไปได้ที่สายการบินจะแจ้งคำซื้อยืนยัน อย่างไรก็ตามชนิดของเครื่องบินดังกล่าวสามารถแบ่งย่อยออกเป็นโมเดลต่างๆ ขึ้นอยู่กับการจัดผังที่นั่งของสายการบินนั้นๆ เช่น แอร์บัสรุ่น A330-300 ประกอบไปด้วยโมเดลแบบ 33P มีจำนวนที่นั่งรวม 317 ที่นั่ง (ชั้นธุรกิจ 24 ที่นั่งและชั้นประหยัด 293 ที่นั่ง) ในขณะที่โมเดล 33E มีที่นั่งรวม 262 ที่นั่ง (ชั้นธุรกิจ 39 ที่นั่งและชั้นประหยัด 223 ที่นั่ง) และโมเดล 33K มีจำนวนที่นั่งรวม 251 ที่นั่ง (ชั้นธุรกิจ 39 ที่นั่งชั้น พรีเมี่ยมอีโคโนมี่ (Premium economy) 21 ที่นั่งและชั้นประหยัด 191 ที่นั่ง) เป็นต้น ซึ่งการตัดสินใจเลือกโมเดลเครื่องบินใดนั้นขึ้นอยู่กับสายการบิน เช่น จำนวนการจองในชั้นประหยัดมากที่สุดก็จะเลือกใช้ชนิด 33P เป็นต้น ซึ่งผู้ให้บริการจะทราบเพียงประมาณ 1 วันก่อนเวลาบินพร้อมกับคำสั่งซื้อครั้งแรกที่เป็นปริมาณผู้โดยสารที่จองบัตรโดยสาร (แต่ยังไม่ได้เช็คอิน)

ภายหลังจากได้รับคำสั่งซื้อครั้งแรกตามจำนวนยอดจองของผู้โดยสารแล้วนั้น สายการบินจะทำการแจ้งคำสั่งซื้อยืนยัน (Confirmed order) ที่ซึ่งเป็นปริมาณการสั่งซื้อที่สายการบินจะจ่ายเงินค่าบริการโดยผู้ให้บริการฯขอความร่วมมือให้แจ้งคำสั่งซื้อยืนยันก่อน 24 ชั่วโมงเพื่อจะได้ทำการผลิตได้ทัน แต่ในทางปฏิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่งสายการบิน OA ที่ซึ่งใช้ระบบสารสนเทศภายในคนละระบบกับผู้ให้บริการนั้นจะให้คำสั่งซื้อยืนยันได้ในช่วงระยะเวลาไม่ถึง 24 ชั่วโมง ช้าที่สุด คือ 30 นาทีก่อนเวลาบิน (รอจนกระทั่งเคาน์เตอร์เช็คอินน์ปิด) ทั้งนี้ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นกับกรณีของสายการบินในเครือฯค่อนข้างน้อย ส่วนหนึ่งเป็นเพราะการใช้ระบบสารสนเทศเดียวกันทำให้การแบ่งปันข้อมูลทำได้แบบทันที

ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อผู้ให้บริการฯผลิตและบรรจุอาหารเท่าปริมาณคำสั่งซื้อยืนยันเรียบร้อยแล้ว ก็จะถูกลำเลียงขึ้นเครื่องบินพร้อมกับการนำบรรจุภัณฑ์เดิม (เช่น รถเข็น (Cart) บรรจุภัณฑ์ที่สามารถใช้ใหม่ได้ และขยะ) นำลงจากเครื่องบินโดยส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ก็จะถูกนำไปล้างและเริ่มต้นกระบวนการอีกครั้ง ในส่วนของกระบวนการผลิตมีรายละเอียดดังภาพที่ 4.2 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ภาพรวมขั้นตอนการผลิตของผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ในประเทศไทย

ภาพที่ 4.2 แสดงกระบวนการผลิตที่แสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวต่อการเกิดความวุ่นวายในการผลิตของผู้ให้บริการอาหารด้านการบิน กล่าวคือ ปริมาณวัตถุดิบที่ถูกจัดซื้อโดยฝ่ายจัดซื้อล่วงหน้าก่อนเวลาบินประมาณ 7 วัน เป็นการจัดซื้อในปริมาณที่เป็นผลรวมของแผนการผลิต (MPS) ในแต่ละวันตลอดรอบการวางแผน ทั้งนี้แผนการผลิตที่ระบุปริมาณการผลิตในแต่ละวันนั้นคิดมาจากรายงานการพยากรณ์ของฝ่ายพยากรณ์ที่แสดงค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อสินค้าขั้นสุดท้ายของแต่ละวันในรอบแผนการผลิต ซึ่งตามที่ได้ระบุไว้ในบทที่ 3 งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาในกรณีของสินค้า (เมนู) ที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบระดับเดียว ดังนั้นค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นค่าคาดการณ์ต่อวัตถุดิบที่ผ่านขั้นตอนการเตรียม เช่น ละลาย ตัดและแต่ง ให้อยู่ในเงื่อนไขพร้อมปรุงสุก เป็นต้น งานวิจัยชิ้นนี้ต้องการใช้ผลลัพธ์ที่เป็นแบสแน็ปชอต ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนข้อมูลอุปสงค์ในอดีตที่เป็นแบบความน่าจะเป็นให้เป็นค่าคงที่ด้วยการใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ซึ่งมีสถานะเป็นตัวแปรสุ่มที่รู้ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม ตัวอย่างเช่น ตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุก

รายการ/ ช่วงเวลา *(t)*	ค่าคาดการณ์อุปสงค์ E_{d_t} ในแต่ละช่วงเวลา (หน่วย:หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น กรัม)						
	1	2	3	4	5	6	7
เมนู D	106	104	84	117	144	136	164

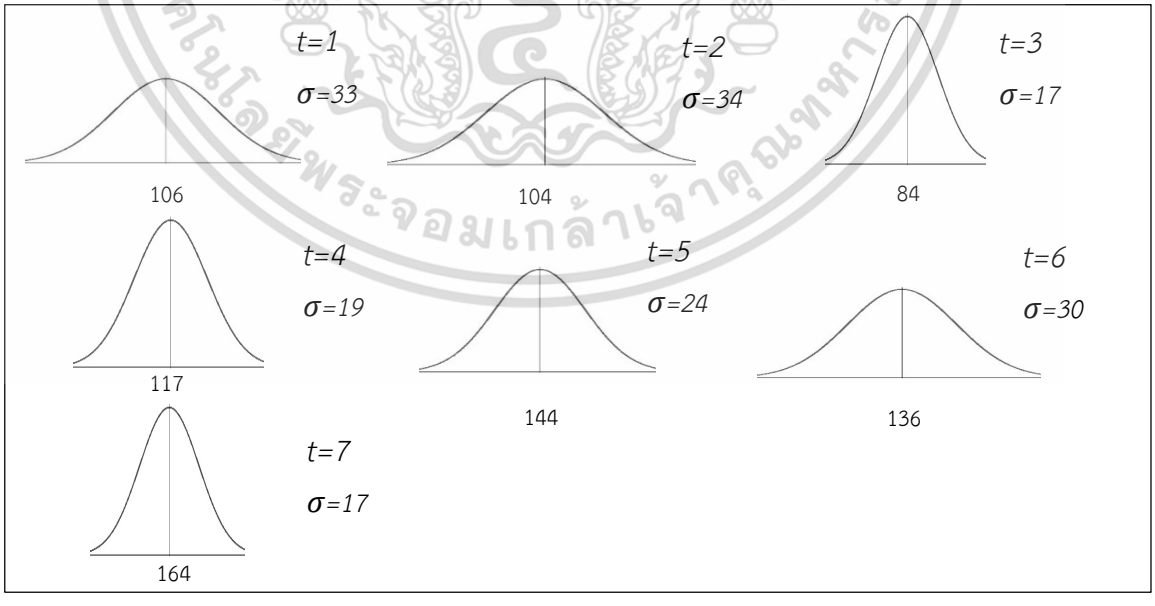
ตารางที่ 4.1 เป็นค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบที่พร้อมสำหรับปรุงสุกในเมนู D ของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์แห่งหนึ่งในประเทศไทย ค่า E_d ในแต่ละช่วงเวลามาจากข้อมูลอุปสงค์ที่แท้จริงในอดีต (แสดงในภาคผนวก ข) ซึ่งคำสั่งซื้อในอดีตเป็นตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete random variable) ดังนั้นการหาค่าคาดการณ์จึงทำได้ดังสมการ (4.1 – 4.2) ในขณะที่ความแปรปรวนหาค่าได้จากสมการ (4.3)

$$\mu_d = d_1p_1 + d_2p_2 + \cdots + d_kp_k \quad (4.1)$$

$$E_d = \sum d_ip_i \quad (4.2)$$

$$\sigma^2{}_{E_d} = \sum (d_i - E_d)^2 p_i \quad (4.3)$$

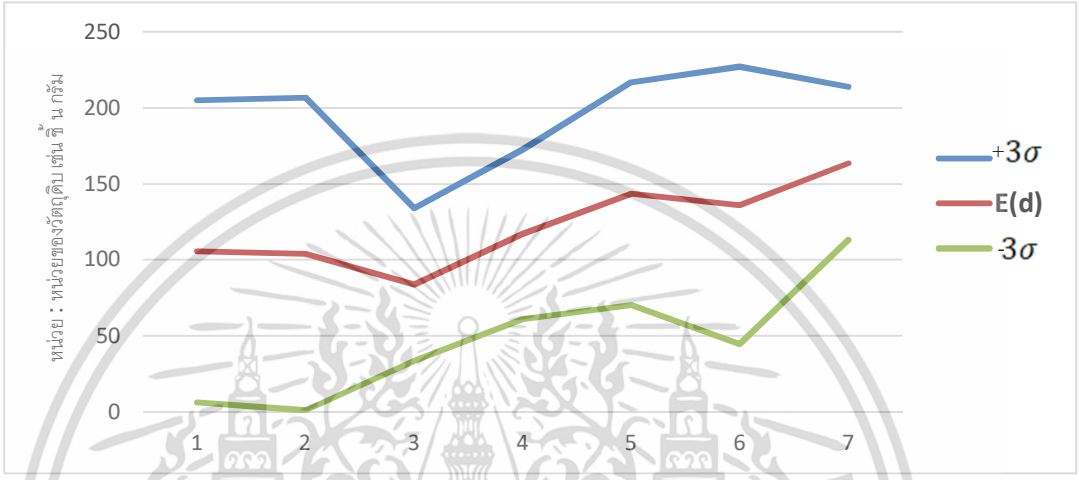
ภายใต้ทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Limit Theorem, CLT) ที่ซึ่งสรุปได้ว่าถ้ามีการสุ่มตัวอย่างจำนวนมากเพียงพอ (n≥30) ไม่ว่าประชากรจะมีการกระจายตัวแบบใด ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างนั้นจะมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้นค่าคาดการณ์ในตารางที่ 4.1 จึงมีการกระจายตัวดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำค่าคาดการณ์อุปสงค์ในภาพที่ 4.3 และความแปรปรวนมาสร้างเป็นแผนภูมิดังภาพที่ 4.4 จะพบว่าตรงกับคำนิยามของการเป็นอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ (Non-stationary stochastic) ซึ่งมีนิยามว่า ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน (No natural mean and variance)



ภาพที่ 4.4 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบของเมนู D ในรอบการวางแผน

ภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงค่าคาดการณ์อุปสงค์ของเมนู D พร้อมทั้งค่า +3σ และ -3σ ของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะพบว่าค่าคาดการณ์ในแต่ละช่วงเวลานั้นไม่ได้อยู่ในระดับเดียวกัน ตลอดจนค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละช่วงเวลาก็ไม่ได้มีรูปแบบคงที่ ดังนั้นจึงตรงกับคำนิยามของอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่

ปัญหาที่เป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ จากค่าคาดการณ์ที่มีลักษณะดังกล่าว ผู้ให้บริการควรกำหนดแผนการผลิตที่ซึ่งกำหนดระดับวัตถุดิบสูงสุดที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน (S) และรอบการตัดสินใจสั่งวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (ละลาย หั่น ตัดแต่ง เป็นต้น) (R) ที่ระดับการให้บริการใดถึงจะเหมาะสมที่สุดระหว่างต้นทุนรวมในการผลิตและผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต การตัดสินใจกำหนดแผนการผลิตที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นสามารถลดความเสี่ยงจากผลกระทบของความวุ่นวายแต่ต้นทุนรวมก็สูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในประเด็นดังกล่าวจึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง ผลการศึกษาในส่วนแรก (หัวข้อที่ 4.2) นั้นยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตและยืนยันความสัมพันธ์ทางสถิติว่าการเพิ่มการผลิตสูงไปจากค่าคาดการณ์ช่วยลดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตได้จริง ซึ่งรายละเอียดวิธีการและผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. ผลการศึกษาเรื่องระดับความวุ่นวายในการผลิต

วัตถุประสงค์ที่หนึ่งของงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ การวัดระดับความวุ่นวายเพื่อยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิต ถ้าหากยืนยันได้ว่ามีความวุ่นวายในการผลิตเกิดขึ้นจริง ย่อมหมายถึงการยืนยันได้ว่าคำสั่งซื้อยืนยันจากสายการบินนั้นมีความแตกต่างไปจากปริมาณการผลิตตามแผนที่มีการกำหนดล่วงหน้าประมาณ 7-15 วันก่อนเวลาบิน รวมไปถึงสามารถยืนยันความสัมพันธ์ของระดับความวุ่นวายกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ปริมาณการผลิต ความผิดพลาดในการพยากรณ์ และปริมาณสินค้าสำรอง โดยผลการศึกษามีดังนี้

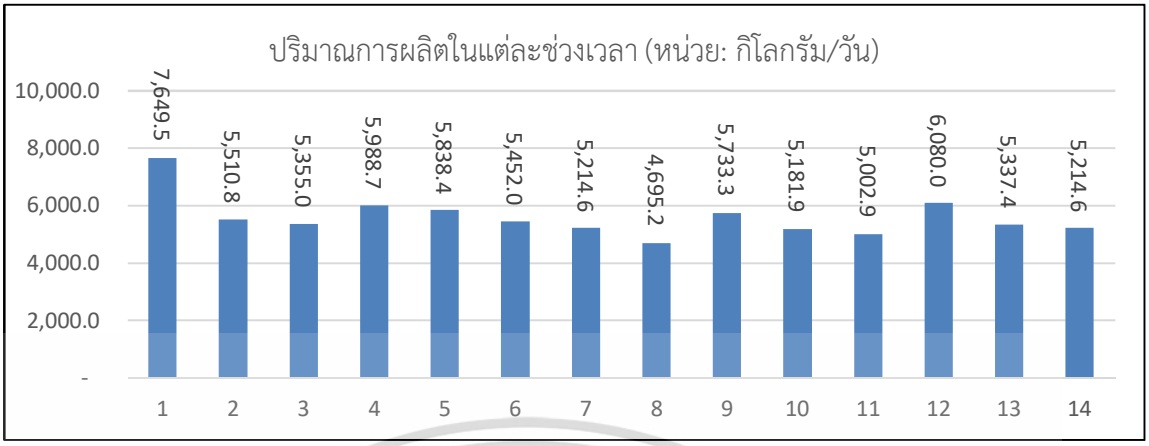
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวัดระดับความวุ่นวาย

รายการผลิต (เมนู)	ปริมาณการผลิต (ตามแผน) (ก.ก)	ปริมาณการผลิตจริง (ตามคำสั่งซื้อ) (กก.)	ส่วนต่าง (กก.)	ชนิดของการเปลี่ยนแปลง
001	11.9	30	-18.1	เพิ่มการผลิต
002	55.7	40	+15.7	ลดการผลิต
003	97.6	0	+97.6	เปลี่ยนเวลา
004	16.5	16.5	0	ไม่มี

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิต (ข้อมูลเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ค) โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ 1) ปริมาณการผลิตของแต่ละสินค้าในแผนการผลิตที่ซึ่งกำหนดล่วงหน้าประมาณ 7-15 วัน (ค่าคาดการณ์อุปสงค์) และ 2) ปริมาณการผลิตจริงในแต่ละสินค้า ยกตัวอย่างเช่น แผนการผลิตกำหนดรายการผลิตสินค้า 001 จำนวน 11.9 กก. ในขณะที่รายงานปริมาณการผลิตจริงซึ่งปรับตามคำสั่งซื้อยืนยันของลูกค้าเมื่อเคาน์เตอร์เช็คอินที่สนามบินปิด พบว่ามีปริมาณการผลิตจริงทั้งสิ้น 30 ก.ก ซึ่งหมายถึงการดำเนินการผลิตตามแผนนั้นจะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจำนวน 18.1 ก.ก ส่งผลให้ในรายงานการผลิตจริงมีการบันทึกว่าเพิ่มการผลิต 18.1 กก. เช่นเดียวกันกับรายการ 002 ที่แผนการผลิตสูงกว่าการผลิตจริง ส่งผลให้ในรายงานการผลิตจริงมีการลดการผลิตลง 15.7 กก. รายการ 003 มีการเปลี่ยนแปลงคือ เลื่อนวันการผลิตทำให้ยกเลิกการผลิตตามแผน (ไปแทรกผลิตวันอื่นแทน) ส่วนรายการ 004 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หมายความว่ามีการดำเนินการผลิตปริมาณ 16.5 กก. ตามแผนการผลิต

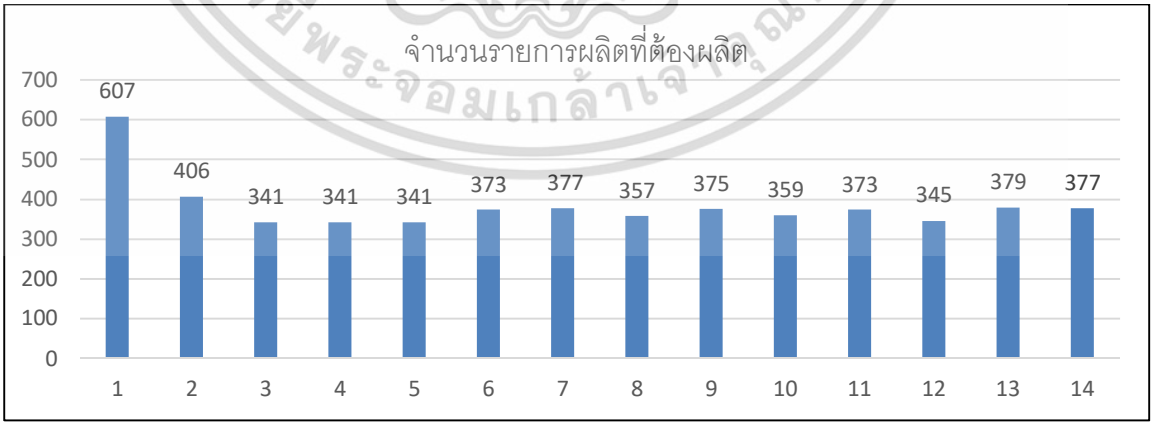
ตารางที่ 4.2 เป็นเพียงตัวอย่างตัวอย่างจำนวน 4 รายการผลิตที่ใช้ในการอธิบายวิธีการวิจัย แต่งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลรวม 2 รอบการผลิต (14 วัน) รวม 5,351 รายการ รายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ปริมาณการผลิตรายวันในรอบแผนการผลิตที่ 1-2 (หน่วย:น้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ผลิต)

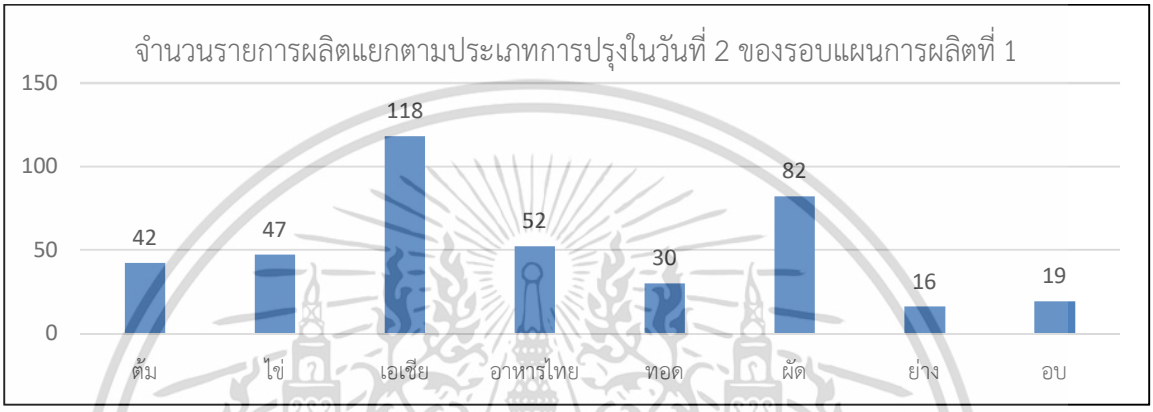
ภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นปริมาณการผลิตในแต่ละวันของรอบแผนการผลิตที่ 1 (วันที่ 1-7) และรอบแผนการผลิตที่ 2 (วันที่ 8-14) หน่วยเป็นกิโลกรัมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การคำนวณระดับความวุ่นวายโดยแบบจำลองของ Pujwan [1] นั้นไม่สามารถคิดจากปริมาณการผลิตรวมได้ แต่เป็นการแยกคิดในแต่ละรายการผลิต (Job order) ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ที่ซึ่งหมายถึง รายการที่ต้องดำเนินการผลิตในแต่ละวัน ซึ่งเป็นได้ทั้งเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียว เช่น สเต็ก แครอทต้ม เป็นต้น และเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบหลายระดับ เช่น แกงเขียวหวาน เป็นต้น โดยภาพที่ 4.4 แสดงจำนวนรายการผลิตที่ต้องผลิตในแต่ละวันของรอบแผนการผลิตที่ 1 และ 2 ทั้งนี้วัตถุประสงค์ข้อที่หนึ่งมีเป้าหมายเพื่อยืนยันถึงความวุ่นวายในการผลิต ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตตามแผนกับการผลิตจริงของทั้งสองชนิดเมนูข้างต้น



ภาพที่ 4.6 จำนวนรายการผลิต (Job order) ที่ต้องผลิตในแต่ละช่วงเวลา (หน่วย:จำนวนรายการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องด้วยบริษัทกรณีศึกษาได้ทำการแบ่งแผนการผลิตโดยระบุจำนวนรายการผลิตที่ต้องผลิตในแต่ละวันในภาพที่ 4.6 ออกตามชนิดของประเภทการปรุง ซึ่งมีด้วยกันทั้งสิ้น 8 ประเภทได้แก่ ต้ม ไข่ กลุ่มอาหารเอเชีย กลุ่มอาหารไทย ทอด ผัด ย่าง และอบ ยกตัวอย่างเช่นในวันที่ 2 มีจำนวนรายการผลิตที่ต้องผลิตรวมทั้งสิ้น 406 รายการ ซึ่งในแผนการผลิตที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะแบ่งรายการผลิตดังกล่าวออกตามชนิดครัว ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 จำนวนรายการผลิตใน 8 ประเภทการปรุง ของวันที่ 2 ในรอบแผนการผลิตที่ 1

ภาพที่ 4.7 แสดงจำนวนรายการผลิตที่ทั้ง 8 ครัวตามประเภทการปรุงต้องดำเนินการผลิตในวันที่ 2 ของรอบแผนการผลิตที่ 1 รวมทั้งสิ้นจำนวน 406 รายการผลิต ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการเปรียบเทียบจำนวนรายการผลิตตามแผนการผลิตของทั้ง 8 ครัวปริมาณการผลิตจริงที่ได้รับการบันทึกภายหลังจากการผลิตเสร็จสิ้น ผลการศึกษาแบ่งการวิเคราะห์ออกตามรอบแผนการผลิต เริ่มจากรอบแผนการผลิตที่ 1 จำนวนรวมรายการผลิต 2,786 รายการ และรอบแผนการผลิตที่ 2 จำนวนรวมรายการผลิต 2,565 รายการ รวมทั้งสิ้น 5,351 รายการผลิตที่ทำการวัดระดับความวุ่นวาย ผลการศึกษามีดังนี้

ตารางที่ 4.3 สรุปชนิดและจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรอบแผนการผลิตที่ 1

ชนิดการเปลี่ยนแปลง	จำนวนรายการผลิตที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน (รอบแผนการผลิตที่ 1)							รวม	%
	1	2	3	4	5	6	7		
เพิ่มการผลิต	78	70	62	49	48	42	35	384	59.72
ลดการผลิต	20	24	31	21	29	2	15	142	22.08
เปลี่ยนเวลา	23	22	14	11	7	22	18	117	18.20
รวม	121	116	107	81	84	66	68	643	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการเปรียบเทียบการผลิตตามแผนกับปริมาณการผลิตจริงในตารางที่ 4.3 สามารถอธิบายได้ดังนี้ ในวันที่ 1 มีจำนวนรายการผลิตรวมทั้งสิ้น 121 รายการผลิตจากทั้งหมด 607 รายการผลิตที่แตกต่างไปจากแผนการผลิตเดิม โดยพบว่าชนิดของการเปลี่ยนแปลงต่อการผลิตมี 3 รูปแบบได้แก่ 1) การเพิ่มการผลิตจากแผนการผลิตเดิม (เนื่องจากการผลิตจริงสูงกว่าค่าคาดการณ์) จำนวน 78 รายการผลิต 2) การลดการผลิตจากแผนการผลิตเดิม (เนื่องจากการผลิตจริงน้อยกว่าค่าคาดการณ์) จำนวน 20 รายการผลิต และ 3) การเปลี่ยนเวลาเริ่มการผลิต (ทั้งก่อนและหลังเวลาตามแผนการผลิตเดิม) จำนวน 23 รายการผลิต ดังนั้นเมื่อรวมเปรียบเทียบทั้ง 7 วันในรอบการผลิตที่ 1 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจากแผนการผลิตทั้งสิ้น 643 รายการผลิต จากทั้งหมด 2,786 รายการผลิต ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบในรอบการผลิตที่ 2 แสดงในตารางที่ 4.4 รวมทั้งสิ้นมี 720 รายการผลิตที่แตกต่างไปแผน

ตารางที่ 4.4 สรุปชนิดและจำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรอบแผนการผลิตที่ 2

ชนิดการเปลี่ยนแปลง	จำนวนรายการผลิตที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน (รอบแผนการผลิตที่ 2)							รวม	%
	1	2	3	4	5	6	7		
เพิ่มการผลิต	65	82	76	72	55	42	30	422	58.61
ลดการผลิต	29	34	25	21	29	18	20	176	24.44
เปลี่ยนเวลา	13	16	15	17	25	18	18	122	16.94
รวม	107	132	116	110	109	78	68	720	100.00

ภายหลังจากสามารถจัดรูปแบบของความเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลให้การผลิตจริงแตกต่างไปจากแผนการผลิตได้แล้วนั้น งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการหาค่าถ่วงน้ำหนักให้แก่การเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ชนิด ด้วยการใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (Analytical Hierarchy Process หรือ AHP) ด้วยการสัมภาษณ์ผู้จัดการฝ่ายผลิต และหัวหน้าการผลิตทั้ง 8 ประเภทการปรุง โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณการผลิตส่งผลกระทบมากที่สุด เนื่องจากเงื่อนไขในการผลิตที่ต้องมีการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว หลังจากปรุงเสร็จถึง 2 ครั้ง รวมถึงการนำวัตถุดิบพร้อมปรุงสำหรับเที่ยวบินอื่นมาใช้ทดแทน ส่งผลให้การผลิตในเที่ยวบินดังกล่าวได้รับผลกระทบ ในขณะที่การลดการผลิตนั้นไม่ส่งผลกระทบมากเนื่องจากวัตถุดิบที่พร้อมสำหรับปรุงถ้ายังไม่ได้ปรุงสุกสามารถเก็บได้ ส่วนการเปลี่ยนเวลาการผลิต ส่วนใหญ่มักจะเลื่อนออกไปจากตารางเดิม ทำให้ผลกระทบเกิดขึ้นน้อยที่สุดเนื่องจากมีเวลาเตรียมตัวปรับแผน ผลการหาค่าถ่วงน้ำหนัก (w) ของ 3 ชนิดการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้ การเพิ่มปริมาณการผลิตจากแผนเดิม w_1= 0.60 การลดปริมาณการผลิตลงจากแผนเดิม w_2 = 0.21 และ การเปลี่ยนเวลาเริ่มการผลิต w_3 = 0.19 เมื่อแทนค่าในแบบจำลองจะได้ผลการศึกษาในตารางที่ 4.5 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 1-7 ของรอบแผนการผลิตที่ 1

วันที่ 1	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม	771.67	938.33	55	15	188.50
ไข่	980.93	760.79	47	15	174.58
เอเชีย	2,400.51	2,546.29	190	28	408.07
ไทย	1,376.89	1,415.09	66	10	435.26
ทอด	679.95	746.86	46	4	99.31
ผัด	964.86	975.88	146	36	62.92
ย่าง	27.88	31	24	4	2.66
อบ	455.22	235.24	33	9	116.23
รวม	7,657.93	7,649.49	607	121	1,487.53
วันที่ 2	**น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)**	**น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)**	**รายการผลิต (ตามแผน)**	**รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง**	**ความวุ่นวาย (Nervousness)**
ต้ม	568.94	492.28	42	4	64.10
ไข่	1,017.59	927.06	47	21	156.80
เอเชีย	1,127.60	1,319.73	118	29	490.82
ไทย	934.38	1,243.38	52	11	399.70
ทอด	531.64	625.68	30	9	145.83
ผัด	676.65	750.23	82	28	206.24
ย่าง	34.81	31.87	16	4	4.36
อบ	118.26	120.63	19	10	33.93
รวม	5,009.86	5,510.85	406	116	1501.78
วันที่ 3	**น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)**	**น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)**	**รายการผลิต (ตามแผน)**	**รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง**	**ความวุ่นวาย (Nervousness)**
ต้ม	468.3	492.5	29	4	61.62
ไข่	1,019.76	947.09	43	10	78.53
เอเชีย	1,093.76	1,285.07	89	32	545.40
ไทย	937.05	1,176.85	42	11	434.14
ทอด	476.79	618.15	27	10	149.73
ผัด	642.34	700.08	79	28	198.31
ย่าง	37.19	34.35	16	4	4.33
อบ	103.74	100.88	16	8	34.13
รวม	4,778.9	5,354.98	341	107	1,506.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 1-7 ของรอบแผนการผลิตที่ 1

วันที่ 4	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม	548.28	570.48	29	2	23.94
ไข่	1,023.13	1,021.15	43	3	10.34
เอเชีย	1,421.16	1,617.14	89	30	522.49
ไทย	1,069.61	1,236.51	42	8	394.17
ทอด	519.95	574.53	27	8	135.59
ผัด	748.7	811.34	79	22	159.08
ย่าง	39.97	40.21	16	2	0.65
อบ	125.6	117.31	16	6	11.98
รวม	5,496.41	5,988.68	341	81	1,258.23
วันที่ 5	**น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)**	**น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)**	**รายการผลิต (ตามแผน)**	**รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง**	**ความวุ่นวาย (Nervousness)**
ต้ม	369.32	393.46	29	5	44.96
ไข่	916.51	1,006.64	43	8	258.20
เอเชีย	1,558.70	2,072.19	89	28	215.32
ไทย	873.28	935.68	42	6	215.32
ทอด	447.90	483.60	27	4	31.85
ผัด	771.98	807.33	79	26	197.75
ย่าง	46.2	47.7	16	4	3.93
อบ	80.34	91.74	16	3	3.66
รวม	5,064.25	5,838.35	341	84	970.99
วันที่ 6	**น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)**	**น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)**	**รายการผลิต (ตามแผน)**	**รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง**	**ความวุ่นวาย (Nervousness)**
ต้ม	405.7	409.74	37	3	3.26
ไข่	1,015.79	950.19	45	6	82.41
เอเชีย	1,614.38	1705	107	26	5.03
ไทย	957.6	925.8	40	6	92.26
ทอด	458.20	439.16	30	6	29.67
ผัด	841.81	845.66	79	9	11.65
ย่าง	46.66	45.54	16	4	4.96
อบ	119.86	130.85	19	6	284.17
รวม	5,460.01	5,452.03	373	66	513.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 1-7 ของรอบแผนการผลิตที่ 1

วันที่ 7	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม	382.79	406.04	31	5	36.08
ไข่	906.87	908.41	50	7	8.61
เอเชีย	1,580.74	1,449.35	106	15	177.28
ไทย	922.18	974.28	42	8	136.37
ทอด	473.47	538.45	28	5	59.89
ผัด	756.42	773.78	87	16	15.19
ย่าง	46.19	49.33	18	5	4.33
อบ	90.73	114.91	15	7	8.05
รวม	5,159.40	5,214.56	377	68	445.80

ตารางที่ 4.5 เป็นผลการศึกษาการวัดระดับความวุ่นวายในรอบแผนการผลิตที่ 1 แยกเป็นรายวันตั้งแต่วันที่ 1-7 โดยความระดับความวุ่นวาย (Nervousness) หาได้จากสมการต่อไปนี้ (4.4 – 4.5)

$$N_t = \sum_{j=t}^{t+h} N_{t,j} \quad (4.4)$$

$$N_{t,j} = \sum_i \sum_k w_i q_{i,k,j}^t \quad (4.5)$$

ยกตัวอย่างเช่น ตารางที่ 4.2 กำหนดเป็นรายการผลิตทั้งหมดของการผลิตประเภทต้ม รวมทั้งสิ้น 4 รายการ โดยรายการที่ 001 ปริมาณการผลิตตามแผนเท่ากับ 11.9 กก. แต่ผลิตจริง 30 กก. ดังนั้นมีการเพิ่มการผลิตจากแผนทั้งสิ้น 18.1 กก. ในขณะที่รายการ 002 และ 003 เป็นการเปลี่ยนแปลงชนิดลด และเปลี่ยนเวลาการผลิต ตามลำดับ ส่วนรายการ 004 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ตามที่ได้รายงานในหัวข้อที่ 4.1 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ รายการผลิต 001 – 004 ถูกวางแผนล่วงหน้าไว้พร้อมกันล่วงหน้า 2 สัปดาห์ ดังนั้นปริมาณการผลิตที่วางแผนไว้ตั้งแต่รอบแผนการผลิต *k* สำหรับการผลิตในรอบการผลิต *j* จึงมี 4 รายการ โดยมี 3 รายการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทเพิ่มการผลิต $w_1 = 0.60$ ลดการผลิต $w_2 = 0.21$ และเปลี่ยนเวลา $w_3 = 0.19$ สมการ (4.5) จึงมีค่า $N_{t,j} = \sum_i \sum_k w_i q_{i,k,j}^t$ = (18.1x0.6)+(15.7x0.21)+(97.6x0.19) = 32.7 ในขณะที่ สมการ (4.4) คือผลรวมของผลลัพธ์จากสมการ (4.2) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบในทุกรายการผลิตในทั้งหมด 8 ประเภทอาหาร เมื่อรวมกันจะได้ความวุ่นวายรวม หรือ $N_t = \sum_{j=t}^{t+h} N_{t,j}$ เท่ากับ 1,487.53 ในวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 8-14 ของรอบแผนการผลิตที่ 2

วันที่ 8	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	392.26	331.49	35.00	12.00	85.72
ไข่(OM)	969.61	984.57	48.00	16.00	114.74
เอเชีย(OR)	1,580.75	1,449.36	106.00	15.00	177.28
ไทย(TH)	820.39	896.89	37.00	17.00	490.45
ทอด(DF)	397.96	366.35	24.00	7.00	86.22
ผัด(FR)	483.96	510.26	74.00	26.00	60.59
ย่าง(GR)	57.99	61.21	18.00	5.00	4.79
อบ(RO)	94.19	95.13	15.00	9.00	21.18
รวม	4,797.10	4,695.25	357.00	107.00	1,040.98
วันที่ 9	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	377.21	299.16	37.00	9.00	41.70
ไข่(OM)	991.76	1,089.98	47.00	19.00	325.07
เอเชีย(OR)	1,598.41	1,928.49	98.00	42.00	870.25
ไทย(TH)	811.63	913.73	41.00	7.00	334.53
ทอด(DF)	481.86	517.55	30.00	10.00	97.00
ผัด(FR)	702.32	791.63	84.00	29.00	206.28
ย่าง(GR)	54.43	59.57	19.00	5.00	4.32
อบ(RO)	113.98	133.16	19.00	11.00	28.70
รวม	5,131.59	5,733.26	375.00	132.00	1,907.84
วันที่ 10	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	296.08	370.55	30.00	10.00	74.64
ไข่(OM)	946.39	952.79	47.00	11.00	118.70
เอเชีย(OR)	1,393.90	1,513.58	95.00	32.00	712.61
ไทย(TH)	815.95	1,025.45	43.00	13.00	469.35
ทอด(DF)	488.59	500.34	24.00	8.00	166.31
ผัด(FR)	564.72	655.93	85.00	28.00	201.12
ย่าง(GR)	62.00	62.98	20.00	6.00	5.98
อบ(RO)	97.94	100.29	15.00	8.00	19.33
รวม	4,665.56	5,181.90	359.00	116.00	1,768.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 8-14 ของรอบแผนการผลิตที่ 2

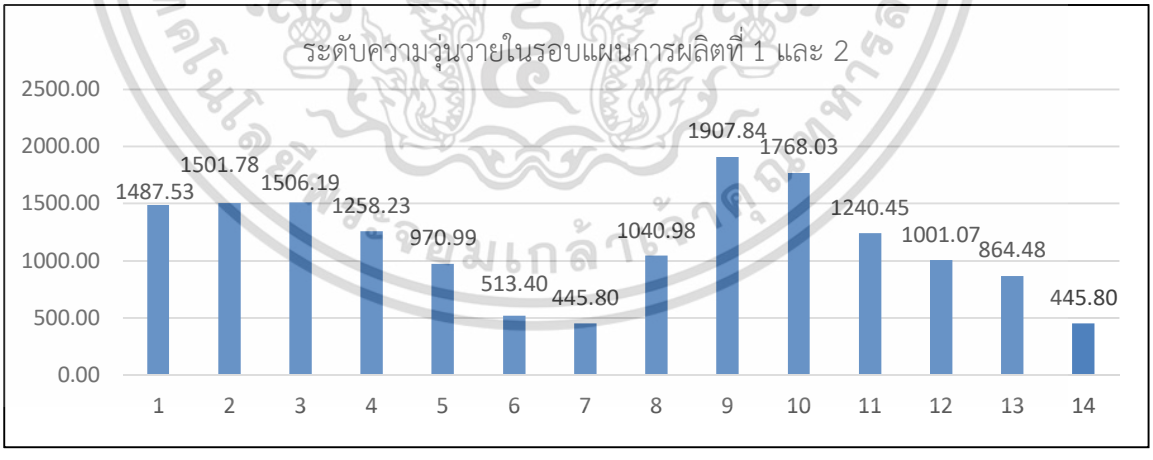
วันที่ 11	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	320.78	372.42	31.00	5.00	63.50
ไข่(OM)	1,018.28	1,029.96	51.00	14.00	120.10
เอเชีย(OR)	1,654.57	1,502.57	103.00	30.00	191.28
ไทย(TH)	910.98	724.28	43.00	13.00	527.69
ทอด(DF)	538.33	518.10	27.00	9.00	107.49
ผัด(FR)	642.86	655.79	69.00	27.00	201.36
ย่าง(GR)	65.64	67.49	22.00	5.00	3.32
อบ(RO)	117.42	132.28	27.00	7.00	25.72
รวม	5,268.85	5,002.88	373.00	110.00	1,240.45
วันที่ 12	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	318.77	363.49	30.00	7.00	59.24
ไข่(OM)	940.55	944.94	46.00	11.00	109.76
เอเชีย(OR)	1,987.32	2,125.02	93.00	29.00	370.34
ไทย(TH)	1,043.80	1,191.58	33.00	15.00	498.23
ทอด(DF)	542.79	633.75	24.00	8.00	129.69
ผัด(FR)	621.85	623.16	86.00	25.00	200.89
ย่าง(GR)	49.24	51.58	17.00	4.00	4.31
อบ(RO)	93.65	146.49	16.00	10.00	18.60
รวม	5,597.96	6,079.99	345.00	109.00	1,391.07
วันที่ 13	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	346.54	309.82	34.00	7.00	68.31
ไข่(OM)	1,016.22	1,025.33	48.00	8.00	14.82
เอเชีย(OR)	1,529.64	1,585.34	100.00	24.00	282.28
ไทย(TH)	1,043.97	862.65	46.00	10.00	259.60
ทอด(DF)	520.77	579.72	27.00	4.00	68.50
ผัด(FR)	773.28	750.74	85.00	11.00	134.31
ย่าง(GR)	67.76	70.04	20.00	4.00	5.17
อบ(RO)	128.34	153.79	19.00	10.00	31.51
รวม	5,426.51	5,337.42	379.00	78.00	864.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในวันที่ 8-14 ของรอบแผนการผลิตที่ 2

วันที่ 14	น้ำหนักรวม (กก.) (ตามแผน)	น้ำหนักรวม (กก.) (ผลิตจริง)	รายการผลิต (ตามแผน)	รายการผลิตที่พบการเปลี่ยนแปลง	ความวุ่นวาย (Nervousness)
ต้ม(BO)	382.79	406.04	31.00	5	36.08
ไข่(OM)	906.87	908.41	50.00	7	8.61
เอเชีย(OR)	1,580.75	1,449.36	106.00	15	177.28
ไทย(TH)	922.18	974.28	42.00	8	136.37
ทอด(DF)	473.48	538.46	28.00	5	59.89
ผัด(FR)	756.43	773.79	87.00	16	15.19
ย่าง(GR)	46.19	49.33	18.00	5	4.33
อบ(RO)	90.73	114.91	15.00	7	8.05
รวม	5,159.41	5,214.57	377.00	68	445.80

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการศึกษาการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิตของรอบการผลิตที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 8 – 14 โดยจากรายการผลิตรวมทั้งสิ้น 2,565 รายการพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งสิ้น 720 รายการ (ดังแสดงในตารางที่ 4.4) เมื่อแทนค่าเพื่อเปลี่ยนเป็นระดับความวุ่นวายดังตารางที่ 4.6 โดยใช้วิธีการเดียวกันกับแบบคำอธิบายของตาราง 4.5 พบว่าสอดคล้องกับรอบการผลิตที่ 1 ได้แก่ สูงที่สุดในช่วงสามวันแรกของรอบการผลิต ก่อนที่จะทยอยลดลงจนต่ำที่สุดในวันสุดท้ายของรอบวางแผนดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในรอบแผนการผลิตที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาระดับความวุ่นวายในรอบแผนการผลิตที่ 1 และ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ พบว่ามีระดับความวุ่นวายสูงในช่วงต้นของรอบแผนการผลิต (ช่วงประมาณวันที่ 1-3 ของแผนการผลิต) ก่อนที่จะลดลงจนต่ำที่สุดในวันสุดท้าย ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยมีการวัดระดับความวุ่นวายในอุตสาหกรรมการผลิตชนิดอื่น [53-54]

การที่ระดับความวุ่นวายสูงในช่วงต้นของรอบแผนการผลิตและทยอยลดระดับลงนั้น จากการเก็บข้อมูลสามารถอธิบายได้ว่าในช่วงวันที่ 1-3 ของรอบแผนการผลิตเมื่อได้รับคำสั่งซื้อยืนยันจากลูกค้าซึ่งแตกต่างจากแผนการผลิต ผู้จัดการฝ่ายผลิตสามารถทำได้เพียงการปรับตารางการผลิตในวันนั้นๆให้สอดคล้องกับคำสั่งซื้อที่แท้จริงเนื่องจากวัตถุดิบถูกซื้อล่วงหน้าโดยฝ่ายจัดซื้อและพื้นที่จัดเก็บถูกสำรองไว้ตามแผนโดยแผนกคลังสินค้าล่วงหน้าแล้ว ซึ่งการดำเนินการปรับแผนการผลิตจะเริ่มเห็นผลในวันที่เหลือ (4-7) โดยการปรับเปลี่ยนปริมาณการเบิกวัตถุดิบเพื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพตรงกับเงื่อนไขของสายการบินและพร้อมปรุงสุก การปรับเปลี่ยนปริมาณวัตถุดิบพร้อมปรุงสุก หนึ่งในนั้นคือการนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้สำหรับวันถัดไปหรือรอบการผลิตถัดไปมาใช้เป็นสินค้าสำรอง ส่งผลให้ผลกระทบจากความวุ่นวายลดลงในวันที่มีการเพิ่มสินค้าสำรอง กล่าวคือเมื่อคำสั่งซื้อยืนยันแตกต่างไปแผนการผลิต สินค้าสำรองจะทำหน้าที่เป็นเหมือนตัวปรับระดับให้การผลิตสามารถยึดตามแผนได้ อย่างไรก็ตามการนำวัตถุดิบของวันถัดไปหรือรอบผลิตถัดไปมาใช้ล่วงหน้าส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ เช่น วันแรกของรอบการผลิตถัดไปถ้าหากไม่สามารถจัดซื้อเพิ่มได้ทันก็จะเกิดความวุ่นวายสูงดังแสดงในภาพที่ 4.6

4.2.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านการผลิตกับความวุ่นวายในการผลิต

ผลการศึกษาดังกล่าวได้ทำการยืนยันถึงการมีอยู่ของความวุ่นวายในการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ ซึ่งมีความสำคัญมากสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากการพัฒนาแบบจำลองเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (OSL) ระหว่างความวุ่นวายกับต้นทุนนั้นจะไม่มีความสำคัญถ้าหากไม่สามารถยืนยันได้ว่ามีความวุ่นวายเกิดขึ้นจริงในการผลิต

เมื่อได้ระดับความวุ่นวาย N_t ในแต่ละวันของทั้งสองรอบแผนการผลิตแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างความวุ่นวายในการผลิตกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ปริมาณการผลิต ความแม่นยำในการพยากรณ์ และสินค้าสำรองมีความสัมพันธ์กับการเกิดความวุ่นวายหรือไม่ โดยเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์แนวทางในการลดความวุ่นวาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อยืนยันว่าการเพิ่มปริมาณวัตถุดิบเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการผลิตในฐานะวัตถุดิบสำรองให้มีระดับสูงกว่าค่าคาดการณ์ตามแผนการผลิตนั้นมีความสัมพันธ์กับการลดของความวุ่นวายในการผลิตจริงหรือไม่ ซึ่งจะมีผลต่อการศึกษาในวัตถุประสงค์ที่สองเพื่อหาระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการและวัตถุประสงค์ข้อที่สามในการระบุ OSL ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.7 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านการผลิตกับความวุ่นวายในการผลิต

ตัวแปรด้านปัจจัยการผลิต	Pearson correlation's coefficient	P-Value
ปริมาณการผลิตรวม (กิโลกรัม)	0.41	0.142
ความผิดพลาดในการพยากรณ์	0.62	0.017*
สินค้าสำรอง	-0.58	0.028*

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05*

จากสมมติฐานที่ระบุไว้ในบทที่ 3 ได้แก่ ปริมาณการผลิตรวมที่เพิ่มขึ้นทำให้ระดับความวุ่นวายเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณการผลิตรวมที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้ในการผลิตอันนำไปสู่ความไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้นตามข้อค้นพบของงานวิจัยที่ได้ทำการทบทวนวรรณกรรม [5] เช่น การจัดส่งล่าช้าของซัพพลายเออร์ ปริมาณของเสียจากการผลิต เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นผลบวก (0.41) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (0.142) อธิบายได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณการผลิตสามารถทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้มากขึ้นซึ่งทำให้เกิดเป็นความวุ่นวาย แต่ไม่ได้หมายความว่าทุกครั้งที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะเกิดเหตุการณ์เพิ่มขึ้นทุกครั้งเสมอไป ดังนั้นผลจึงมีความสัมพันธ์เชิงบวกแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานที่ 2 ได้แก่ ความผิดพลาดในการพยากรณ์ที่สูงขึ้นจะทำให้ความวุ่นวายในการผลิตเพิ่มขึ้น โดยความผิดพลาดพยากรณ์หาได้จาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของส่วนต่างระหว่างปริมาณการผลิตตามรายงานแผนการผลิต และปริมาณการผลิตที่ดำเนินการผลิตจริง ผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.62 แปลความได้ว่ายิ่งอุปสงค์มีการกระจายตัวที่กว้างออกไปจากค่าคาดการณ์ (ค่าพยากรณ์) มากขึ้นระดับความวุ่นวายก็ยิ่งมากขึ้นด้วยเช่นกัน

สมมติฐานข้อที่ 3 ได้แก่ สินค้าสำรองที่เพิ่มขึ้นทำให้ระดับความวุ่นวายลดลง โดยจะวัดจากจำนวนครั้งของคำสั่งซื้อที่ปริมาณและเวลาในการผลิตเปลี่ยนแปลงไปจากแผนการผลิตเนื่องมาจากสินค้าสำรอง ผลการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบแบบมีนัยสำคัญ แปลความได้ว่าถ้าหากรอบการผลิตที่การผลิตเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสินค้าสำรองสูงรอบนั้นระดับความวุ่นวายจะต่ำ หรือการเพิ่มขึ้นของสินค้าสำรองทำหน้าที่ลดระดับความวุ่นวายได้ อธิบายได้ว่าเมื่อช่วงต้นของรอบการผลิตผู้จัดการแก้ปัญหาด้วยการปรับแผนโดยเพิ่มปริมาณการผลิตผ่านสินค้าสำรองดังนั้นเมื่อช่วงท้ายของรอบการผลิต ถ้ามีคำสั่งซื้อแตกต่างไปจากแผนการผลิตก็จะใช้สินค้าสำรองที่ได้ปรับแผนผลิตเพิ่ม ในการคงที่ตารางการผลิตตามแผนส่งผลให้ความวุ่นวายลดลงในช่วงท้ายของรอบการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 สรุปข้อค้นพบและผลการวิเคราะห์จากการวัดระดับความวุ่นวาย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินที่ซึ่งอ่อนไหวต่อการเกิดความวุ่นวายเนื่องจากจะนำไปสู่ปัญหาด้านการผลิตและจัดส่งอันสามารถก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ถือเป็นความสูญเสียอย่างมากแก่สายการบินได้แก่ เที่ยวบินล่าช้า ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบว่ามีงานวิจัยที่ยืนยันความวุ่นวายในอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินด้วยการใช้แบบจำลองเปรียบเทียบระหว่างปริมาณตามแผนและการผลิตจริง งานวิจัยที่ใกล้เคียงที่สุดมีการยืนยันความวุ่นวายในอุตสาหกรรมเดียวกันนั้นศึกษาโดยใช้เพียงการสอบถามผ่านความคิดเห็นของผู้จัดการฝ่ายผลิตด้วย Likert scale [5] งานวิจัยชิ้นนี้พบว่ามีชนิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อการผลิตทั้งสิ้น 3 ชนิดโดยชนิดที่มีผลกระทบมากที่สุดได้แก่ การเพิ่มปริมาณการผลิตเพิ่มเติมไปจากแผนเดิม เนื่องจากปริมาณวัตถุดิบพร้อมปรุงที่เตรียมไว้นั้นเท่ากับปริมาณตามแผน การเพิ่มการผลิตส่งผลให้ต้องนำวัตถุดิบของรายการผลิตอื่นมาทดแทน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเป็นแบบลูกโซ่ ตลอดจนระยะเวลาที่ต้องใช้ตั้งแต่เริ่มเตรียมวัตถุดิบจนถึงพร้อมลำเลียงขึ้นเครื่องนั้นค่อนข้างนาน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างค่าพยากรณ์และคำสั่งซื้อจริงมีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบมีนัยสำคัญทางสถิติกับความวุ่นวาย ซึ่งค่าพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้บริษัทกรณีศึกษาระบุว่าเป็นค่าพยากรณ์ที่หาจากค่าคาดการณ์ของอุปสงค์ที่มีการกระจายตัวแบบปกติเช่นเดียวกันกับความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าสำรองกับความวุ่นวาย ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ซึ่งหมายความว่าสินค้าสำรองได้รับการยืนยันว่าทำหน้าที่ลดระดับความวุ่นวายได้จริง

ดังนั้นผลการวิเคราะห์ทั้งสองดังกล่าวนำไปสู่ประเด็นการศึกษาที่น่าสนใจในหัวข้อถัดไป ถ้าหากขั้นตอนการวางแผนการผลิตนั้นพิจารณาว่าคำสั่งซื้อเป็นอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ซึ่งเป็นเพียงตัวแปรสุ่มที่รู้เพียงฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม การเพิ่มปริมาณสินค้าสำรอง (ที่ยืนยันได้แล้วว่าสามารถลดความวุ่นวายได้จริง) เพื่อลดโอกาสที่อุปสงค์จะมากกว่าค่าคาดการณ์ (พยากรณ์) (ที่ยืนยันความสัมพันธ์ทางสถิติได้แล้วเช่นกันผ่านค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เช่น วางแผนการผลิตโดยควบคุมความน่าจะเป็นที่อุปสงค์จะมากกว่าค่าพยากรณ์ไม่เกิน 10% เทียบกับการวางแผนภายใต้ความน่าจะเป็นที่อุปสงค์จะมากกว่าค่าพยากรณ์เท่ากับศูนย์ (หรือที่เรียกว่าการผลิตที่ภาวะไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย) ต้นทุนในการผลิตจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด การตอบคำถามดังกล่าวจะดำเนินการให้อยู่ในรูปของเซ็ตผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ซึ่งจะนำไปสู่ผลการศึกษาในหัวข้อสุดท้าย ได้แก่ การตัดสินใจเลือกระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างความน่าจะเป็นที่ยอมรับให้เกิดความวุ่นวายได้กับต้นทุนคาดการณ์รวมที่ใช้ในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาเรื่องผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ

ภายหลังจากได้ทราบถึงการมีอยู่จริงของระดับความวุ่นวายในการผลิตจากผลการศึกษาในส่วนที่ผ่านมา รวมถึงผลการทดลองที่ยืนยันได้ว่าระดับการเบี่ยงเบนของคำสั่งซื้อแท้จริงออกจากค่าคาดการณ์ที่ใช้ในการวางแผนการผลิตนั้นส่งผลต่อระดับความวุ่นวายตลอดจนสินค้าสำรองก็ได้รับการยืนยันถึงความสามารถในการลดระดับความวุ่นวายได้จริงนั้น ในส่วนนี้จะเป็นผลการศึกษาต่อยอดจากประเด็นดังกล่าวเพื่อศึกษาว่าการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการ (Service level) ที่สูงขึ้นที่ซึ่งความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงกว่าปริมาณการผลิตตามแผนต่ำลง (ศึกษาเฉพาะความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อจะสูงกว่าค่าคาดการณ์เนื่องจากสร้างผลกระทบต่อการผลิตสูงกว่ากรณีที่คำสั่งซื้อต่ำกว่าค่าคาดการณ์) มีต้นทุนสูงหรือแตกต่างจากการผลิตในระดับการให้บริการที่ต่ำกว่าอย่างไร โดยการหาเซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ซึ่งการทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดลองโดยใช้ข้อมูลทดสอบ (Self-generated) ดังตารางที่ 4.8 – 4.10 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 ระดับการให้บริการที่ใช้ในการทดลอง

$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$	$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$	$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$	$1-\alpha$	$Z_{1-\alpha}$
0.9000	1.285	0.9300	1.475	0.9600	1.750	0.9900	2.325
0.9100	1.345	0.9400	1.555	0.9700	1.881	0.9995	3.291
0.9200	1.405	0.9500	1.645	0.9800	2.055		

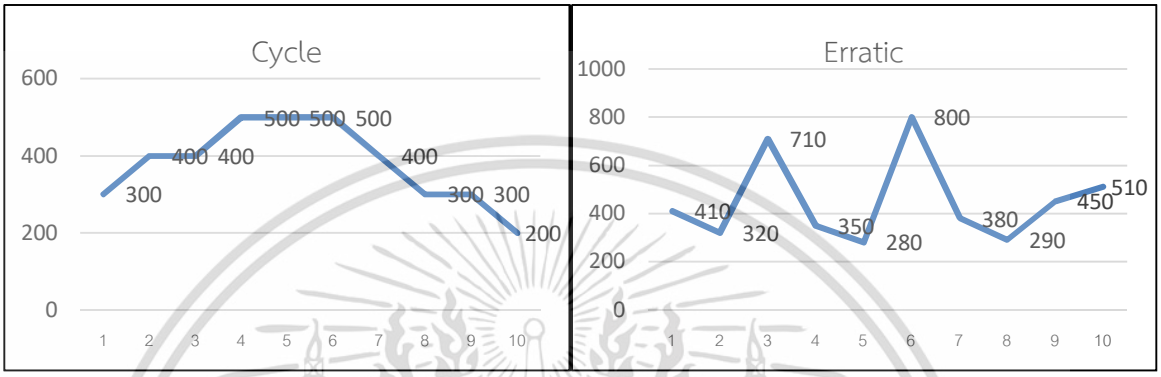
การทดลองครั้งนี้กำหนดเซ็ตของระดับการให้บริการให้มีค่าทั้งหมด 11 ระดับ โดยเริ่มต้นที่ระดับต่ำที่สุดได้แก่ 90% และสมมติให้เป็นระดับการให้บริการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (AS-IS) และสูงที่สุดที่ระดับ 99.95% โดยสมมติให้เป็นระดับที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (Nervousness impact-free) ที่ซึ่งหมายถึงระดับการให้บริการที่ความน่าจะเป็นที่ระดับสูงสุดของวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุกมีน้อยกว่าปริมาณคำสั่งซื้อยืนยันและก่อให้เกิดคำสั่งซื้อค้างส่งนั้นมีความน่าจะเป็นน้อยที่สุด ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลองในแต่ละระดับการให้บริการนั้นแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด) (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ)

อุปสงค์/ ช่วงเวลา(วัน)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Cycle	300	400	400	500	500	500	400	300	300	200
Erratic	410	320	710	350	280	800	380	290	450	510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าคาดการณ์อุปสงค์ (Expected demand, E_{d_t}) ที่ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต (วิธีการหาค่าคาดการณ์อุปสงค์แสดงในสมการ (4.1 – 4.3)) โดยค่า E_d กำหนดให้มีการกระจายตัวแบบปกติ (ข้อมูลเพิ่มเติมอุปสงค์ในอดีตที่มาจากการกำหนดแสดงในภาคผนวก ก) เมื่อแสดงให้อยู่ในรูปแผนภูมิจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.9 ดังนี้



ภาพที่ 4.9 ค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Cycle และ Erratic

ภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงค่าคาดการณ์ของอุปสงค์ทั้งสองรูปแบบในแต่ละช่วงเวลาในรอบแผนการผลิต โดยค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Cycle สะท้อนลักษณะความต้องการต่อสินค้าที่มีวัฏจักร กล่าวคือ เริ่มต้นจากระดับต่ำที่และปรับขยายตัวเพิ่มขึ้นจนสูงสุดและปรับลดลงจนกระทั่งหมดรอบแผนการผลิต ในขณะที่ค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Erratic สะท้อนลักษณะความต้องการต่อสินค้าที่ไม่มีทิศทางชัดเจน ในส่วนของค่าพารามิเตอร์แบบคงที่จากการกำหนดแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด)

อุปสงค์	h ต้นทุนถือครอง (Holding cost)	a ต้นทุนสั่งซื้อ (Ordering cost)	v ต้นทุนต่อหน่วย (Unit cost)	อัตราส่วน (a:v ratio)	$C = \frac{\sigma}{\mu}$ สัมประสิทธิความผันแปร (Coefficient of Variation)
Cycle	1	10,100,500	10,100,500	1:1, 1:10, 1:50, 10:1, 50:1	0.1, 0.3, 0.6
Erratic	1	10,100,500	10,100,500	1:1, 1:10, 1:50, 10:1, 50:1	0.1, 0.3, 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่สองของการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตได้แก่ การใช้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ (Fixed parameters) ดังแสดงในตารางที่ 4.10 นั้นประกอบไปด้วย ต้นทุนถือครองแบบคงที่ (Holding cost, *h)* จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ต้นทุนสั่งซื้อแบบคงที่ (Ordering cost, *a*) และ ต้นทุนต่อหน่วยแบบคงที่ (Unit variable cost, *v*) กำหนดให้มีค่า 10,100,500

ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ดังกล่าวกำหนดขึ้นมาเพื่อสะท้อนลักษณะสินค้าที่แตกต่างกัน เช่น สินค้าที่มีต้นทุนสั่งซื้อสูง ได้แก่ สินค้านำเข้า หรือ ต้องมีการสั่งผลิตเฉพาะ ในขณะที่ต้นทุนสั่งซื้อต่ำ ได้แก่ สินค้าภายในประเทศ หรือ สินค้าที่มีผู้ผลิตจำนวนมากและหาซื้อได้ตลอดเวลา เป็นต้น ในขณะที่สินค้าที่ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยสูงได้แก่ สินค้ามูลค่าสูงและมีการผลิตไม่มาก เช่น เนื้อวัวเกรดส่งออก เป็นต้น ในขณะที่ต้นทุนผันแปรต่ำ เช่น สินค้าที่มีการผลิตครั้งละจำนวนมาก หรือสินค้าที่มีผู้ผลิตหลายราย เป็นต้น

ในขณะที่อัตราส่วนระหว่างต้นทุนสั่งซื้อต่อต้นทุนผันแปร จะกำหนดให้มีทั้งสิ้น 5 รูปแบบ เพื่อสะท้อนธรรมชาติของแต่ละสินค้า เช่น สินค้าที่มีต้นทุนสั่งซื้อสูงแต่ต้นทุนต่อหน่วยต่ำ เช่น เครื่องปรุงที่ผลิตไม่ได้ในประเทศและต้องนำเข้า ในขณะที่สินค้าที่มีต้นทุนผันแปรสูงแต่ต้นทุนสั่งซื้อต่ำ เช่น เนื้อวัวเกรดคุณภาพส่งออกจากฟาร์มภายในประเทศ เป็นต้น

ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรแบบคงที่ (Coefficient of variations, *C*) ที่แสดงความไม่แน่นอนของอุปสงค์ (Stochasticity) [37] งานวิจัยชิ้นนี้กำหนดไว้สามระดับ ได้แก่ 0.1, 0.3 และ 0.6 โดยจากการทบทวนวรรณกรรม 0.3 จัดเป็นระดับที่มีความผันแปรสูง [37] งานวิจัยชิ้นนี้จึงเพิ่มระดับ 0.6 ขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อสะท้อนสภาวะที่มีการผันแปรสูงที่สุด

เมื่อมีองค์ประกอบของการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตตามที่ได้อธิบายในขั้นต้นครบแล้ว ลำดับต่อไปงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองจำนวนเต็มกึ่งผสม โดยนโยบายสินค้าคงคลังแบบ R^n,S^n ภายใต้กลยุทธ์การลดความไม่แน่นอนแบบอพลวัตร-พลวัตร ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimization Studio เวอร์ชั่น 12.6.2 โดยกำหนดการตั้งค่าให้เป็นค่าเริ่มต้น (Default) ทั้งหมด บนคอมพิวเตอร์แบบ Intel core i3 2.3GHz หน่วยความจำ 8192 MB รวมทั้งสิ้น 220 รูปแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$min\ E[TC] = \sum_{t=1}^{n}(a\delta_t + hE\{I_t\} + vE\{R_t\} - vE\{I_{t-1}\}) \quad (4.6)$$

ภายใต้เงื่อนไข;

$$E[I_t] = E[R_t] - E[d_t], \qquad t = 1,\dots,N, \quad (4.7)$$

$$E[R_t] \geq E[I_{t-1}], \qquad t = 1,\dots,N, \quad (4.8)$$

$$E[R_t] - E[I_{t-1}] \leq M\delta_t \qquad t = 1,\dots,N, \quad (4.9)$$

$$E[I_t] \geq \sum_{j=1}^{t}(G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\dots+d_t}(\alpha)\sum_{k=t-j+1}^{t}E[d_k])P_{tj}, \quad t = 1,\dots,N \quad (4.10)$$

$$\sum_{j=1}^{t}P_{tj} = 1 \qquad t = 1,\dots,N \quad (4.11)$$

$$P_{tj} \geq \delta_{t-j+1} - \sum_{k=t-j+2}^{t}\delta_k \qquad t = 1,\dots,N, \quad j = 1,\dots,t \quad (4.12)$$

$$E[I_t], E[R_t] \geq 0, \qquad \delta_t, P_{tj} \in \{0,1\}, t = 1,\dots,N, \quad j = 1,\dots,t$$

โดยที่;

a = พารามิเตอร์ต้นทุนการสั่งซื้อแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

h = พารามิเตอร์ต้นทุนการถือครองแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

v = พารามิเตอร์ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

δ_t = ตัวแปรไบนารี่การตัดสินใจสั่งซื้อในช่วงเวลา t (1 = ซื้อ, 0= ไม่ซื้อ)

P_{tj} = ตัวแปรไบนารี่ที่มีค่า {0,1} โดยจะมีค่า 1 ถ้าหากการสั่งซื้อครั้งล่าสุดเกิดที่ *t-j+1*

M = จำนวนที่มีค่ามากพอ (Large Numbers)

R_t = ระดับสูงสุดของวัตถุดิบในช่วงเวลา t (หน่วย: ชิ้น กรัม)

$E[I_t]$ = ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

ภายหลังจากการแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เหมาะสมที่สุดแล้วนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบไปด้วย 1. ต้นทุนคาดการณ์รวมที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ 2. ค่าของตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (4.6) มีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ ระดับวัตถุดิบพร้อมปรุงสุกที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา $E[R_t]$ และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับที่เหมาะสมที่สุด $\delta_{t=1}$ โดยมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์ของการแทนค่าในเงื่อนไขระดับการให้บริการ (4.10)

t	*J* ช่วงเวลา									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	463									
2	361	797								
3	801	1130	1553							
4	395	1162	1490	1912						
5	316	688	1448	1775	2197					
6	903	1189	1548	2289	2615	3033				
7	429	1294	1579	1938	2677	3002	3420			
8	327	731	1590	1875	2233	2971	3296	3714		
9	508	809	1204	2053	2338	2695	3431	3756	4174	
10	576	1047	1345	1737	2578	2863	3219	3953	4278	4695

ตารางที่ 4.11 แสดงผลที่ได้จากการแทนค่าในเงื่อนไข (4.10) ภายใต้ค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Erratic ที่ C = 0.1 ที่ระดับการให้บริการ 0.900 โดยหา $G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\cdots+d_t}(\alpha)$ หาค่าได้จากสมการ (4.13) ด้วยการใช้โปรแกรมสเปรดชีท (Spreadsheet)

$$G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\cdots+d_t}(\alpha) = \sum_{k=t-j+1}^{t} E\{d_k\} + Z_\alpha C\left(\sum_{k=t-j+1}^{t} E^2\{d_k\}\right)^{1/2} \qquad (4.13)$$

เงื่อนไขที่ (4.10) เป็นเงื่อนไขสำคัญของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้กลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร ที่ซึ่งระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา ($E[R_t]$) นั้นขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่แท้จริงในขณะที่ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบ (δ_t) นั้นแปรผันตามความน่าจะเป็นของอุปสงค์และกำหนดตั้งแต่เริ่มแผนการผลิต ดังนั้นปริมาณอุปสงค์ที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นภายใต้ค่า C และเงื่อนไขระดับการให้บริการจึงเท่ากับ $d_{k=t-j+1}$

เช่น $t = 10, j = 10$ เท่ากับ $d_{k=10-10+1}$ แปลความได้ว่า ถ้าหากตัดสินใจเติมวัตถุดิบที่ช่วงเวลา $d_{k=1}$ ระดับวัตถุดิบที่สูงที่สุดนั้นจะต้องมากเพียงพอกับผลรวมของอุปสงค์ตั้งแต่ช่วงเวลาการสั่งซื้อ $d_{k=1}$ จนถึงช่วงเวลา $t = 10$ ภายใต้ระดับการให้บริการ 0.900 หรือสรุปได้ว่าถ้าต้องการตัดสินใจเติมวัตถุดิบเพียงครั้งเดียวในช่วงเวลา $t = 1$ ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่ต้องเติมนั้นจะต้องมีปริมาณมากเพียงพอต่อความอุปสงค์แบบความน่าจะเป็นจนถึงช่วงเวลา $t = 10$ ภายใต้ระดับการให้บริการ 0.900 โอกาสที่คำสั่งซื้อยืนยัน (ได้รับภายหลัง) มีโอกาสสูงกว่าวัตถุดิบที่เตรียมไว้ได้ไม่เกิน 10% ซึ่งระดับวัตถุดิบดังกล่าวมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 4,695 (หน่วย: ชิ้น หรือ หน่วยของวัตถุดิบ เช่น กรัม) โดยมีที่มาดังนี้ $\sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k]$ = (410+320+710+350+280+800+380+290+450+510) ในขณะที่ $Z_{1-\alpha=0.900}\ C$ = 1.285x0.1 และ $\left(\sum_{k=t-j+1}^{t} E^2\{d_k\}\right)^{1/2}$ = $(410^2+320^2+710^2+350^2+280^2+800^2+380^2+290^2+450^2+510^2)^{1/2}$ ดังนั้น $G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\cdots+d_t}(\alpha)$ จึงเท่ากับ 4,695

ตัวอย่างข้างต้นเป็นเพียงเฉพาะค่าคงที่ของเหตุการณ์ตัดสินใจที่ *t=10, j=10* ซึ่งหมายถึงตัดสินใจเติมสินค้าเพียงครั้งเดียวในช่วงเวลา $d_{k=10-10+1}$ ให้พอต่ออุปสงค์ตลอดรอบการวางแผน ดังนั้นภายใต้รอบการวางแผนที่มีระยะเวลา *t=1,...,10* ความเป็นไปได้ทั้งหมดของเหตุการณ์ตัดสินใจจึงมีค่าเท่ากับ 55 เหตุการณ์แสดงดังตารางที่ 4.11 เช่น *t=3, j=2* ดังนั้น $d_{k=3-2+1}$ หรือ d_k= 2 ที่ซึ่งหมายความว่าการตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุดในช่วงเวลา d_k= 2 (*t*=2) และต้องเพียงพอต่ออุปสงค์จนถึงช่วงเวลา *t=3* ภายใต้ระดับการให้บริการ 0.900 ที่ซึ่งหมายถึงยอมให้คำสั่งซื้อยืนยัน (ได้รับภายหลัง) มีโอกาสสูงกว่าวัตถุดิบที่เตรียมไว้ได้ไม่เกิน 10% มีค่าเท่ากับ 1,130 (หน่วย: ชิ้น หรือ หน่วยของวัตถุดิบ เช่น กรัม) โดยมีที่มาดังนี้ $\sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k]$ = (320+710) ในขณะที่ $Z_{\alpha=0.900}C$ = 1.285x0.1 และ $\left(\sum_{k=t-j+1}^{t} E^2\{d_k\}\right)^{1/2}$ = $(320^2+710^2)^{1/2}$ ดังนั้นจึงมีค่าเท่ากับ 1,130

ตัวอย่างข้างต้นทั้งเหตุการณ์ตัดสินใจที่ *t=10, j=10* และ *t=3, j=2* จะพบว่าช่วงเวลา d_k หรือช่วงเวลาที่ตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุดนั้นมีความแตกต่างกัน และระดับวัตถุดิบสูงสุดที่จะทำให้เงื่อนไขระดับการให้บริการเป็นจริงจากการตัดสินใจในเหตุการณ์ทั้งสองนั้นก็มีความแตกต่างกันภายใต้ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่ซึ่งค่าพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ ดังนั้นช่วงเวลาและระดับวัตถุดิบสูงสุดเมื่อคูณเข้ากับค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ ต้นทุนสั่งซื้อ ต้นทุนถือครอง ต้นทุนต่อหน่วย จะส่งผลให้ต้นทุนรวมคาดการณ์มีความแตกต่างกัน ซึ่งภายใต้แบบจำลองที่ใช้นั้นมีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่ๆ ทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์มีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคิดผลลัพธ์ของทั้ง 55 เหตุการณ์ที่เป็นไปได้

ตามที่ได้นำเสนอผลการทบทวนวรรณกรรมเรื่องผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ซึ่งมีข้อจำกัดคือจะเป็นจริงและน่าเชื่อถือเฉพาะภายใต้บริบทของข้อมูลที่ถูกหยุดสภาวะพลวัตรของข้อมูลด้วยการเปลี่ยนเป็นค่าคงที่ ดังนั้นปริมาณระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดจากการตัดสินใจเติมวัตถุดิบที่ช่วงเวลาแตกต่างกันทั้งหมด 55 รูปแบบในตารางที่ 4.10 จึงเป็นเพียงข้อมูลสำหรับการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ระดับความเชื่อมั่น 0.900 ซึ่งจะไม่ถูกต้องและไม่เป็นจริงทันทีที่ระดับความเชื่อมั่นเปลี่ยนเป็น 0.910 หรือค่าพารามิเตอร์แบบคงที่เปลี่ยน ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงคงที่ค่าพารามิเตอร์แต่เปลี่ยนแปลงระดับการให้บริการทั้งหมด 11 ระดับ ซึ่งแต่ละระดับการให้บริการจะมีข้อมูลเช่นตารางที่ 4.10 จำนวนหนึ่งตาราง ภายใต้อุปสงค์ 2 ชนิด ระดับการให้บริการ 11 ระดับและค่า *C* ทั้งหมด 3 ระดับในหัวข้อที่ 4.3 นี้จึงมีจำนวนตารางที่เป็นผลลัพธ์ของเงื่อนไข (4.10) ทั้งสิ้น 66 ตาราง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตของอุปสงค์แบบ Erratic (a=500, v=10, h=1 C=0.1) ที่ระดับการให้บริการ 90% - 99.95%

Erratic Demand, a=500, v=10, h=1 C=0.1										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9000 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	797	-	801	688	-	903	731	-	508	576
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	797	387	801	688	338	903	731	351	508	576
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	387	67	91	338	58	103	351	61	58	66
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.900}$)	50,740									
$Z_{1-\alpha}$= 0.9100 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	800		805	690		908	734		511	579
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	800	390	805	690	340	908	734	354	511	579
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	390	70	95	340	60	108	354	64	61	69
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.910}$)	50,801									
$Z_{1-\alpha}$= 0.9200 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	803		810	693		912	357		515	582
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	803	393	810	693	343	912	737	357	512	582
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	393	73	100	343	63	112	357	67	63	72
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.920}$)	50,863									
$Z_{1-\alpha}$= 0.9300 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	807		815	696		918	741		546	585
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	807	397	815	696	346	918	741	361	516	585
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	397	77	105	346	66	118	631	71	66	75
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.930}$)	50,932									
$Z_{1-\alpha}$= 0.9400 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	811		820	700		924	744		520	589
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	811	401	820	700	350	924	744	364	520	589
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	401	81	110	350	70	124	364	74	70	79
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.940}$)	51,013									
$Z_{1-\alpha}$=0.9500 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	816		824	704		932	749		524	594
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	816	406	827	704	354	932	749	369	524	594
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	406	86	117	354	74	132	369	79	74	84
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.950}$)	51,115									
$Z_{1-\alpha}$= 0.9600 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	821		834	708		940	754		529	599
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	821	411	834	708	358	940	754	374	529	599
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	411	91	124	358	78	140	374	84	79	89
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.960}$)	51,218									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตของอุปสงค์แบบ Erratic (a=500, v=10, h=1 C=0.1) ที่ระดับการให้บริการ 90% - 99.95%

Erratic Demand, a=500, v=10, h=1 C=0.1										
$Z_{1-\alpha}$=0.970 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	828		844	714		950	760		535	606
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	828	418	844	714	364	950	760	380	535	606
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	418	98	134	364	84	150	380	90	85	96
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.970}$)	51,359									
$Z_{1-\alpha}$=0.9800 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	837		856	722		964	768		542	618
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	837	427	856	722	372	964	768	388	542	615
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	427	107	146	372	92	164	388	98	92	105
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.980}$)	51,541									
$Z_{1-\alpha}$=0.9900 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	851		875	734		986	781		555	629
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	851	441	875	734	384	986	781	401	555	629
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	441	121	165	384	104	186	401	111	105	119
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.990}$)	51,827									
$Z_{1-\alpha}$=0.9995 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	901	-	944	777	-	1063	827	-	598	678
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	901	491	944	777	427	1063	827	447	598	678
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	491	171	234	427	147	263	447	154	148	168
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.9995}$)	52,883									

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการศึกษาจากการใช้โปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimization Studio แก้ปัญหาภายใต้อุปสงค์แบบ Erratic ที่มีค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ a=500 v=1, h=1 และ C=0.1 ที่ระดับการให้บริการ 90% - 99.95% ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่ได้ประกอบด้วย ต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด ($E[TC]$) ระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา ($E\{R_t\}$) และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับสูงสุด ($E\{R_t\}_{\delta_t}$)

โดยตารางที่ 4.12 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เช่น ที่ระดับการให้บริการ 0.900 บรรทัดที่สองปริมาณวัตถุดิบคาดการณ์ในช่วงต้นของช่วงเวลา (Expected opening inventory, $E\{R_t\}$) คือระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขระดับการให้บริการ ในขณะที่บรรทัดที่สามปริมาณวัตถุดิบคาดการณ์เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา (Expected closing inventory, $E\{I_t\}$) คิดจากระดับวัตถุดิบสูงสุดในช่วงเวลานั้น (797 หน่วย) ลบกับค่าคาดการณ์อุปสงค์ (410 หน่วย) ดังนั้นปริมาณวัตถุดิบคาดการณ์เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาจึงเท่ากับ 387 และบรรทัดที่หนึ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเติมวัตถุดิบให้เท่ากับ $E\{R_t\}$ (Order-up-to-level, $E\{R_t\}_{\delta_t=1}$) เช่น ในกรณีของระดับการให้บริการ 0.9000 ช่วงเวลาที่ตัดสินใจเติมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t=1}$ = {1,3,4,6,7,9,10} ผลลัพธ์ในตัวแปรข้างต้นเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ คือ ต้นทุนรวมคาดการณ์ (Expected total cost) ในบรรทัดสุดท้ายต่ำที่สุด ในกรณีของระดับการให้บริการ 0.900 มีค่าเท่ากับ 50,740 (หน่วย: สกุลเงิน)

ตัวอย่างข้างต้นเมื่ออธิบายในมุมของการผลิต จะหมายถึงฝ่ายพยากรณ์ให้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่เป็นตัวแปรสุ่มและมีค่าคงที่ของสภาวะความน่าจะเป็น C=0.1 ในช่วงเวลา t=1 เท่ากับ 410 (หน่วย) เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขระดับการให้บริการที่ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นที่ต่ำที่สุดที่ปริมาณคาดการณ์วัตถุดิบเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา $E\{I_t\}$ จะไม่มีค่าเป็นลบ (Non-negative) เช่น 0.900 หมายถึงยอมให้มีความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยัน (ซึ่งได้รับภายหลังจากตัดสินใจผลิต) จะสูงกว่า $E\{R_t\}$ หรือระดับวัตถุดิบสูงสุดที่ได้จัดเตรียมไว้ไม่เกิน 10% ดังนั้นช่วงเวลาที่ 1 ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดและอยู่ภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการที่ 0.900 มีค่าเท่ากับ 797 (หน่วย) เมื่อลบกับค่าคาดการณ์อุปสงค์แล้วจะเหลือวัตถุดิบ $E\{I_t\}$ 387 (หน่วย) ซึ่งด้วยลักษณะเฉพาะของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ที่มีการเก็บวัตถุดิบให้อยู่ในรูปของวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุกซึ่งผ่านการเตรียม เช่น ละลายน้ำแข็ง ตัด แต่ง ให้ตรงกับเงื่อนไขของสายการบินดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 4.1 นั้น ส่งผลให้วัตถุดิบที่เหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา 387 หน่วย หมายถึงวัตถุดิบพร้อมสำหรับปรุงสุกที่ยังไม่ได้ผ่านการปรุง จึงสามารถเก็บเป็นวัตถุดิบสำหรับนำไปใช้ในช่วงเวลา t=2 ได้ ซึ่งระดับวัตถุดิบสูงสุดที่ทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดและสอดคล้องกับเงื่อนไขระดับการให้บริการในช่วงเวลา t=2 มีค่าเท่ากับ 387 (หน่วย) ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องตัดสินใจเติมวัตถุดิบ (ด้วยการเบิกวัตถุดิบจากคลังเย็น มาเข้ากระบวนการเตรียม เช่น ละลาย ตัด แต่ง) $E\{R_t\}_{\delta_t}$ ตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ δ ที่ซึ่งจะเท่ากับ 1 ถ้ามีการตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับ $E\{R_t\}$ จึงมีค่าเท่ากับ 0 ในช่วงเวลา t=2

จากตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาในแต่ละระดับการให้บริการจึงเป็นผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ที่ซึ่งจะถูกต้องและน่าเชื่อถือเฉพาะภายใต้บริบทของข้อมูลแบบความน่าจะเป็นที่ถูกแปลงให้เป็นค่าคงที่ในแต่ละระดับการให้บริการเท่านั้น ดังนั้นค่าคงที่ๆเหมาะสมที่สุดในแต่ละตัวแปรที่ทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดที่ระดับ 0.900 จึงไม่ถูกต้องและไม่น่าเชื่อถือสำหรับการตัดสินใจที่ระดับการให้บริการ 0.910 ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดสำคัญที่สุดของการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต งานวิจัยชิ้นนี้จึงลดข้อจำกัดดังกล่าวด้วยการนำเสนอคำตอบให้อยู่ในรูปของเซ็ตของผลลัพธ์ตั้งแต่ระดับ 0.900 จนถึง 0.9995 ที่ซึ่งนิยามว่าเป็นระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย

ประโยชน์อีกประการหนึ่งของการใช้คำตอบที่เป็นเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต คือ งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำเสนอผลการเปรียบเทียบทางเลือกในการตัดสินใจเลือกเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการแตกต่างกัน ได้แก่ ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดของระดับ 0.950 สูงกว่าระดับ 0.900 อยู่ที่ 206 (หน่วย: สกุลเงิน) หรือคิดเป็นร้อยละ 0.53 แลกกับการลดลงของความน่าจะเป็นที่ $E\{I_t\}$ จะติดลบ (คำสั่งซื้อค้างส่ง) เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา รายละเอียดการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4.13 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์แบบสแน็ปชอต (อุปสงค์แบบ Erratic)

ต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Erratic)					
(*C*=0.1) ระดับการให้บริการ	*a*=10 : *v*=10 (1:1)	*a*=10 : *v*=100 (1:10)	*a*=10 : *v*=500 (1:50)	*a*=500 : *v*=10 (50:1)	*a*=100 : *v*=10 (10:1)
0.9000	46,339	457,279	2,283,679	50,740	47,239
0.9100	46,396	457,606	2,285,206	50,801	47,296
0.9200	46,452	457,932	2,286,732	50,863	47,352
0.9300	46,513	458,263	2,288,263	50,932	47,413
0.9400	46,589	458,699	2,290,299	51,013	47,489
0.9500	46,682	459,242	2,292,842	51,115	47,582
0.9600	46,778	459,788	2,295,388	51,218	47,678
0.9700	46,907	460,547	2,298,947	51,359	47,807
0.9800	47,075	461,525	2,305,525	51,541	47,975
0.9900	47,335	463,045	2,310,645	51,827	48,235
0.9995	48,260	468,380	2,335,580	52,833	49,160
(*C*=0.3) ระดับการให้บริการ	*a*=10 : *v*=10 (1:1)	*a*=10 : *v*=100 (1:10)	*a*=10 : *v*=500 (1:50)	*a*=500 : *v*=10 (50:1)	*a*=100 : *v*=10 (10:1)
0.9000	48,804	471,534	2,350,334	53,426	49,704
0.9100	48,975	472,515	2,354,915	53,615	49,875
0.9200	49,147	473,497	2,359,497	53,799	50,047
0.9300	49,351	474,691	2,365,091	54,023	50,251
0.9400	49,578	475,998	2,371,198	54,272	50,478
0.9500	49,841	477,521	2,378,321	54,557	50,741
0.9600	50,143	479,263	2,386,463	54,885	51,043
0.9700	50,520	481,440	2,396,640	55,296	51,420
0.9800	51,014	484,274	2,409,874	55,824	51,914
0.9900	51,798	488,838	2,431,238	56,654	52,698
0.9995	54,571	504,841	2,506,041	59,471	55,471

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์แบบสแน็ปชอต (อุปสงค์แบบ Erratic)

ต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Erratic)					
(*C*=0.6) ระดับการให้บริการ	*a*10 : *v*10 (1:1)	*a*10 : *v*100 (1:10)	*a*10 : *v*500 (1:50)	*a*500 : *v*10 (50:1)	*a*100 : *v*10 (10:1)
0.9000	52,500	492,870	2,450,070	57,386	53,400
0.9100	52,852	494,932	2,459,732	57,748	53,752
0.9200	53,193	496,893	2,468,893	58,093	54,093
0.9300	53,592	499,182	2,479,582	58,492	54,492
0.9400	54,060	501,900	2,492,300	58,960	54,960
0.9500	54,571	504,841	2,506,041	59,471	55,471
0.9600	55,188	508,428	2,522,828	60,088	56,088
0.9700	55,939	512,779	2,543,179	60,839	56,839
0.9800	56,940	518,550	2,570,150	61,840	57,840
0.9900	58,487	527,477	2,611,877	63,387	59,387
0.9995	64,053	559,683	2,762,483	68,953	64,953

ตารางที่ 4.13 เป็นการนำต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดแบบสแน็ปชอตของอุปสงค์แบบ Erratic ในทุกรูปแบบของการทดลอง (ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบ) มาแสดงให้อยู่ในรูปของเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตตั้งแต่ระดับการให้บริการ 0.900 จนถึงระดับการให้บริการที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย 0.9995

คำอธิบายของตารางข้างต้นในมุมของการตัดสินใจเลือกระดับวางแผนปริมาณวัตถุดิบผ่านระดับการให้บริการ เช่น ภายใต้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ a=10, v=10 และ C=0.1 ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตพบว่าต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดถ้าหากตัดสินใจเลือกระดับการให้บริการที่ 0.900 นั้นเท่ากับ 46,339 (หน่วย:สกุลเงิน) ทั้งนี้ตามที่ได้ระบุในขั้นต้นว่าต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดดังกล่าว มาจากผลลัพธ์ค่าคงที่ที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรตัดสินใจได้แก่ ระดับวัตถุดิบที่สูงที่สุดภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการในแต่ละช่วงเวลา $E\{R_t\}$ และ ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับสูงสุด $E\{R_t\}_{\delta_t=1}$ ดังนั้นถ้าเงื่อนไขของการแปลงข้อมูลจากความน่าจะเป็นให้เป็นค่าคงที่เปลี่ยนไปผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตดังกล่าวก็จะไม่ถูกต้อง เช่น ที่ระดับการให้บริการ 0.9995 ก็ต้องดำเนินการแปลงข้อมูลใหม่และหาผลลัพธ์ใหม่ซึ่งต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดจะเท่ากับ 48,260 หน่วย ที่ซึ่งหมายถึงค่าที่เหมาะสมที่สุดของ $E\{R_t\}$ และ $E\{R_t\}_{\delta_t}$ ก็จะเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าถ้าหากต้องการลดความเสี่ยงจากผลกระทบของความวุ่นวายให้เหลือต่ำที่สุด การผลิตจะมีต้นทุนเพิ่มขึ้นจาก 46,339 เป็น 48,260 โดยถ้าพิจารณาเป็นร้อยละส่วนต่างแล้วจะสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.14 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (อุปสงค์แบบ Erratic)

ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Erratic)					
(*C*=0.1) ระดับการให้บริการ	***a*10 : *v*10 (1:1)**	***a*10 : *v*100 (1:10)**	***a*10 : *v*500 (1:50)**	***a*500 : *v*10 (50:1)**	***a*100 : *v*10 (10:1)**
0.9000	0	0	0	0	0
0.9100	0.12	0.07	0.07	0.12	0.12
0.9200	0.24	0.14	0.13	0.24	0.24
0.9300	0.38	0.22	0.20	0.38	0.37
0.9400	0.54	0.31	0.29	0.54	0.53
0.9500	0.74	0.43	0.40	0.74	0.73
0.9600	0.95	0.55	0.51	0.94	0.93
0.9700	1.23	0.71	0.67	1.22	1.20
0.9800	1.59	0.93	0.96	1.58	1.56
0.9900	2.15	1.26	1.18	2.14	2.11
0.9995	4.15	2.43	2.27	4.12	4.07
(*C*=0.3) ระดับการให้บริการ	***a*10 : *v*10 (1:1)**	***a*10 : *v*100 (1:10)**	***a*10 : *v*500 (1:50)**	***a*500 : *v*10 (50:1)**	***a*100 : *v*10 (10:1)**
0.9000	0	0	0	0	0
0.9100	0.35	0.21	0.19	0.35	0.34
0.9200	0.70	0.42	0.39	0.70	0.69
0.9300	1.12	0.67	0.63	1.12	1.10
0.9400	1.59	0.95	0.89	1.58	1.56
0.9500	2.12	1.27	1.19	2.12	2.09
0.9600	2.74	1.64	1.54	2.73	2.69
0.9700	3.52	2.10	1.97	3.50	3.45
0.9800	4.53	2.70	2.53	4.49	4.45
0.9900	6.13	3.67	3.44	6.04	6.02
0.9995	11.82	7.06	6.62	11.31	11.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (อุปสงค์แบบ Erratic)

ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Erratic)					
(*C*=0.6) ระดับการให้บริการ	*a*10 : *v*10 (1:1)	*a*10 : *v*100 (1:10)	*a*10 : *v*500 (1:50)	*a*500 : *v*10 (50:1)	*a*100 : *v*10 (10:1)
0.9000	0	0	0	0	0
0.9100	0.7	0.42	0.39	0.63	0.66
0.9200	1.3	0.82	0.77	1.23	1.30
0.9300	2.1	1.28	1.20	1.93	2.04
0.9400	3.0	1.83	1.72	2.74	2.92
0.9500	3.9	2.43	2.28	3.63	3.88
0.9600	5.1	3.16	2.97	4.71	5.03
0.9700	6.6	4.04	3.80	6.02	6.44
0.9800	8.5	5.21	4.90	7.76	8.31
0.9900	11.4	7.02	6.60	10.46	11.21
0.9995	22.0	13.56	12.75	20.16	21.63

ตารางที่ 4.14 เป็นการนำต้นทุนรวมคาดการณ์ในตารางที่ 4.13 มาเปรียบเทียบในรูปของร้อยละการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์เทียบกับที่ระดับการให้บริการ 0.900 เพื่อทำให้การเปรียบเทียบทำได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ต้นทุนรวมคาดการณ์ของอุปสงค์แบบ Erratic ที่ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ *a=10, v=10, h=1* และ *C=0.3* ที่ระดับการให้บริการ 0.900 อยู่ที่ 48,804 (หน่วย:สกุลเงิน) ในขณะที่ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ระดับ 0.910 อยู่ที่ 48,975 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การตัดสินใจลดความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายลง 1% ด้วยการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการสูงขึ้นจาก 0.900 เป็น 0.910 จะต้องแลกมากับต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตที่สูงขึ้นร้อยละ 0.35 เป็นต้น

ทั้งนี้ จะสังเกตว่าภายใต้ค่าคงที่ของความไม่แน่นอนของอุปสงค์ที่ซึ่งพิจารณาจากค่า *C* นั้นส่งผลให้ต้นทุนรวมคาดการณ์สูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออุปสงค์ต่อสินค้ามีความผันแปรมากขึ้น การเพิ่มวัตถุดิบที่สามารถรองรับทุกความเป็นไปได้ที่ตัวแปรสุ่มอาจเกิดขึ้นจึงต้องมีปริมาณมากขึ้นด้วย (เช่น 0.9995) ในขณะที่ร้อยละการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในบางรูปแบบการทดลองอาจดูปริมาณน้อย เช่นตัวอย่างในข้างต้น ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย 0.9995 เพิ่มขึ้นจากระดับ 0.900 ที่ 4.15% คำอธิบายคือตัวเลขดังกล่าวเป็นเพียงปริมาณการผลิตสินค้าเพียงชนิดเดียว ที่ระดับอุปสงค์ต่ำกว่า 1,000 ชิ้นและต้นทุนต่อหน่วยมีค่าเท่ากับ 10 ดังนั้นถ้าหากคิดในภาพรวมการผลิตหลายสินค้า ขนาดการผลิตสูง ต้นทุนต่อหน่วยสูง ส่วนต่างดังกล่าวย่อมเพิ่มตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 – 4.14 เป็นผลการศึกษาเรื่องผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการของอุปสงค์แบบ Erratic (หมายถึงรูปแบบของค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ไม่มีทิศทางชัดเจนมีทั้งช่วงที่สูงและต่ำสลับกันไปในรอบแผนการผลิต) ในทุกรูปแบบของการทดลองภายใต้ชุดของค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ที่แตกต่างกันรวมทั้งสิ้น 15 รูปแบบประกอบไปด้วยต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในเซ็ตของระดับการให้บริการ 11 ระดับรวมทั้งสิ้น 165 ต้นทุนรวมคาดการณ์ ในแต่ละต้นทุนรวมคาดการณ์นั้นเกิดขึ้นจากผลลัพธ์แบบค่าคงที่ๆ เหมาะสมที่สุดใน 2 ตัวแปรตัดสินใจได้แก่ $E\{R_t\}$ และ $E\{R_t\}_{\delta_t=1}$

ในส่วนถัดไปจะเป็นผลการศึกษาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการของอุปสงค์แบบ Cycle (หมายถึงรูปแบบของค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่มีความเป็นวัฏจักร เริ่มจากระดับต่ำในช่วงต้นของรอบแผนการผลิตก่อนที่จะเพิ่มขึ้นจนจุดสูงสุดและลดต่ำลงจนกระทั่งหมดรอบแผนการผลิต) โดยจะเป็นผลการศึกษาที่อยู่บนรูปแบบของการทดลองเดียวกันกับอุปสงค์แบบ Erratic ในข้างต้นทุกรูปแบบ โดยตารางที่ 4.15 จะเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดแบบสแน็ปชอตใน 11 ระดับการให้บริการ ในขณะที่ตารางที่ 4.16 เป็นการเทียบในรูปของร้อยละการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในทั้งหมด 15 รูปแบบการทดลองรวมทั้งสิ้น 165 ต้นทุนรวมคาดการณ์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์แบบสแน็ปชอต (อุปสงค์แบบ Cycle)

ต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Cycle)					
(C=0.1) / ระดับการให้บริการ	**a10 : v10 (1:1)**	**a10 : v100 (1:10)**	**a10 : v500 (1:50)**	**a500 : v10 (50:1)**	**a100 : v10 (10:1)**
0.9000	38,848	383,188	1,913,588	43,451	39,748
0.9100	38,880	383,310	1,914,100	43,499	39,780
0.9200	38,912	383,432	1,914,632	43,544	39,812
0.9300	38,961	383,661	1,915,661	43,599	39,861
0.9400	39,002	383,792	1,916,192	43,647	39,902
0.9500	39,054	384,024	1,917,224	43,707	39,954
0.9600	39,118	384,268	1,918,268	43,779	40,018
0.9700	39,193	384,613	1,919,813	43,869	40,093
0.9800	39,292	384,982	1,921,382	43,983	40,192
0.9900	39,454	385,684	1,924,484	44,170	40,354
0.9995	40,014	387,954	1,934,354	44,795	40,914

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ) ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์แบบสแน็ปชอต (อุปสงค์แบบ Cycle)

ต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Cycle)					
(*C*=0.3) / ระดับการให้บริการ	*a*10 : *v*10 (1:1)	*a*10 : *v*100 (1:10)	*a*10 : *v*500 (1:50)	*a*500 : *v*10 (50:1)	*a*100 : *v*10 (10:1)
0.9000	40,336	389,266	1,940,066	45132	41,236
0.9100	40,433	389,733	1,942,133	45243	41,343
0.9200	40,542	390,102	1,943,702	45348	41,442
0.9300	40,672	390,682	1,946,282	45482	41,572
0.9400	40,803	391,173	1,948,373	45619	41,703
0.9500	40,965	391,875	1,951,475	45787	41,865
0.9600	41,148	392,598	1,954,598	45978	42,048
0.9700	41,374	393,544	1,958,744	46214	42,274
0.9800	41,673	394,743	1,963,943	46527	42,573
0.9900	42,151	396,751	1,972,751	47025	43,051
0.9995	43,822	403,552	2,002,352	48722	44,722
(C=0.6) / ระดับการให้บริการ	*a*10 : *v*10 (1:1)	*a*10 : *v*100 (1:10)	*a*10 : *v*500 (1:50)	*a*500 : *v*10 (50:1)	*a*100 : *v*10 (10:1)
0.9000	42,569	398,429	1,980,029	47,461	43,469
0.9100	42,778	399,268	1,983,668	47,678	43,678
0.9200	42,995	400,205	1,987,805	47,895	43,895
0.9300	43,236	401,166	1,991,966	48,136	44,136
0.9400	43,517	402,347	1,997,147	48,417	44,417
0.9500	43,822	403,552	2,002,352	48,722	44,722
0.9600	44,190	405,090	2,009,090	49,090	45,090
0.9700	44,648	406,988	2,017,388	49,548	45,548
0.9800	45,257	409,487	2,028,287	50,157	46,157
0.9900	46,194	413,304	2,044,904	51,094	47,094
0.9995	49,552	427,102	2,105,102	54,452	50,452

ตารางที่ 4.15 แสดงต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละรูปแบบการทดลอง ซึ่งพบว่ามีลักษณะเดียวกันกับผลลัพธ์ในอุปสงค์แบบ Erratic กล่าวคือ ความผันแปรของข้อมูล (ค่า *C*) ที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์สูงขึ้น ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนให้อยู่ในรูปของร้อยละดังตารางที่ 4.16 ก็จะพบผลการศึกษาที่มีลักษณะเดียวกันดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (อุปสงค์แบบ Cycle)

ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Cycle)					
(*C*=0.1) / ระดับการให้บริการ	***a*10 : *v*10 (1:1)**	***a*10 : *v*100 (1:10)**	***a*10 : *v*500 (1:50)**	***a*500 : *v*10 (50:1)**	***a*100 : *v*10 (10:1)**
0.9000	0	0	0	0	0
0.9100	0.08	0.03	0.03	0.11	0.08
0.9200	0.16	0.06	0.05	0.21	0.16
0.9300	0.29	0.12	0.11	0.34	0.28
0.9400	0.40	0.16	0.14	0.45	0.39
0.9500	0.53	0.22	0.19	0.59	0.52
0.9600	0.70	0.28	0.24	0.75	0.68
0.9700	0.89	0.37	0.33	0.96	0.87
0.9800	1.14	0.47	0.41	1.22	1.12
0.9900	1.56	0.65	0.57	1.65	1.52
0.9995	3.00	1.24	1.09	3.09	2.93
(*C*=0.3) / ระดับการให้บริการ	***a*10 : *v*10 (1:1)**	***a*10 : *v*100 (1:10)**	***a*10 : *v*500 (1:50)**	***a*500 : *v*10 (50:1)**	***a*100 : *v*10 (10:1)**
0.9000	0	0	0	0	0
0.9100	0.24	0.12	0.11	0.25	0.26
0.9200	0.51	0.21	0.19	0.48	0.50
0.9300	0.83	0.36	0.32	0.78	0.81
0.9400	1.16	0.49	0.43	1.08	1.13
0.9500	1.56	0.67	0.59	1.45	1.53
0.9600	2.01	0.86	0.75	1.87	1.97
0.9700	2.57	1.10	0.96	2.40	2.52
0.9800	3.31	1.41	1.23	3.09	3.24
0.9900	4.50	1.92	1.68	4.19	4.40
0.9995	8.64	3.67	3.21	7.95	8.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด (อุปสงค์แบบ Cycle)

ต้นทุนรวมคาดการณ์ (อุปสงค์แบบ Cycle)					
(*C*=0.6) / ระดับการให้บริการ	*a*10 : *v*10 (1:1)	*a*10 : *v*100 (1:10)	*a*10 : *v*500 (1:50)	*a*500 : *v*10 (50:1)	*a*100 : *v*10 (10:1)
0.9000	0	0	0	0	0
0.9100	0.49	0.21	0.18	0.46	0.48
0.9200	1.00	0.45	0.39	0.91	0.98
0.9300	1.57	0.69	0.60	1.42	1.53
0.9400	2.23	0.98	0.86	2.01	2.18
0.9500	2.94	1.29	1.13	2.66	2.88
0.9600	3.81	1.67	1.47	3.43	3.73
0.9700	4.88	2.15	1.89	4.40	4.78
0.9800	6.31	2.78	2.44	5.68	6.18
0.9900	8.52	3.73	3.28	7.65	8.34
0.9995	16.40	7.20	6.32	14.73	16.06

เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในตารางที่ 4.15 นั้นเป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการของการทดลองบนข้อมูลค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Cycle และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์เทียบกับระดับการให้บริการ 0.900 ในตารางที่ 4.16

ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลองบนข้อมูลค่าคาดการณ์อุปสงค์แบบ Erratic ในตารางที่ 4.13 – 4.14 กล่าวคือ ทุกๆระดับที่ค่าคงที่ *C* สูงขึ้นจะส่งผลต่อต้นทุนรวมคาดการณ์ให้สูงขึ้นไปด้วย รวมถึงต้นทุนของการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (0.9995) นั้นต่างก็พบว่าแตกต่างกันในแต่ละการทดลอง เช่น ภายใต้การทดลองที่มีค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ *a*=10, *v*=10, *h*=1 และ *C*=0.3 ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายนั้นสูงกว่าระดับการให้บริการในปัจจุบันอยู่ที่ร้อยละ 8.64 ในขณะที่ *a*=10, *v*=500, *h*=1 และ *C*=0.1 มีต้นทุนรวมคาดการณ์สูงกว่าที่ร้อยละ 3.09

แต่ทั้งสองชนิดอุปสงค์มีผลตรงกันได้แก่ การเพิ่มขึ้นของระดับการให้บริการส่งผลให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดเพิ่มขึ้นในทุกรูปแบบของการทดลอง ดังนั้นผลการศึกษาในประเด็นถัดไปได้แก่ การยืนยันว่าการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการสูงขึ้นนั้นส่งผลให้ต้นทุนรวมคาดการณ์สูงขึ้นแต่สามารถช่วยลดโอกาสในการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวาย หรือ $E\{I_t\}$ มีความน่าจะเป็นที่จะติดลบน้อยลง ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.17 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยัน (ได้รับภายหลังการผลิต) จะสูงกว่า $E\{R_t\}_{\delta_t}$

Expected demand Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
$E\{d_t\} = \mu_t$	410	320	710	350	280	800	380	290	450	510
Erratic Demand, *a*=500, *v*=10, *h*=1 *C*=0.1										
$Z_{1-\alpha}$=0.900 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	797	-	801	688	-	903	731	-	508	576
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	797	387	801	688	338	903	731	351	508	576
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	387	67	91	338	58	103	351	61	58	66
$P(x > R_t)$	0	1.8	10	0	0	9.9	0	1.8	9.9	9.8
$Z_{1-\alpha}$=0.950 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	816		824	704		932	749		524	594
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	816	406	827	704	354	932	749	369	524	594
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	406	86	117	354	74	132	369	79	74	84
$P(x > R_t)$	0	0.4	5.4	0	0.4	4.9	0	0.3	5	5
$Z_{1-\alpha}$=0.990 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	851		875	734		986	781		555	629
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	851	441	875	734	384	986	781	401	555	629
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	441	121	165	384	104	186	401	111	105	119
$P(x > R_t)$	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
$Z_{1-\alpha}$=0.9995 (50:1) Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	901	-	944	777	-	1063	827	-	598	678
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	901	491	944	777	427	1063	827	447	598	678
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	491	171	234	427	147	263	447	154	148	168
$P(x > R_t)$	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0

ผลการศึกษาในตารางที่ 4.17 เกิดขึ้นจากการที่พิจารณาอุปสงค์ในอนาคตเป็นตัวแปรสุ่ม (Random variable, *x*) ที่รู้ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นในอดีต ดังนั้นจึงสามารถหาความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมีปริมาณมากกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังสมการ (4.14 – 4.15)

$$P(x_t > E(R_t)) \tag{4.14}$$

$$z = \frac{x_t - \mu_t}{\sigma_t} \tag{4.15}$$

โดยที่:

x_t = ปริมาณอุปสงค์ในอนาคต (คำสั่งซื้อยืนยัน) ที่ช่วงเวลา *t*

μ_t = ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ช่วงเวลา *t*

σ_t = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสงค์ที่ช่วงเวลา *t*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างเช่น ช่วงเวลา *t*=1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ μ_t อยู่ที่ 410 (หน่วย) และ $C = \frac{\sigma}{\mu}$ = 0.1 ที่ระดับการให้บริการ 90% มีแผนการผลิตที่ได้จากการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบสโตแคสติกด้วยกลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตร กำหนดให้ระดับวัตถุดิบสูงสุด $E\{R_t\}$ เท่ากับ 797 ดังนั้นเมื่อแทนค่าสมการ (4.15) จะได้ *z* = (797-410)/41 = 9.439 งานชิ้นนี้สนใจเฉพาะเหตุการณ์ที่คำสั่งซื้อยืนยันสูงกว่าค่าคาดการณ์ (1-α) ดังนั้น $P(x_t > E\{R_t\})$ = (1-0.9999) x 100หรือความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมากกว่าระดับวัตถุดิบตามแผน 797 เท่ากับ 0.00001%

ในขณะที่ช่วงเวลา *t*=2 ที่ซึ่ง μ_t =320 และ $E\{R_t\}$ ตามแผนการผลิตเท่ากับ 387 (หน่วย) ดังนั้น *z* = (387-320)/32 = 2.093 ดังนั้น $P(x_t > E\{R_t\})$ = (1-0.9818) x 100 หรือมีโอกาส 1.8 % ที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมีค่ามากกว่า $E\{R_t\}$

อีกหนึ่งตัวอย่างได้แก่ ช่วงเวลา *t*=6 ที่ซึ่ง μ_t =800 และ $E\{R_t\}$ ตามแผนการผลิตเท่ากับ 903 ดังนั้น *z* = (903-800)/80 = 1.2875 = 0.901 ดังนั้น $P(x_t > E\{R_t\})$ = (1-0.901) x 100 หรือมีโอกาส 9.9 % ที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมีค่ามากกว่า $E\{R_t\}$

ผลการศึกษาเรื่องความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมีค่ามากกว่า $E\{R_t\}$ ใน 2 ชนิดของอุปสงค์ภายใต้ 15 รูปแบบ ในระดับการให้บริการ 11 ระดับ รวมทั้งสิ้น 165 ต้นทุนรวมคาดการณ์ พบว่าไม่มีช่วงเวลาใดที่ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตมีความน่าจะเป็นที่ $E\{I_t\}$ จะมีค่าติดลบเกินไปจากเงื่อนไขระดับการให้บริการ ดังนั้นจึงสามารถยืนยันได้ว่า ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เพิ่มขึ้นจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการสูงขึ้นนั้นสามารถแลกมากับความน่าจะเป็นที่จะได้รับผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตที่ลดลง

4.3.1 การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต

1. นโยบายสินค้าคงคลังเพื่อลดผลกระทบจากความวุ่นวายในแต่ละชนิดสินค้า

จากผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในตารางที่ 4.13 – 4.16 พบว่าต้นทุนในการลดผลกระทบจากการเกิดความวุ่นวายในการผลิตของสินค้าที่มีรูปแบบอุปสงค์แตกต่างกัน จากระดับต่ำที่สุด ($E[TC]_{1-\alpha=0.900}$) จนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย ($E[TC]_{1-\alpha=0.9995}$) นั้นแตกต่างกัน เช่น สินค้าที่มีอุปสงค์แบบ Cycle ที่ *a*=100, *v*=10, *h*=1 และ *C*=0.1 มีต้นทุนรวมคาดการณ์ในผลิตที่ระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายเท่ากับ 2.93% ในขณะที่ถ้าหากเป็นอุปสงค์แบบ Erratic ภายใต้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ชนิดเดียวกันนั้นกลับมีต้นทุนสูงถึง 4.07% เทียบกับต้นทุนในการผลิตที่ระดับการให้บริการต่ำที่สุด ทั้งนี้ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวแลกมากับ (Tradeoff) ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อจะมีค่ามากกว่าระดับวัตถุดิสูงสุดที่เตรียมไว้ในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือไปจากชนิดของอุปสงค์ที่แตกต่างกันที่ซึ่งทำให้ต้นทุนการมีระบบการผลิตแบบไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายแตกต่างกันแล้ว ค่าของพารามิเตอร์แบบคงที่ที่แตกต่างกันซึ่งสะท้อนลักษณะที่แตกต่างกันของสินค้าก็พบว่าทำให้ต้นทุนในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายแตกต่างเช่นกัน เช่น อุปสงค์แบบ Cycle ที่ a=100, v=10, h=1 และ C=0.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างวัตถุดิบที่ต้นทุนการสั่งซื้อสูงกว่าต้นทุนต่อหน่วย เช่น เครื่องปรุงรสนำเข้า เป็นต้น มีต้นทุนในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายจนถึงระดับไร้ผลกระทบเท่ากับ 2.93% แต่เมื่อทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์เพียงตัวเดียว เช่น C=0.3 ซึ่งเป็นการเพิ่มระดับความไม่แน่นอนของอุปสงค์ที่สูงขึ้น ต้นทุนดังกล่าวกลับสูงขึ้นเป็น 8.45%

นอกจากนี้สินค้าที่มีอุปสงค์แบบ Erratic ที่ a=10, v=500, h=1 และ C=0.1 (เป็นสินค้าที่ต้นทุนต่อหน่วยสูงมากเมื่อเทียบกับต้นทุนสั่งซื้อ) มีต้นทุนในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายที่ระดับ $(E[TC]_{1-\alpha=0.9995})$ อยู่ที่ 2.27% แต่ภายใต้การทดลองที่กำหนดให้ a=500 และ v=10 (เป็นลักษณะของสินค้าที่ต้นทุนสั่งซื้อสูงแต่มูลค่าต่ำ เช่น ผลิตภัณฑ์เกษตรนำเข้าตามฤดูกาล เป็นต้น) ต้นทุนดังกล่าวกลับเพิ่มเป็น 4.12% เป็นต้น

ผลการศึกษาขั้นต้นยืนยันได้ว่าถ้าหากใช้นโยบายสินค้าคงคลังเดียวกัน (ได้แก่ค่าคงที่ของตัวแปรตัดสินใจ $E\{R_t\}$ และ $E\{R_t\}_{\delta_t}$) ในทุกสินค้า เช่น สินค้าที่มีรูปแบบ Cycle ที่ a=100 v=10 h=1 และ C=0.3 จะมีต้นทุนในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายที่ระดับ 0.9995 อยู่ที่ 8.45% ในขณะที่สินค้าชนิดเดียวกัน แต่ C=0.1 มีต้นทุนเพียง 2.93% ดังนั้นในกรณีของสินค้าที่ C=0.1 จะเท่ากับการมีต้นทุนสูงเกินความจำเป็น

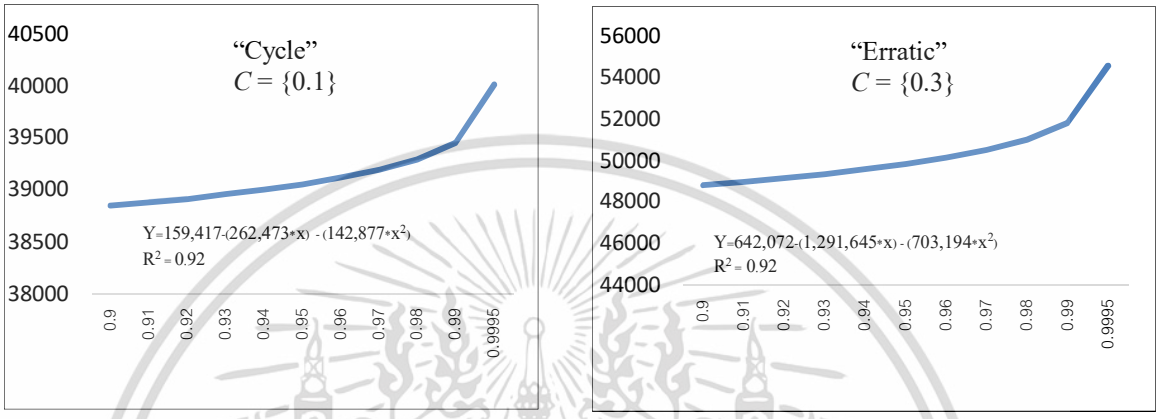
2. ต้นทุนคาดการณ์จากการลดความวุ่นวายไม่ได้เพิ่มขึ้นเชิงเส้นตรง

นอกเหนือไปจากข้อค้นพบว่าสินค้าที่มีลักษณะต่างกันควรใช้นโยบายที่แตกต่างกันในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต ข้อค้นพบที่สอง คือ เราไม่สามารถนำค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เพิ่มขึ้นจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้น เช่น 90% ไป 91% ไปคาดการณ์ต้นทุนที่จะสูงขึ้นจากระดับการให้บริการที่ระดับ 91% ไป 92% หรือ 92% ไป 93% ได้ เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ค้นพบว่าการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการสูงขึ้นนั้นไม่ได้เพิ่มขึ้นเชิงเส้นตรง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดลองด้วยการนำต้นทุนคาดการณ์ในแต่ละสถานการณ์ตั้งแต่ระดับต่ำที่สุด 90% จนถึง 99.95% ในทั้งหมด 20 รูปแบบ (อุปสงค์ละ 10 รูปแบบ) มาทดสอบความเข้ากันได้กับรูปแบบกราฟชนิดต่างๆ (Curve fitting) ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมคาดการณ์จากระดับการให้บริการที่สูงขึ้นนั้นไม่ใช่เชิงเส้นตรง (Linear) แต่เป็นแบบ Quadratic ส่งผลให้การคาดการณ์ต้นทุนที่ระดับการให้บริการสูงจึงไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการเชิงเส้น และนำมาสู่ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปว่าการกำหนดนโยบายแต่ละสินค้าด้วยการหาระดับวัตถุดิบสูงสุด $E\{R_t\}$ และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$ นั้นควรทำการแก้ปัญหาแบบสแน็ปชอตเฉพาะเจาะจงไปครั้งละระดับการให้บริการในแต่ละสินค้า จะมีความถูกต้องมากกว่าเทียบกับการแก้ปัญหาเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างสองระดับ และใช้การเทียบสัดส่วนแบบเส้นตรงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมคาดการณ์เป็นแบบ Quadratic

3. ต้นทุนการผลิตแบบไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย

จากการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 พบว่างานวิจัยในปัจจุบันระบุต้นทุนของการมีการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดระหว่างกลยุทธ์ในการลดความไม่แน่นอนของอุปสงค์ ได้แก่ 1) Kilic and Tarim [48] ระบุต้นทุนของการผลิตที่ไร้ความวุ่นวายด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดระหว่างกลยุทธ์แบบพลวัตร และกลยุทธ์แบบอพลวัตร โดยที่นโยบายแบบอพลวัตรนั้นตามคำนิยามเป็นนโยบายที่กำหนดระดับวัตถุดิบสูงสุดและช่วงเวลาในการเติมวัตถุดิบตั้งแต่ก่อนเริ่มแผนการผลิต หรือกล่าวได้ว่าไร้ความวุ่นวายเนื่องจากตารางการผลิตจริงจะยึดตามแผนการผลิตดังกล่าวเท่านั้น 2) Tunc et al. [2] ระบุต้นทุนโดยการเปรียบเทียบนโยบายอพลวัตร-พลวัตร และพลวัตร กับนโยบายแบบอพลวัตร ซึ่งทั้งสองแนวทางข้างต้นนั้นเป็นประโยชน์สำหรับการตัดสินใจว่าควรเลือกใช้กลยุทธ์ใด แต่เมื่อผู้ประกอบการหรือนักวิจัยตัดสินใจเลือกแบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่งในการวางแผนการผลิตไปแล้ว เช่น อพลวัตร-พลวัตรแบบที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ การเปรียบเทียบภายในกลยุทธ์ดังกล่าวว่าการตัดสินใจผลิตในระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายนั้นจะก่อให้เกิดต้นทุนสูงขึ้นจากระดับการให้บริการในปัจจุบันอย่างไรนั้นยังไม่ปรากฏในการทบทวนวรรณกรรม ดังนั้นผลการศึกษาข้างต้นจึงถือเป็นการนำเสนอวิธีการในการหาต้นทุนของการมีระบบการผลิตแบบไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายด้วยการเปรียบเทียบจากเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ประโยชน์ของวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้ช่วยให้ผู้ประกอบการหรือผู้สนใจที่ตัดสินใจเลือกใช้นโยบายแบบอพลวัตร-พลวัตร สามารถเห็นผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นถ้าหากเลือกผลิตที่ระดับการให้บริการต่างๆ ว่าจะมีก่อให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเท่าไร

4. ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงกว่าระดับวัตถุดิบตามแผน

เมื่องานวิจัยชิ้นนี้นำผลการศึกษาทั้งเรื่องระดับความวุ่นวาย และต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดมาวิเคราะห์ร่วมกัน จะพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างปริมาณคำสั่งซื้อยืนยันกับระดับวัตถุดิบสูงสุดตามแผนการผลิตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความวุ่นวาย หมายความว่ายิ่งคำสั่งซื้อยืนยันแตกต่างจากระดับวัตถุดิบสูงสุดตามแผนการผลิตเพิ่มขึ้นเท่าไร ผลกระทบจากระดับความวุ่นวายก็เพิ่มสูงตาม ในขณะที่สินค้าสำรองมีความสัมพันธ์เชิงลบแบบมีนัยสำคัญทางสถิติกับความวุ่นวาย หมายความว่ายิ่งมีปริมาณสินค้าสำรองมากขึ้น (เพิ่มขึ้นไปจากระดับค่าคาดการณ์อุปสงค์ของฝ่ายพยากรณ์) ระดับผลกระทบจากความวุ่นวายก็จะลดลง

ถึงแม้การเพิ่มปริมาณสินค้าสำรองผ่านการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นนั้นจะได้รับการยืนยันแล้วว่าก่อให้เกิดต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (ด้วยการเปรียบเทียบเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตดังตารางที่ 4.13 – 4.16 แต่การตัดสินใจกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้น ก็ได้รับการยืนยันเช่นกันว่าสามารถช่วยลดความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดตามแผนการผลิต $E\{R_t\}$ หรือก่อให้เกิดเป็นคำสั่งซื้อค้างส่งอันเนื่องมาจากปริมาณสินค้าคงคลังคาดการณ์เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาติดลบ

ดังนั้นข้อยืนยันจนถึงผลการศึกษาในส่วนนี้ คือ เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า ภายในเซ็ตของระดับการให้บริการทั้งหมด 11 ระดับตั้งแต่ 0.900 จนถึง 0.9995 การตัดสินใจกำหนดแผนการผลิตที่ระดับการให้บริการสูงขึ้นส่งผลให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดสูงขึ้นด้วย โดยสูงขึ้นในอัตราที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอุปสงค์และค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ แต่สิ่งที่แลกมา (Tradeoff) กับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวนั้นคือ ความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยัน (ที่ซึ่งได้รับภายหลังจากการตัดสินใจกำหนดนโยบาย) จะมีปริมาณสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาที่ซึ่งก่อให้เกิดเป็นคำสั่งซื้อค้างส่งนั้นลดลง

ในบทต่อไปจะเป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อเนื่องจากผลการศึกษาในบทที่ 4 ใน 2 ประเด็นได้แก่ การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ และการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เพิ่มขึ้นกับผลกระทบจากความวุ่นวายที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ได้แก่ เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่ทั้งสองตัวแปร ได้แก่ ระดับวัตถุดิบสูงสุด $E\{R_t\}$ และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$ ด้วยนโยบายสินค้าคงคลังแบบ R^n,S^n ภายใต้กลยุทธ์การลดความไม่แน่นอนแบบอพลวัตร-พลวัตร ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimization Studio โดยใช้การแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองจำนวนเต็มกึ่งผสม (MILP) ของ Tarim and Kingman [37] นั้น งานวิจัยชิ้นนี้ต้องการพัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองดังกล่าวใน 2 ด้าน ได้แก่

5.1 การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ

5.2 การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

5.1 การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ (Perishable)

งานวิจัยชิ้นนี้ต้องการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่สองตัว ได้แก่ ระดับวัตถุดิบสูงสุด $E\{R_t\}$ และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้น วัตถุดิบแต่ละชนิดมีอายุไม่เท่ากัน ส่งผลให้ระยะเวลาสูงสุดที่สามารถถือครองข้ามช่วงเวลาได้นั้นแตกต่างกัน

ยกตัวอย่างเช่น ภายใต้ข้อมูลค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ซึ่งกำหนดขึ้นเองดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยมีค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (c) มีค่าเท่ากับ 0.333 ต้นทุนถือครอง (*h*) มีค่าเท่ากับ 1 ต้นทุนสั่งซื้อ (*a*) และ ต้นทุนต่อหน่วย (*v*) กำหนดให้มีค่า 10,000 และ 4 ตามลำดับ เมื่อนำไปแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์แบบสแน๊ปชอตที่มีต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดด้วยการใช้ MILP ของ Tarim and Kingman [37] ที่ระดับการให้บริการ 0.950 จะได้ผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 5.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่ใช้ในการทดลอง (จากการกำหนด) (หน่วย: ปริมาณของวัตถุดิบ)

ช่วงเวลา(วัน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าคาดการณ์อุปสงค์	800	850	700	200	800	700	650	600	500	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเดิม

$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	4,233	-	-	-	-	3,355	-	-	-	-
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	4,233	3,423	2,573	1,873	1,673	3,335	2,635	1,985	1,385	885
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	3,423	2,573	1,873	1,673	873	2,635	1,985	1,385	885	685
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.950}$)	64,730$									

จากตารางที่ 5.2 จะพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$ ที่จะทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุดนั้นอยู่ที่ช่วงเวลา t=1,6 ส่งผลให้ระดับวัตถุดิบสูงสุด $E\{R_t\}$ ในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 4,233 และ 3,335 (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น)

ความหมายของตารางที่ 5.2 อธิบายได้ว่าจะมีการเตรียมวัตถุดิบ (ที่ผ่านการตัดแต่งให้อยู่ในรูปพร้อมใช้ในหน่วยเดียวกับสินค้าขั้นสุดท้าย) ในช่วงเวลาที่ 1 เท่ากับ 4,233 หน่วย และเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t=1 จะเหลือวัตถุดิบจำนวน 3,423 หน่วยถูกนำไปใช้ต่อในช่วงเวลา t=2 โดยเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t=2 จะเหลือวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้ต่อในช่วงเวลา t=3 เท่ากับ 2,573 หน่วย จนกระทั่งมีการทิ้งวัตถุดิบที่เหลือจากการเตรียมเมื่อช่วงเวลา t=1 เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t=5 จำนวน 873 หน่วย และจะสั่งวัตถุดิบใหม่เข้ากระบวนการเตรียมให้อยู่ในหน่วยพร้อมใช้อีกครั้งในช่วงเวลา t=6 จำนวน 3,335 หน่วย และใช้จนกระทั่งหมดสิ้นสุดช่วงเวลา t=10 ซึ่งจะเหลือ 685 หน่วย

ซึ่งตามที่ได้กล่าวมาในขั้นต้นว่าแบบจำลองดังกล่าว ไม่ได้มีเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ เช่น ถ้าหากตารางที่ 5.2 เป็นวัตถุดิบที่เมื่อผ่านการตัดแต่งแล้วจะสามารถอยู่ได้ไม่เกิน 2 วัน ผลที่เกิดขึ้นคือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t=2 จะเหลือวัตถุดิบเท่ากับ 2,573 หน่วย และจะต้องถูกกำจัดทิ้งเนื่องจากหมดอายุ ส่งผลให้ช่วงเวลาที่ 3 ต้องสั่งวัตถุดิบใหม่ ส่งผลให้ในทางปฏิบัติไม่สามารถดำเนินการตามผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองข้างต้นที่ซึ่งจะมีการใช้วัตถุดิบที่เตรียมในช่วงเวลาที่ 1 จนถึงช่วงเวลาที่ 5

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงต้องการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบเข้าไปในแบบจำลองขั้นต้น เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับกรณีศึกษาที่ซึ่งวัตถุดิบมีอายุไม่เท่ากันได้ดังยกตัวอย่างในตารางที่ 5.2 โดยจะเริ่มต้นจากเงื่อนไขลำดับการใช้วัตถุดิบแบบ FIFO (First IN FIRST OUT) ซึ่งหมายถึงจะกำหนดให้วัตถุดิบที่ถูกเตรียมไว้จะมีการใช้ตามลำดับก่อนหลัง กล่าวคือ วัตถุดิบที่เตรียมในช่วงเวลาที่ 1 จะถูกใช้สำหรับช่วงเวลาที่ 1 ก่อน หลังจากนั้นของเหลือก็จะถูกใช้เป็นลำดับถัดไปในช่วงเวลาถัดไป และเมื่อใดก็ตามที่มีการสั่งวัตถุดิบใหม่ ของที่เหลืออยู่ก่อนการสั่งใหม่จะถูกทิ้งเพื่อใช้ของใหม่ก่อนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวความคิดในการนำเงื่อนไข FIFO เข้ามาอยู่ในการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบสโตแคสติกนั้นสามารถย้อนไปที่ผลงานของ Mood et al. [63] ซึ่งมีการเปลี่ยนจากรูปของฟังก์ชั่นคอนเวกซ์ (Convex function) ให้กลายเป็น MILP เพื่อการแก้ปัญหาสโตแคสติกแบบสแน็ปชอตภายใต้หลักการของอสมการเจนเซน (Jensen Inequality) โดยมีการอ้างถึงโดย Pauls-Worm et al. [64] และ Pauls-Worm et al. [65] ซึ่งได้มีการประยุกต์เงื่อนไข FIFO เพิ่มเข้าไปในแบบจำลองของตน

งานวิจัยชิ้นนี้ จะทำการประยุกต์เงื่อนไข FIFO ที่อยู่ในรูป MILP [64-65] ให้เข้ากับแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา เพื่อที่จะสามารถยังคงใช้แบบจำลองเดิมได้โดยมีเงื่อนไขเพิ่มเติม ยกตัวอย่างเช่น กำหนดให้อายุของสินค้าสามารถใช้ได้ 3 ช่วงเวลา (เช่น วัน) โดยที่ $E[R_t]$ หมายถึง ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่สั่งที่ช่วงเวลา t สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$E[I_{t,3}] = Max[(E[I_{t-1,2}] - E[d_t]), 0], \quad t = 1, \dots, N, \tag{5.1}$$

$$E[I_{t,2}] = Max[(E[I_{t-1,1}] - Max(E[d_t] - E[I_{t-1,2}]), 0), 0], \quad t = 1, \dots, N, \tag{5.2}$$

$$E[I_{t,1}] = E[R_t] - Max[(E[d_t] - E[I_{t-1,1}] - E[I_{t-1,2}]), 0], \quad t = 1, \dots, N, \tag{5.3}$$

โดยที่;

$E[R_t]$ = ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่สั่งที่ช่วงเวลา t (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ เช่น กรัม ชิ้น)

$E[I_{t,j}]$ = ปริมาณสินค้าคงคลังคงเหลือ (วัตถุดิบ) เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t

$E[d_t]$ = ค่าคาดการณ์อุปสงค์ของช่วงเวลา t

สมการที่ (5.1) เป็นเงื่อนไขที่กำหนดให้สินค้าคงคลัง (วัตถุดิบ) ที่จัดเตรียมในช่วงเวลา t แต่มีการใช้ในช่วงเวลาที่ 3 (ตามที่ได้ระบุในขั้นต้นว่าสมมติให้อายุของวัตถุดิบอยู่ที่ 3 ช่วงเวลา (วัน)) จะมีค่าเท่ากับค่าที่มีค่าสูงที่สุด (max) ระหว่าง วัตถุดิบ (สินค้าคงคลัง) คงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่ t-1 และถูกใช้ไปในช่วงเวลาที่ t=2 ลบด้วยค่าคาดการณ์อุปสงค์ของช่วงเวลา t กับศูนย์ ในขณะที่สมการที่ (5.2) เป็นการกำหนดเงื่อนไขในทิศทางเดียวกันกับสมการแรก ได้แก่ สินค้าคงคลัง (วัตถุดิบ) คงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t-1 ลบด้วยค่าสูงสุดระหว่างค่าคาดการณ์อุปสงค์ในช่วงเวลา t ลบด้วยวัตถุดิบคงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t-1 และถูกใช้ไปในช่วงเวลา t=2

ตัวอย่างจากการแทนค่าในสมการที่ (5.1) ถึง (5.3) โดยใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์และค่าพารามิเตอร์แบบคงที่เดียวกับตารางที่ 5.1 ค่าที่ได้แสดงในตารางที่ 5.3 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างการเพิ่มเงื่อนไข FIFO ในแบบจำลอง

$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	2,289	-	1,299	-	2,833	-	-	1,742	-	-
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	2,289	-	1,299	-	2,833	-	-	1,742	-	-
Expected closing inventory ($E\{I_{t,1}\}$)	1,489	-	599		2033	-	-	1142	-	-
Expected closing inventory ($E\{I_{t,2}\}$)	-	639	-	399	-	1333	-	-	642	-
Expected closing inventory ($E\{I_{t,3}\}$)	-	-	-	-	-	-	683	-	-	442
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.950}$)	75,169$									

ตารางที่ 5.3 สมมติให้ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการสั่งวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงที่สุด ($E\{R_t\}_{\delta_t}$) เท่ากับช่วงเวลาที่ 1,3,5,8 โดยสมมติให้อายุของวัตถุดิบหลังจากผ่านกระบวนการเตรียมให้อยู่ในหน่วยเดียวกับสินค้าขั้นสุดท้ายนั้นไม่เกิน 3 ช่วงเวลา (วัน) สามารถอธิบายพร้อมยกตัวอย่างการแทนค่าสมการที่ (5.1-5.3) ได้ดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 มีการเตรียมวัตถุดิบที่ระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุด ($E\{R_t\}$) จำนวน 2,289 หน่วย ซึ่งค่าคาดการณ์อุปสงค์อยู่ที่ 800 หน่วย ดังนั้นสมการที่ (5.3) หาได้จากจำนวนวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดลบด้วยค่าที่สูงที่สุดระหว่างค่าคาดการณ์อุปสงค์ลบกับวัตถุดิบที่เหลืออยู่ในช่วงเวลาก่อนหน้า กับศูนย์ ในกรณีนี้ไม่มีวัตถุดิบที่เหลืออยู่ในช่วงเวลาก่อนหน้า ดังนั้น $E\{I_{t,1}\}$ จึงมีค่าเท่ากับ 2,289 – 800 = 1,489 หน่วย ซึ่งหมายความว่าเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่ 1 จะมีวัตถุดิบคงเหลือที่พร้อมสำหรับใช้ในช่วงเวลาถัดไป จำนวน 1,489 หน่วย

ช่วงเวลาที่ 2 แทนค่าได้จากสมการที่ (5.2) สามารถอธิบายได้ว่าใช้ค่าที่มีค่ามากที่สุดระหว่างวัตถุดิบคงเหลือจากช่วงเวลาที่ 1 ลบกับค่าที่มากที่สุดระหว่างคาดการณ์อุปสงค์ลบกับวัตถุดิบคงเหลือจากช่วงเวลาที่ 1 ($E\{I_{t-1,2}\}$) กับศูนย์ ซึ่งในกรณีของตารางที่ 5.3 ค่าของ $E\{I_{t,2}\}$ จึงเท่ากับ 1,489 – 850 = 639 หน่วย ซึ่งคงเหลือสำหรับใช้ในช่วงเวลาถัดไป

อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาที่ 3 มีการสั่งวัตถุดิบใหม่ $E\{R_t\}$ จำนวน 1,299 หน่วย ส่งผลให้ถึงแม้วัตถุดิบคงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลายังคงมีเหลืออยู่ 639 หน่วย ก็จะถูกกำหนดให้ทำลายตามหลักการของเงื่อนไข FIFO ที่เพิ่มเข้าไป เนื่องจากอนุญาตให้สามารถใช้วัตถุดิบต่อเนื่องได้ไม่เกิน 3 วัน ดังนั้นในกรณีที่คำตอบที่ได้กำหนดให้มีการสั่งวัตถุดิบใหม่ก่อนหมดอายุ (ในกรณีนี้เท่ากับ 639 หน่วย) หมายถึงต้นทุนรวมคาดการณ์ตลอดช่วงแผนการผลิต (Planning horizon) นั้นจะต่ำกว่าถึงแม้จะเกิดการทิ้งวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามเพื่อให้เงื่อนไขดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง MILP ของ Tarim and Kingman [37] ได้โดยการเพิ่มเข้าไปจากแบบจำลองเดิม ไม่ต้องมีการปรับเปลี่ยนตัวแปร (แบบจำลองเดิมปริมาณวัตถุดิบคาดการณ์เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา ($E\{I_t\}$) เป็นค่าคงเหลือเฉพาะสำหรับช่วงเวลา t ไม่ได้มีการแบ่งออกเป็นจัดซื้อที่ช่วงเวลา t สำหรับการใช้ในช่วงเวลานอกเหนือไปจาก t เช่น ซื้อที่ช่วงเวลา t สำหรับการใช้ในช่วงเวลาที่ t+3 เป็นต้น) งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้เขียนให้อยู่ในสมการที่ (5.4 - 5.6) ดังนี้

$$E\left[X_{t,s}\right] \geq E[R_t]_{\delta_{t=1}} - \sum_{j=t}^{t+S-1} d_j \,. \qquad t = 1, \dots, N, j = 1, .. t, \mathrm{s} = 1, \dots, \mathrm{S} \tag{5.4}$$

$$E[X_t] = \sum_{s=t}^{t+S-1} E\left[X_{t,s}\right] \qquad t = 1, \dots, N, \qquad \mathrm{s} = 1, \dots, \mathrm{S} \tag{5.5}$$

$$\sum_{k=t}^{t+S-1} \delta_k \geq 1 \;\; , \;\; E[X_t] \geq 0 \qquad t = 1, \dots, N, k = 1, .. t, \mathrm{s} = 1, \dots, \mathrm{S} \tag{5.6}$$

โดยที่;

R_t = ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่สั่งที่ช่วงเวลา t (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ เช่น กรัม ชิ้น)

$E\left[X_{t,s}\right]$ = ปริมาณสินค้าคงคลัง (วัตถุดิบ) ที่ถูกสั่งไว้ในช่วงเวลา t และหมดอายุในช่วงเวลา s

δ_t = ตัวแปรไบนารี่การตัดสินใจสั่งซื้อในช่วงเวลา t (1 = ซื้อ, 0= ไม่ซื้อ)

$E[d_t]$ = ค่าคาดการณ์อุปสงค์ของช่วงเวลา t

สมการที่ (5.4) มีการสร้างตัวแปรใหม่ขึ้นมา ได้แก่ $E\left[X_{t,s}\right]$ แสดงปริมาณวัตถุดิบที่ถูกสั่งในช่วงเวลา t และหมดอายุในช่วงเวลา s ซึ่ง s เป็นช่วงเวลาตั้งแต่ s=1,..,S โดยที่ S คือจำนวนวันสูงสุดที่วัตถุดิบนั้นจะใช้งานได้ หาค่าได้จากผลต่างของปริมาณวัตถุดิบที่ถูกสั่งในช่วงเวลา t กับผลรวมของค่าคาดการณ์อุปสงค์ตั้งแต่ช่วงเวลา t จนถึง t+S-1 สมการที่ (5.5) เป็นผลรวมของ $E\left[X_{t,s}\right]$ ในสมการที่ (5.4) เพื่อแสดงผลรวมของปริมาณวัตถุดิบที่ถูกสั่งในช่วงเวลา t และจะหมดอายุจนถึงช่วงเวลา t+S-1 สมการที่ (5.6) เป็นการเพิ่มเงื่อนไขการตัดสินใจช่วงเวลาในการสั่งวัตถุดิบตั้งแต่ช่วงเวลา t จนถึง t+S-1 ต้องมีไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง และ

ยกตัวอย่างเช่น ตารางที่ 5.3 ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบสูงสุด ($E\{R_t\}_{\delta_t}$) เท่ากับช่วงเวลาที่ 1,3,5,8 โดยในช่วงเวลา t=5 ปริมาณวัตถุดิบที่ได้ตัดสินใจเตรียม $E\{R_t\}$ เท่ากับ 2,833 หน่วย ในขณะที่ผลรวมของค่าคาดการณ์อุปสงค์ตั้งแต่ช่วงเวลา t= 5 จนถึง t+S-1 (5+3-1=7) มีค่าเท่ากับ 2,150 หน่วย ดังนั้นปริมาณวัตถุดิบที่จะหมดอายุในช่วงเวลา t=7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเตรียมในช่วงเวลาที่ t=5 หรือ $E[X_{5,7}]$ จึงเท่ากับ Max[(2,833-2150),0] = 683 หน่วยที่จะหมดอายุ จะพบว่าค่าที่จากสมการที่ (5.4-5.5) นั้นตรงกับค่าที่ได้จากสมการที่ (5.1-5.3)

ขั้นตอนต่อไป งานวิจัยชิ้นนี้จะนำเงื่อนไขในสมการที่ (5.4-5.6) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่มีที่มาจากสมการที่ (5.1-5.3) ไปรวมกับแบบจำลอง MILP ของ Tarim and Kingman [37] และจะทดลองเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิม กับแบบจำลองที่เพิ่มเงื่อนไขเข้าไปใหม่ โดยเมื่อรวมเงื่อนไขใหม่เข้าไปจะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\min E[TC] = \sum_{t=1}^{n}(a\delta_t + hE\{I_t\} + vE\{R_t\} - vE\{I_{t-1}\})$$

s.t.

$$E[I_t] = E[R_t] - E[d_t], \qquad t = 1, \dots, N, \tag{5.7}$$

$$E[R_t] \geq E[I_{t-1}], \qquad t = 1, \dots, N, \tag{5.8}$$

$$E[R_t] - E[I_{t-1}] \leq M\delta_t \qquad t = 1, \dots, N, \tag{5.9}$$

$$E[I_t] \geq \left[\sum_{j=1}^{t}(G^{-1}_{d_{t-j+1}+d_{t-j+2}+\dots+d_t}(\alpha) - \sum_{k=t-j+1}^{t} E[d_k])P_{tj}, \right] - E[X_t], \tag{5.10}$$

$t = 1, \dots, N$

$$\sum_{j=1}^{t} P_{tj} = 1 \qquad t = 1, \dots, N \tag{5.11}$$

$$P_{tj} \geq \delta_{t-j+1} - \sum_{k=t-j+2}^{t} \delta_k \qquad t = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, t \tag{5.12}$$

$$E[I_t], E[R_t] \geq 0, \quad \delta_t, P_{tj} \in \{0,1\}, \qquad t = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, t \tag{5.13}$$

$$E[X_{t,s}] \geq E[R_t]_{\delta_{t=1}} - \sum_{j=t}^{t+s-1} d_j. \qquad t = 1, \dots, N, j = 1, .. t, s = 1, \dots, S \tag{5.14}$$

$$E[X_t] = \sum_{s=t}^{t+S-1} E[X_{t,s}] \qquad t = 1, \dots, N, \quad s = 1, \dots, S \tag{5.15}$$

$$\sum_{k=t}^{t+S-1} \delta_k \geq 1 \ , \ E[X_t] \geq 0 \qquad t = 1, \dots, N, k = 1, .. t, s = 1, \dots, S \tag{5.16}$$

โดยที่;

a = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการสั่งซื้อแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

h = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการถือครองแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v = ค่าพารามิเตอร์ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าแบบคงที่ (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

δ_t = ตัวแปรไบนารี่การตัดสินใจสั่งซื้อในช่วงเวลา t (1 = ซื้อ, 0= ไม่ซื้อ)

P_{tj} = ตัวแปรไบนารี่ที่มีค่า {0,1} โดยจะมีค่า 1 ถ้าหากการสั่งซื้อครั้งล่าสุดเกิดที่ *t-j+1*

M = จำนวนที่มีค่ามากพอ (Large Numbers)

R_t = ระดับสูงสุดของวัตถุดิบในช่วงเวลา t (หน่วย: ชิ้น กรัม)

$E[I_t]$ = ค่าคาดการณ์สินค้าคงคลังที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t (หน่วย: สกุลเงิน เช่น บาท)

ตัวแปรที่ได้นำเสนอขึ้นมาใหม่ $E[X_t]$ ได้ถูกเพิ่มไปอยู่ภายใต้เงื่อนไขเรื่องระดับการให้บริการในสมการที่ (5.10) โดยสามารถอธิบายได้ว่าปริมาณสินค้าคงคลัง (วัตถุดิบ) ที่เหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t ภายใต้ระดับการให้บริการนั้นๆ จะถูกลบออกด้วยปริมาณวัตถุดิบที่คาดว่าจะหมดอายุ โดยมีเป้าหมายให้เหลือปริมาณของหมดอายุน้อยลง

นอกจากนี้สมการที่ (5.16) เป็นเงื่อนไขที่กำหนดให้ทุกๆช่วงเวลาตั้งแต่ t จนถึง t+S-1 จะต้องมีการตัดสินใจเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับ $E\{R_t\}$ อย่างน้อยหนึ่งครั้ง เนื่องจากตามที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้นถึงเงื่อนไขว่าทุกครั้งที่มีการเติมวัตถุดิบใหม่ วัตถุดิบคงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาจะไม่ถูกนำไปใช้ ดังนั้นสมการนี้จึงเป็นการกำหนดให้ค่าคงที่ S ที่เป็นระยะเวลาสูงสุดที่วัตถุดิบสามารถใช้ได้ เช่น S=3 ดังนั้นช่วงเวลาตั้งแต่ t จนถึง t+S-1 สมมติให้ t=1 จึงหมายถึงตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 1 จนถึง 3 อย่างน้อยจะต้องมีการเติมวัตถุดิบหนึ่งครั้ง ดังนั้นเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในตารางที่ 5.2 ที่มีการเติมวัตถุดิบเพียง 2 ครั้ง ($E\{R_t\}_{\delta_t}$) ในช่วงเวลา t=1 และ t=6 จึงจะไม่เกิดขึ้นอีก

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทดลองเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างแบบจำลองเดิม กับแบบจำลองที่ได้เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ โดยใช้ค่าคาดการณ์อุปสงค์ในตารางที่ 5.1 ผลลัพธ์ที่ได้และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 5.4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิมเปรียบเทียบกับการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ

ไม่มีเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ *C*=0.333, *v*=4, *h*=1, *a*=20,000										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$	7,110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Expected opening inventory $(E\{R_t\})$	7,110	6,310	5,460	4,760	4,560	3,760	3,060	2,410	1,810	1,310
Expected closing inventory $(E\{I_t\})$	6,310	5,460	4,760	4,560	3,760	3,060	2,410	1,810	1,310	1,110
Expected total cost $(E[TC]_{1-\alpha=0.950})$	82,990$									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิมเปรียบเทียบกับการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ

เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ *S*=2, *C*=0.333, *v*=4, *h*=1, *a*=20,000										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$	2,290	-	1,299	-	2,033	-	1,735		848	-
Expected opening inventory $(E\{R_t\})$	2,290	1,490	1,299	599	2,033	1,283	1,735	1,085	848	348
Expected closing inventory $(E\{I_t\})$	1,490	640	599	399	1,283	583	1,085	485	348	148
Expected total cost $(E[TC]_{1-\alpha=0.950})$	131,652$									
เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ *S*=3, *C*=0.333, *v*=4, *h*=1, *a*=20,000										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$	2,290	-	1,299	-	2,833	-	-	1,521	-	-
Expected opening inventory $(E\{R_t\})$	2,290	1,490	1,299	599	2,833	2,033	1,333	1,521	921	421
Expected closing inventory $(E\{I_t\})$	1,490	640	599	399	2,033	1,333	683	921	421	221
Expected total cost $(E[TC]_{1-\alpha=0.950})$	113,624$									

ตารางที่ 5.4 เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิม เทียบกับการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิมนั้นจะพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$ มีเพียงช่วงเวลา t=1 และนำวัตถุดิบคงเหลือเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาไปใช้ในช่วงเวลาถัดไป มีต้นทุนรวมคาดการณ์อยู่ที่ 82,990 (หน่วย: สกุลเงิน)

ตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ถ้าหากในกรณีที่วัตถุดิบมีอายุสูงสุดไม่เกิน 3 วัน ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเดิมจะไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เนื่องจากหมดอายุ ดังนั้นตารางถัดมาจึงเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบโดยกำหนดให้มีอายุไม่เกิน 2 วัน (S=2) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$= 1,3,5,7,9 โดยมีต้นทุนรวมคาดการณ์อยู่ที่ 131,625 (หน่วย: สกุลเงิน) และตารางถัดไปกำหนดให้ S=3 ผลลัพธ์พบว่า $E\{R_t\}_{\delta_t}$= 1,3,5,8 โดยมีต้นทุนรวมคาดการณ์อยู่ที่ 113,624 (หน่วย: สกุลเงิน) การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในขั้นต้นจะพบว่า ต้นทุนรวมคาดการณ์ของแบบจำลองเดิมที่ไม่เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบนั้นมีต้นทุนที่ต่ำกว่าแบบจำลองที่เพิ่มเงื่อนไข อธิบายได้ว่าการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยมีเงื่อนไขต่อการหาคำตอบน้อยกว่านั้นย่อมให้ผลลัพธ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีกว่า เช่น การสั่งวัตถุดิบเพียงครั้งเดียวที่ t=1 เมื่อเทียบกับเงื่อนไข S=2 ย่อมส่งผลให้ต้นทุนการสั่งซื้อของแบบจำลองเดิมมีค่าน้อยกว่า (จากการสั่งซื้อเพียงหนึ่งครั้งเทียบกับการสั่งซื้อห้าครั้ง) เป็นต้น

ตารางที่ 5.5 เป็นการทดลองปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์แบบคงที่เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ ผลการเปรียบเทียบแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบเพิ่มเติม

ไม่มีเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ *C*=0.333, *v*=4, *h*=1, *a*=10,000										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$	4,233	-	-	-	-	3,355	-	-	-	-
Expected opening inventory $(E\{R_t\})$	4,233	3,423	2,573	1,873	1,673	3,335	2,635	1,985	1,385	885
Expected closing inventory $(E\{I_t\})$	3,423	2,573	1,873	1,673	873	2,635	1,985	1,385	885	685
Expected total cost $(E[TC]_{1-\alpha=0.950})$	64,730$									
เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ *S=2, C*=0.333, *v*=4, *h*=1, *a*=10,000										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$	2,290	-	1,299	-	2,033	-	1,735	-	848	-
Expected opening inventory $(E\{R_t\})$	2,290	1,490	1,299	599	2,033	1,283	1,735	1,085	848	348
Expected closing inventory $(E\{I_t\})$	1,490	640	599	399	1,283	583	1,085	485	348	148
Expected total cost $(E[TC]_{1-\alpha=0.950})$	81,625$									
เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบ *S=3, C*=0.333, *v*=4, *h*=1, *a*=10,000										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9500 Period *(t)*	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level $(E\{R_t\}_{\delta_t=1})$	2,290	-	1,299	-	2,833	-	-	1,521	-	-
Expected opening inventory $(E\{R_t\})$	2,290	1,490	1,299	599	2,833	2,033	1,333	1,521	921	421
Expected closing inventory $(E\{I_t\})$	1,490	640	599	399	2,033	1,333	683	921	421	221
Expected total cost $(E[TC]_{1-\alpha=0.950})$	73,624$									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองเดิมกับการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุวัตถุดิบในตารางที่ 5.5 นั้นสอดคล้องกับตารางที่ 5.4 ที่ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกัน กล่าวคือ ต้นทุนรวมคาดการณ์ของแบบจำลองเดิมนั้นต่ำที่สุดอยู่ที่ 64,730 (หน่วย: สกุลเงิน) แต่เมื่อเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบที่ S=2 และ S=3 ต้นทุนรวมคาดการณ์เพิ่มเป็น 81,625 และ 73,624 ตามลำดับ

โดยที่ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ $E\{R_t\}_{\delta_t}$= 1,6 ในกรณีของแบบจำลองเดิม ซึ่งในกรณีที่มีสมมติฐานเรื่องอายุของวัตถุดิบไม่เกิน 3 ช่วงเวลา (วัน) ผลดังกล่าวจะไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริง ดังนั้นเมื่อเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ (*S*) ที่จำนวน 2 และ 3 วันตามลำดับต้นทุนรวมคาดการณ์จะเพิ่มขึ้นแต่ระยะเวลาที่ใช้วัตถุดิบต่อเนื่องสูงที่สุดนั้นจะสอดคล้องกับเงื่อนไขที่เพิ่มเข้าไป

ถึงแม้การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบเข้าไปเพิ่มไปในแบบจำลองเดิมจะทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์สูงขึ้น แต่ก็แลกมากับความสามารถในการประยุกต์ใช้แบบจำลองกับวัตถุดิบที่มีเงื่อนไขวันหมดอายุแตกต่างกันได้ ดังนั้นภายใต้สถานการณ์ที่ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเดิมนั้นสอดคล้องกับเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ เช่น ไม่มีการใช้วัตถุดิบเกินกว่าระยะเวลาสูงสุดที่วัตถุดิบจะนั้นจะสามารถใช้ได้ การเลือกใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลองเดิมมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุด

แต่ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเดิมนั้นไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ เช่น ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาถูกกำหนดให้ใช้วัตถุดิบในจำนวนช่วงเวลายาวนานเกินกว่าอายุของวัตถุดิบ ควรดำเนินการเพิ่มเงื่อนไขด้านอายุของวัตถุดิบที่ได้นำเสนอในบทที่ 5 นี้เพื่อที่จะทำให้แบบจำลองเดิมยังสามารถสร้างผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวัตถุดิบได้

ในส่วนถัดไปจะเป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในประเด็นที่ 2 ที่ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ การระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตกับต้นทุนรวมคาดการณ์ ซึ่งต่อเนื่องมาจากเนื้อหาในบทที่ 4 ที่พบว่าในทุกๆระดับการให้บริการที่สูงขึ้น ต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตสูงขึ้นแต่ความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตนั้นลดง รายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 5.2 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal service level)

ผลการศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในส่วนนี้จะเป็นการใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในบทที่ 4 ภายใต้หัวข้อที่ 4.3 ได้แก่ เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรตัดสินใจแบบคงที่ ได้แก่ ระดับวัตถุดิบสูงสุด $E\{R_t\}$ และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเติมวัตถุดิบ $E\{R_t\}_{\delta_t}$

เครื่องมือที่งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการพัฒนามีจุดเริ่มต้นจากแนวความคิดของ Nakashima et al. [44] ที่ซึ่งระบุว่าในขั้นตอนการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดนั้น ความน่าจะเป็นที่จะเกิดต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งของการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการสูง นั้นมีน้อยกว่าการตัดสินใจที่ระดับการให้บริการต่ำ เนื่องจากความสัมพันธ์ของต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งต่อการเพิ่มขึ้นของระดับการให้บริการนั้นอธิบายได้ด้วยฟังก์ชั่นแบบ Quasi-Exponential หรืออธิบายได้ว่ามีลักษณะของการสะสม เช่น ภายใต้เซ็ตของระดับการให้บริการ 11 ระดับ การตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ 95% มีความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงเกินระดับวัตถุดิบสูงสุดในระดับการให้บริการดังกล่าว แต่จะไม่เกินถ้าหากตัดสินใจผลิตที่ 96%, 97%, 98% และ 99% ตามลำดับ ในขณะที่การตัดสินใจผลิตที่ 99% จะมีความน่าจะเป็นเพียงเหตุการณ์เดียว ได้แก่ คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงเกินระดับวัตถุดิบสูงสุดในระดับดังกล่าว แต่จะไม่เกินถ้าหากตัดสินใจผลิตที่ 99.95% ซึ่งเมื่อประยุกต์เข้ากับผลการศึกษาในหัวข้อที่ 4.3 แล้วนั้น จะสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\beta_m = \sum_{\{k,k>m\}}^{M} \beta_{k,m} \qquad m \in M \tag{5.15}$$

$$M = \{0.900, 0.910, 0.920, 0.930, 0.940, 0.950, 0.960, 0.970, 0.980, 0.990, 0.9995\} \tag{5.16}$$

โดยที่:

β_m = ปริมาณวัตถุดิบที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ *m* (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น กรัม เป็นต้น)

$\beta_{k,m}$ = ปริมาณวัตถุดิบที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ *m* แต่อุปสงค์มีมากกว่าที่ระดับ *k* (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามที่ได้กำหนดเซ็ตของระดับการให้บริการที่ใช้ในการศึกษาไว้ในบทที่ 3 จำนวนทั้งสิ้น 11 ระดับ โดยระดับต่ำที่สุด (และกำหนดให้เป็นระดับที่ใช้ในปัจจุบัน) อยู่ที่ 0.900 และสูงสุด (และกำหนดให้เป็นระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย) ที่ 0.9995 ดังนั้น β_m ในสมการ (5.15) เป็นปริมาณวัตถุดิบที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น กรัม) จากการที่คำสั่งซื้อยืนยันมีสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดตามแผน หรือเรียกว่าค่าเสียโอกาสของการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ m โดยที่ปริมาณวัตถุดิบที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งหาค่าได้จาก ผลรวมของความเป็นไปได้ที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ m แต่คำสั่งซื้อแท้จริงมีปริมาณสูงกว่าซึ่งจะไม่เกิดคำสั่งซื้อค้างส่งตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ k ดังนี้

$$\beta_{k,m} = \left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_k - \left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_m \qquad m \in M, \quad k > m, \quad R_t \mid \delta_t = 1 \qquad (5.17)$$

$$M = \{0.900, 0.910, 0.920, 0.930, 0.940, 0.950, 0.960, 0.970, 0.980, 0.990, 0.9995\} \qquad (5.18)$$

โดยที่ $\beta_{k,m}$ ในสมการที่ (5.17) หาค่าได้จากส่วนต่างระหว่างระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ m กับระดับการให้บริการ k ที่ซึ่งเป็นระดับการให้บริการที่เพียงพอต่อคำสั่งซื้อและจะไม่เกิดคำสั่งซื้อค้างส่งดังนี้

ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างค่า ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$) ในการศึกษา

Erratic Demand, a=500, v=10, h=1 C=0.1										
$Z_{1-\alpha}$= 0.9000 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	797	-	801	688	-	903	731	-	508	576
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	797	387	801	688	338	903	731	351	508	576
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	387	67	91	338	58	103	351	61	58	66
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.900}$)	50,740									
$Z_{1-\alpha}$= 0.9100 (50:1) Period (t)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Order-up-to-level ($E\{R_t\}_{\delta_t=1}$)	800		805	690		908	734		511	579
Expected opening inventory ($E\{R_t\}$)	800	390	805	690	340	908	734	354	511	579
Expected closing inventory ($E\{I_t\}$)	390	70	95	340	60	108	354	64	61	69
Expected total cost ($E[TC]_{1-\alpha=0.910}$)	50,801									

ยกตัวอย่าง เช่น $\beta_{k,m} = \beta_{0.910,0.900}$ หรือ ปริมาณสินค้าที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ 0.900 แต่คำสั่งซื้อมาเท่ากับระดับ 0.910 จะมีค่าเท่ากับ $\beta_{0.910,0.900} = \left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_{0.910} - \left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_{0.900}$ เช่น ถ้าหากเราใช้ข้อมูลในตารางที่ 4.18 ที่เป็นผลการแก้ปัญหาของอุปสงค์แบบ Erratic ภายใต้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ ได้แก่ a=500, v=10, h=1, C=0.1 ผลรวมของระดับวัตถุดิบสูงสุดในช่วงเวลา t=1,...,10 ที่ระดับการให้บริการ 0.910 หรือ $\left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_{0.910}$ มีปริมาณ 800+805+690+908+734+511+579= 5,027 (หน่วย) ในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_{0.900}$ จะมีค่าเท่ากับ 5,004 ส่งผลให้ $\beta_{k,m}\ \beta_{0.910,0.900}$= = 5,027 – 5,004 = 23 (หน่วย) เป็นต้น

ดังนั้นความเป็นไปได้ทั้งหมดที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจผลิตที่ 0.900 หรือเท่ากับ

$$\beta_m = \beta_{0.900} = \beta_{0.910,0.900} + \beta_{0.920,0.900} + \beta_{0.930,0.900} + \beta_{0.940,0.900} + \beta_{0.950,0.900} \beta_{0.960,0.900} + \beta_{0.970,0.900} + \beta_{0.980,0.900} + \beta_{0.990,0.900} + \beta_{0.9995,0.900} \quad (5.19)$$

ในขณะที่การตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการสูงกว่า เช่น 0.980 จะมีปริมาณสินค้าที่มีโอกาสเป็นคำสั่งซื้อค้างส่งต่ำกว่า $\beta_{0.980} = \beta_{0.990,0.980} + \beta_{0.9995,0.980}$ ซึ่งมีทั้งสิ้นเพียง 2 เหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้

ผลที่ได้จากเครื่องมือในขั้นต้นนั้นมีหน่วยเป็นปริมาณวัตถุดิบ (เช่น ชิ้น กรัม เป็นต้น) ในขณะที่ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในขั้นตอนการวางแผนการผลิตในหัวข้อที่ 4.3 นั้นมีหน่วยเป็นต้นทุน (ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนจากหน่วยปริมาณของวัตถุดิบ ให้เป็นหน่วย (ต้นทุน) เพื่อที่จะสามารถนำไปรวมกับเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตและหาระดับการให้บริการที่มีต้นทุนต่ำที่สุดเป็นระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (OSL) โดยการเปลี่ยนหน่วยจากชิ้นเป็นต้นทุนนั้นสามารถทำได้ด้วยการนำไปคูณกับต้นทุนการเกิดสินค้าค้างส่ง และเพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอนก่อนหน้าที่ใช้ผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ดังนั้นเป็นต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งแบบคงที่ (Backlog cost, *b*) เช่น ค่าปรับ (จากการส่งล่าช้า) ค่าล่วงเวลา (จากการเพิ่มเวลาในการผลิต) เป็นต้น โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta[TC]_m = b\beta_m + E[TC]_m \quad (5.20)$$

โดยที่;

$E[TC]_m$= ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m*

β_m = ปริมาณวัตถุดิบที่มีความเป็นไปได้ที่จะไม่เพียงพอต่อคำสั่งซื้อจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m*

สมการที่ (5.20) $\beta[TC]_m$ เป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดรวมกับต้นทุนคาดการณ์คำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m* ซึ่งคิดได้จากการนำต้นทุนคาดการณ์คำสั่งซื้อค้างส่งซึ่งเป็นค่าคงที่คูณกับ β_m คือ ปริมาณวัตถุดิบที่มีความเป็นไปได้ที่จะไม่เพียงพอต่อคำสั่งซื้อจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m* และนำมารวมกับ $E[TC]_m$ คือ ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m* ดังนั้นท้ายที่สุดระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างความวุ่นวายในการผลิตกับต้นทุนคาดการณ์จึงเป็นระดับการให้บริการที่มีค่า $\beta[TC]$ ต่ำที่สุด โดยมีตัวอย่างการคำนวณด้วยการใช้ข้อมูลในตารางที่ 5.7 – 5.8 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 ตัวอย่างการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดของอุปสงค์ Erratic (*a*=500, *v*=10, *h*=1 *C*=0.1*)*

ระดับการให้บริการ	$E[TC]_m$	β_m	$b\beta_m$(b=0.05v)	$\beta[TC]_m$
0.9000	50,740	2,294	1,147	51,887
0.9100	50,801	2,064	1,032	51,833
0.9200	50,863	1,857	928.5	51,791.5
0.9300	50,932	1,633	816.5	51,748.5
0.9400	51,013	1,423	711.5	51,724.5
0.9500	51,115	1,195	597.5	51,712.5
0.9600	51,218	1,000	500	51,718
0.9700	51,359	792	396	51,755
0.9800	51,541	591	295.5	51,836.5
0.9900	51,827	377	188.5	52,015.5
0.9995	52,833	0	0	52,833

ตารางที่ 5.7 ในคอลัมน์ $E[TC]_m$ แสดงต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการจากเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตซึ่งเป็นผลการศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมา (หัวข้อที่ 4.3)

ในขณะที่คอลัมน์ β_m แสดงปริมาณวัตถุดิบที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m* หรือค่าเสียโอกาสของการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ *m* เช่น ค่าเสียโอกาสของการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ 0.900 จะได้ว่า β_m เท่ากับ 2,294 (หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น) โดยหาค่าได้จาก $\left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_k - \left[\sum_t (R_t)_{\delta_t=1}\right]_n$ เช่น $[\sum_t (R_t)]_{0.910} - [\sum_t (R_t)]_{0.900}$ เท่ากับ 5,027 – 5,004 = 23 ชิ้น อย่างไรก็ตามคำสั่งซื้อยืนยันมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นตั้งแต่ 0.910 จนถึง 0.995 ดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบทุกความเป็นไปได้ทั้งหมดซึ่งมีค่าดังนี้ 23+46+74+104+ 142+181+233+300+407+784 = 2,294 ชิ้น ดังแสดงในตารางที่ 5.8

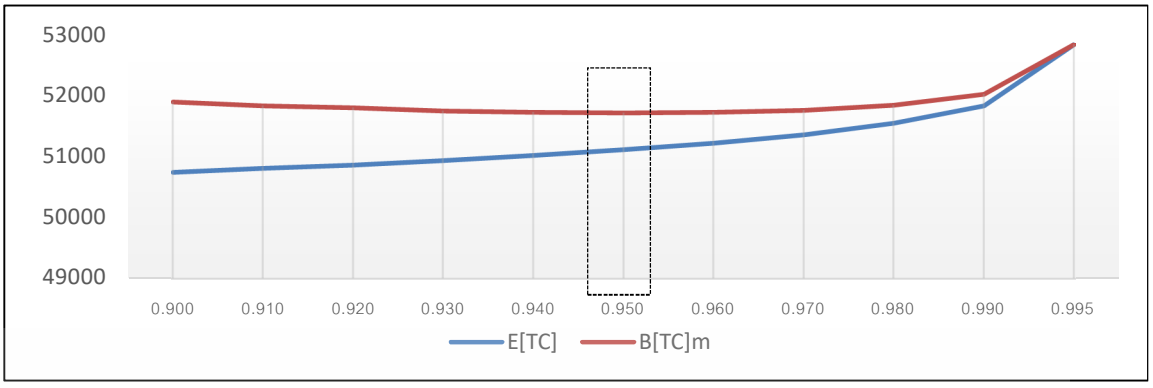
ในขณะที่ค่าเสียโอกาสของการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ 0.950 จะได้ว่า β_m เท่ากับ 1,195 โดยหาค่าได้จาก $\beta_{0.950} = \beta_{0.960,0.950} + \beta_{0.970,0.950} + \beta_{0.980,0.950} + \beta_{0.990,0.950} + \beta_{0.9995,0.950}$= 39+91+158+265+642 = 1,195 ชิ้น และค่าเสียโอกาสของการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ 0.990 จะได้ว่า β_m เท่ากับ 337 ชิ้น โดยหาค่าได้จาก $\beta_{0.990} = \beta_{0.9995,0.990}$ = 337 ชิ้น

หลังจากได้ค่า β_m ครบทุกระดับการให้บริการ คอลัมน์ต่อมาคือทดลองกำหนดให้ *b* หรือต้นทุนการเกิดสินค้าค้างส่งมีค่าเท่ากับ 5% ของ *v* และแทนค่าเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดรวมกับค่าเสียโอกาสในทุกระดับ หรือ $\beta[TC]_m = b\beta_m + E[TC]_m$ จะได้คำตอบที่ระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดคือระดับการให้บริการที่มีค่า $\beta[TC]_m$ ต่ำที่สุดดังภาพที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 ตัวอย่างการหา β_m

ระดับการให้บริการ	0.9000	0.9100	0.9200	0.9300	0.9400	0.9500	0.9600	0.9700	0.9800	0.9900	0.9995
0.9000	**2,294**										
0.9100	23	**2,064**									
0.9200	46	23	**1,857**								
0.9300	74	51	28	**1,633**							
0.9400	104	81	58	30	**1,423**						
0.9500	142	119	96	68	38	**1,195**					
0.9600	181	158	135	107	77	39	**1,000**				
0.9700	233	210	187	159	129	91	52	**792**			
0.9800	300	277	254	226	196	158	119	67	**591**		
0.9900	407	384	361	333	303	265	226	174	101	**377**	
0.9995	784	761	738	710	680	642	603	551	484	377	**0**



ภาพที่ 5.1 ผลการศึกษา $\beta[TC]_m$ และระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

จากตารางที่ 5.7 ตัวอย่างการหาค่าในคอลัมน์ $\beta[TC]_m$ เช่น ที่ระดับการให้บริการ 0.900 เมื่อนำมาแทนค่าในสูตร $\beta[TC]_m = b\beta_m + E[TC]_m$จะเท่ากับ (กำหนด5% ของ v=1) (0.05 x 2,294) + 50,740 = 51,887 (หน่วย: สกุลเงิน)

ตัวอย่างที่ 2 ในการหาค่า $\beta[TC]_m$ ที่ระดับการให้บริการ 0.950 จะมีค่า $\beta[TC]_m = b\beta_m + E[TC]_m$ = (0.05 x 1,195)+51,115 = 51,712.5 (หน่วย: สกุลเงิน)

ดังนั้น $\beta[TC]_m$ ซึ่งหมายถึง ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่รวมโอกาสในการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ m โดยระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดจึงเท่ากับระดับการให้บริการที่ $\beta[TC]_m$ ซึ่งในกรณีของตารางที่ 5.7 ระดับ OSL คือระดับการให้บริการที่ 0.950 ที่ซึ่ง $\beta[TC]_m$ มีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้ผลการศึกษาเรื่องระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในทุกรูปแบบการทดลองแสดงในตารางที่ 5.9 ดังนี้

ตารางที่ 5.9 ผลการศึกษาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (%) ในทุกการทดลอง (*b=0.05v*)

รูปแบบอุปสงค์	(*C* = 0.1)					(*C* = 0.3)					(*C* = 0.6)				
	*a*10 : *v*10	*a*10 : *v*100	*a*500 : *v*10	*a*100 : *v*10	*a*10 : *v*500	*a*500 : *v*10	*a*100 : *v*10	*a*10 : *v*10	*a*10 : *v*100	*a*10 : *v*500	*a*500 : *v*10	*a*100 : *v*10	*a*10 : *v*500	*a*500 : *v*10	*a*100 : *v*10
Cycle	98	99	97	97	99	96	98	97	99	99	97	99	99	97	97
Erratic	96	97	95	96	99	95	96	96	98	98	96	98	98	96	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 พบว่าการทดลองที่มีค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ชนิดเดียวกันแต่อุปสงค์คนละชนิด (เช่น *a=10, v=10* และ C=0.1) ผลลัพธ์ที่เป็นระดับ OSL พบว่าแตกต่างกัน (Cycle = 98% Erratic = 96%) การกำหนดนโยบายสินค้าคลังได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการ 98% ในทั้งสองสินค้า ผู้ผลิตจะมีต้นทุนในการผลิตที่สูงเกินกว่าความจำเป็น เนื่องจาก Erratic มีระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดเพียง 96% ดังนั้นข้อสรุปแรกจึงได้แก่ สินค้าที่มีรูปแบบของอุปสงค์แตกต่างกัน ไม่ควรกำหนดระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระดับเดียวกันถึงแม้จะมีค่าพารามิเตอร์เหมือนกัน

ต่อเนื่องจากข้อสรุปที่หนึ่ง งานวิจัยชิ้นนี้พบว่าถึงแม้อุปสงค์จะรูปแบบเดียวกัน แต่การมีลักษณะของสินค้าที่แตกต่างกัน (ลักษณะของสินค้าสะท้อนโดยค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ เช่น อัตราส่วนระหว่าง *a:v* เท่ากับ 1:1 และ 1:50 เป็นต้น) ส่งผลให้ผลลัพธ์ระดับ OSL นั้นแตกต่างกัน ได้แก่ อุปสงค์แบบ Erratic ที่ *C*=0.1 ภายใต้พารามิเตอร์แบบคงที่ที่อัตราส่วนระหว่าง *a:v* แตกต่างกัน ได้แก่ 1:1, 1:10, 1:50, 50:1 และ 10:1 ผลการศึกษาพบว่าระดับ OSL อยู่ที่ 96% 97% 99% 95% และ 96% ตามลำดับ ดังนั้นข้อสรุปที่สองจากการทดลองนี้ ได้แก่ ถึงแม้สินค้าจะมีอุปสงค์รูปแบบเดียวกัน ก็ไม่ควรกำหนดนโยบาย OSL ที่ระดับเดียวกันแต่ควรแยกกำหนดตามลักษณะของสินค้า

ข้อค้นพบสุดท้ายของตารางที่ 5.9 ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะอยู่ภายใต้อุปสงค์รูปแบบเดียวกัน (เช่น Cycle) และค่าพารามิเตอร์แบบคงที่มีค่าเท่ากัน (เช่น อัตราส่วน 1:1) ระดับ OSL ภายใต้ *C*=0.1 และ 0.3 เท่ากับ 98% และ 97% ตามลำดับ ดังนั้นการกำหนดนโยบาย OSL ในสินค้าที่มีความไม่แน่นอนของอุปสงค์แตกต่างกันจึงไม่ควรใช้ระดับเดียวกัน

คำถามต่อมาได้แก่ ถ้าหากต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งนั้นมีค่าที่สูงขึ้นกว่าตารางที่ 5.9 ที่ซึ่งกำหนดไว้ที่ร้อยละ 5 ของต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบ ผลลัพธ์ระดับ OSL นั้นจะมีความเหมือนหรือแตกต่างไปจากตารางที่ 5.9 อย่างไร

ดังนั้นในตารางที่ 5.10 จึงเป็นผลที่ได้จากการทดลองปรับค่าต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง *b* เพื่อวิเคราะห์ผลที่เกิดต่อระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด เริ่มตั้งแต่ 5% ของต้นทุนผันแปรต่อหน่วย *(v)* เพิ่มขึ้นเป็น 7%, 10%, 20% และ 22% ตามลำดับ สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งทำให้ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (OSL) ส่วนใหญ่สูงขึ้น อธิบายได้ว่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวทำให้ค่าเสียโอกาสจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ *m* ที่สูงขึ้น (ปริมาณวัตถุดิบที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง β_m มีหน่วยเป็นปริมาณวัตถุดิบ เช่น ชิ้น คูณกับต้นทุนการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งแบบคงที่) ดังนั้นระดับ OSL จึงปรับสูงขึ้นเพื่อลดความเสี่ยงจากต้นทุนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองเปลี่ยน *b* ต่อระดับ OSL (หน่วย: ระดับการให้บริการ)

รูปแบบอุปสงค์		Erratic	Cycle	Erratic	Cycle	Erratic	Cycle	Erratic	Cycle
b		22%v		20%v		10%v		7%v	
(*C* = 0.1)	*a*10 : *v*10	99.95	99.95	99	99.95	98	99	96	98
	*a*10 : *v*100	99.95	99.95	99.95	99.95	99	99.95	97	99
	*a*500 : *v*10	99.95	99.95	99.95	99.95	99	99.95	99	99
	*a*100 : *v*10	99	99.95	99	99.95	98	98	95	96
	*a*10 : *v*500	99.95	99.95	99	99.95	98	99	96	98
(*C* = 0.3)	*a*500 : *v*10	99.95	99.95	99	99.95	98	99	96	97
	*a*100 : *v*10	99.95	99.95	99.95	99.95	99	99.95	98	99
	*a*10 : *v*10	99.95	99.95	99.95	99.95	99	99.95	98	99
	*a*10 : *v*100	99.95	99.95	99.95	99.95	98	99	95	97
	*a*10 : *v*500	99.95	99.95	99	99.95	98	99	96	97
(*C* = 0.6)	*a*500 : *v*10	99.95	99.95	99	99.95	98	99	97	98
	*a*100 : *v*10	99.95	99.95	99.95	99.95	99	99.95	99	99.95
	*a*10 : *v*500	99.95	99.95	99.95	99.95	99	99.95	99	99.95
	*a*500 : *v*10	99.95	99.95	99	99.95	98	99	98	97
	*a*100 : *v*10	99.95	99.95	99	99.95	98	99	98	98

ข้อค้นพบต่อมา ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของ *b* ก่อให้เกิดการเพิ่มระดับ OSL ในระดับที่แตกต่างกันภายใต้อุปสงค์ที่มีรูปแบบต่างกัน เช่น Cycle (*C*=0.1, *a*=10 และ *v*=10) ผลการทดลอง เมื่อ b = 5% ผลลัพธ์ OSL อยู่ที่ 98% และ Erratic (*C*=0.1, *a*=10 และ *v*=10) ผลลัพธ์ OSL อยู่ที่ 96% ในขณะที่เมื่อ *b* = 10% พบว่าผลการหาระดับ OSL ของ Cycle คงที่ แต่ Erratic ปรับเพิ่มเป็น 98%

งานวิจัยชิ้นนี้ยังพบว่าระดับ OSL ของสินค้าที่มีค่าพารามิเตอร์แตกต่างกัน มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของ *b* ต่างกัน เช่น ที่ *b* =5% ภายใต้อุปสงค์ Erratic ที่ค่าพารามิเตอร์ได้แก่ *C*=0.1 อัตราส่วนต้นทุน 1:1 และ 1:10 ผลการศึกษาพบ OSL อยู่ที่ระดับ 96% และ 97% แต่เมื่อเพิ่มค่า *b* เป็น 7% ระดับ OSL เปลี่ยนเป็น 97% และ 99% ซึ่งการตอบสนองต่อการเพิ่มจาก 5% เป็น 7% นั้นต่างกัน

ข้อสรุปของการทดลองเปลี่ยนต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ระดับ OSL ในหัวข้อที่ผ่านมา ได้แก่ สินค้าที่อุปสงค์มีรูปแบบต่างกัน และมีลักษณะสินค้า (ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง) คนละชนิด พบว่าตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งแตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังควรเพิ่มการพิจารณาต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งด้วยในขั้นตอนการแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อเพื่อกำหนดระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

5.3 บทสรุปของผลการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1. การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบเพิ่มเติมจากแบบจำลองดั้งเดิม เป้าหมายเพื่อลดข้อจำกัดของผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการแก้ปัญหาที่ในบางกรณีพบว่าระยะเวลาต่อเนื่องที่ใช้วัตถุดิบนั้นยาวนานเกินกว่าอายุของวัตถุดิบจะใช้ได้ เช่น วัตถุดิบบางชนิดอาจจะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้นานถึง 5 วัน แต่ในขณะเดียวกันวัตถุดิบบางชนิดใช้งานต่อเนื่องได้นานสูงสุดไม่เกิน 2 วัน เป็นต้น

2. การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อนำผลการศึกษาในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2 ที่ยืนยันว่าสินค้าสำรองสามารถลดความวุ่นวายได้จริง และหัวข้อที่ 4.3 การตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นนั้นทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์สูงขึ้นแต่ก็ทำให้ความน่าจะเป็นในการเกิดสินค้าค้างส่งลดลง ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงได้นำเสนอเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างสองประเด็นดังกล่าว ด้วยการพัฒนาบนพื้นฐานของต้นทุนค่าเสียโอกาสของการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่งจากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ *m* แต่คำสั่งซื้อที่แท้จริงสูงกว่าที่ระดับ *k* (หรือ *k>m*) ผลที่ได้ทำให้สามารถระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการศึกษาโดยใช้กรณีศึกษา

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ได้แก่ เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่เป็นต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ และผลการศึกษาในบทที่ 5 ได้แก่ การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใน 2 ประเด็นสำคัญได้แก่ การเพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบ และการพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (OSL) ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่เกิดจากการใช้ข้อมูลทดสอบ (Generated) นั้น

เนื้อหาในบทที่ 6 จะเป็นการนำผลการศึกษาดังกล่าวมาทดลองกับข้อมูลจริงที่ได้จากบริษัทกรณีศึกษา เพื่อทดลองว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงกับข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบินซึ่งอ่อนไหวต่อการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตหรือไม่ โดยเนื้อหาประกอบไปด้วย

6.1 ข้อมูลอุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน

6.2. ข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา

6.3. ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษา

6.4. ผลการเปรียบเทียบนโยบายปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษากับผลที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้

6.1 ข้อมูลอุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน

อุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน (Airline Catering Industry) บางครั้งเรียกว่า อาหารบนเที่ยวบิน (In-flight Meals) เริ่มครั้งแรกในปี ค.ศ. 1914 หรือ 10 ปีหลังจากพี่น้องตระกูลไรท์สร้างเครื่องบินเครื่องแรกของโลกได้สำเร็จ โดยการเกิดขึ้นของอาหารบนเที่ยวบินครั้งแรกเกิดขึ้นบนเรือเหาะ (Airship) ที่ชื่อว่า Zeppelin โดยเที่ยวบินนั้นมีการเสิร์ฟแชมเปญให้แก่ผู้โดยสารเป็นครั้งแรก ก่อนที่อาหารร้อน (Hot in-flight meal) จะมีการให้บริการแก่ผู้โดยสารบนเที่ยวบินครั้งแรกในปี ค.ศ.1920 [55] การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีเครื่องบินส่งผลให้สายการบินสามารถให้บริการบินในเส้นทางที่ไกลมากยิ่งขึ้น จากการบินเพียงระยะสั้นภายในประเทศ เป็นการบินในระยะไกลระหว่างทวีป ตลอดจนการเกิดขึ้นของเครื่องแบบโบอิ้ง (Boeing) 747 ที่มาพร้อมกับพื้นที่สำหรับจัดเตรียมอาหารบนเที่ยวบิน (Galley) ซึ่งการขนถ่ายอาหารและผู้โดยสารทำได้สะดวกมากขึ้น ทำให้ปัจจุบันผู้โดยสารสามารถเข้าถึงอุตสาหกรรมการบินได้มากขึ้นส่งผลให้อุตสาหกรรมการบินในปัจจุบันเข้าสู่ยุคที่เรียกว่า “Mass Passenger Era” ที่ซึ่งจำนวนเส้นทางการบินมีมากขึ้น จำนวนเที่ยวบินในแต่ละเส้นทางมีมากขึ้น และราคาถูกลงจนผู้คนส่วนใหญ่เข้าถึงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนผู้โดยสารทางอากาศในปี ค.ศ. 1999 มีจำนวน 10,213 ล้านคนทั่วโลก เพิ่มเป็น 19,122 ล้านคนในปี ค.ศ. 2013 ซึ่งเมื่อผู้โดยสารมากขึ้นเกือบหนึ่งเท่าตัวในรอบสิบปี อาหารบนเที่ยวบินในฐานะอุปสงค์สืบเนื่อง (Derived demand) จึงมีการขยายตัวในทิศทางเดียวกัน

อุตสาหกรรมอาหารด้านการบินเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีระบบปฏิบัติการที่ใหญ่และซับซ้อนมากที่สุด ผู้ให้บริการอาหารด้านการบินบางราย เช่น Singapore Airport Terminal Services (SATS) ซึ่งเป็นบริษัทลูกในเครือของสายการบินแห่งชาติสิงค์โปรตั้งอยู่ที่สนามบินชางฮีประเทศสิงค์โปร์ ปัจจุบันมีศักยภาพในการผลิตอาหารได้สูงถึงวันละ 80,000 ชุด ในขณะที่ครัวการบินไทย (บริษัทลูกในเครือสายการบินไทย) ระบุว่าปัจจุบันศักยภาพสูงสุดในการผลิตอยู่ที่ 87,000 ชุด Jones [59] ระบุว่า ผู้ให้บริการอาหารสายการบินส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับความท้าทายเดียวกันคือ สายการบินที่เป็นลูกค้าไม่สามารถให้คำสั่งซื้อยืนยันที่ระบุปริมาณอาหารบนเที่ยวบินที่ต้องการให้ผลิตได้จนกระทั่งเกือบถึงเวลาปิดเคาน์เตอร์เช็คอินที่สนามบิน ส่งผลให้ระบบการผลิตจำเป็นต้องปฏิบัติตามแผนดำเนินงานของ MPS ที่มีการวางแผนปริมาณการผลิตล่วงหน้าโดยอ้างอิงตัวเลขพยากรณ์ที่ได้จากการเก็บสถิติในอดีตเท่านั้น

6.2 ข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

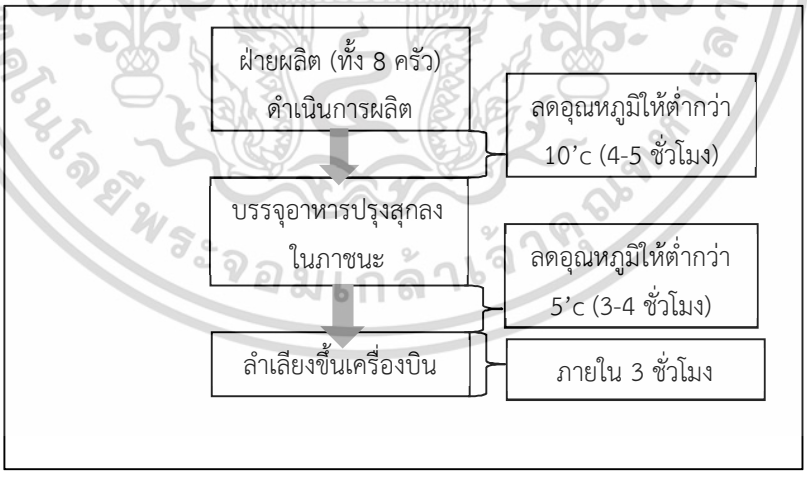
บริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบินโดยตั้งอยู่บริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ ปัจจุบันมีกำลังการผลิตสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 80,000 ชุดอาหาร (Meal) ต่อวัน โดยให้บริการทั้งอาหาร และไม่ใช่อาหาร (เช่น ผ้าห่ม หนังสือพิมพ์ เป็นต้น) ขั้นตอนการปฏิบัติงานเริ่มตั้งแต่เครื่องบินลงจอด (Landing) จนกระทั่งออก (Departure) จากสนามบิน โดยขั้นตอนการปฏิบัติงานเริ่มจากการผลิตอาหารบนเที่ยวบิน จากนั้นนำไปรวม (Assemble) กับสินค้าที่ไม่ใช่อาหาร จากนั้นขนส่งไปยังเครื่องบินเพื่อโหลดขึ้นเครื่องบิน และนำอาหารและสินค้าที่ใช้แล้วโหลดลงจากเครื่องเพื่อกลับมาทำความสะอาดและเตรียมพร้อมสำหรับใช้ในเที่ยวบินต่อไป แผนกผลิตของบริษัทกรณีศึกษาประกอบไปด้วยสองแผนกย่อย ได้แก่ ครัวร้อน และครัวเย็น โดยครัวร้อนทำหน้าที่ผลิตอาหารประมาณร้อยละ 60 ของปริมาณการผลิตต่อวัน เช่น อาหารจานหลัก (Main-course) ในขณะที่อีกร้อยละ 40 ผลิตโดยครัวเย็น เช่น สลัด และขนมหวาน เป็นต้น ปัจจุบันบริษัทให้บริการเที่ยวบินจำนวนมากกว่าร้อยเที่ยวบินต่อวัน การศึกษาในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลความต้องการต่อวัตถุดิบของเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียวของสายการบินอื่นๆ (OA) ที่ดำเนินการผลิตโดยครัวร้อนเท่านั้น

ตามที่ได้อธิบายภาพรวมกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินในประเทศไทยในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผู้ให้บริการอาหารด้านการบินไม่สามารถรอคำสั่งซื้อยืนยันที่ซึ่งเป็นปริมาณอาหารที่สายการบินต้องการว่าจ้างให้ผู้ให้บริการฯดำเนินการผลิตและจะจ่ายเงินเท่าปริมาณที่ระบุในคำสั่งซื้อยืนยันเท่านั้น เนื่องจากสายการบินสามารถให้คำสั่งซื้อยืนยันได้เพียงประมาณ 0-24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงก่อนเวลาบิน กล่าวคือ สายการบินในเครือฯส่วนใหญ่สามารถแจ้งล่วงหน้าได้ 24 ชั่วโมงตามข้อตกลงเนื่องจากใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและฐานข้อมูลเดียวกัน ส่งผลให้การบริหารจัดการทำได้ง่ายกว่า ในขณะที่สายการบินอื่นๆ ส่วนใหญ่ไม่สามารถแจ้งล่วงหน้าได้ 24 ชั่วโมง แต่จะอยู่ที่ประมาณ 0-12 ชั่วโมง จากการเก็บข้อมูลพบว่าช้าที่สุดอยู่ที่ 30 นาที (ตามเวลาเคาน์เตอร์เช็คอินปิด)

ทว่าขั้นตอนในการผลิตซึ่งถูกควบคุมโดยองค์กรภายนอก เช่น International Flight Services Association (IFSA), International Flight Catering Association (IFCA) มีข้อกำหนดด้านการผลิตที่สำคัญข้อ คือ ภายหลังจากอาหารปรุงสุกแล้วจำเป็นต้องมีการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Rapidly cooling) ให้เหลือต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่าขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหาร และเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสแล้วจึงทำการบรรจุ (Portion) ลงในบรรจุภัณฑ์ตามข้อตกลงของแต่ละสายการบิน ซึ่งภายหลังจากบรรจุแล้วต้องลดอุณหภูมิอีกครั้งหนึ่งให้ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสถึงจะสามารถลำเลียงขึ้นเครื่องบินได้ ขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาอีกประมาณ 3-4 ชั่วโมงตามแต่ชนิดอาหาร ดังแสดงในภาพที่ 6.1 รวมเฉพาะขั้นตอนการลดอุณหภูมิใช้เวลาประมาณ 7-8 ชั่วโมง ไม่รวมขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ การละลายน้ำแข็ง การหั่น ตัดแต่ง ให้อยู่ในรูปพร้อมปรุงสุก ดังนั้นสายการบินจึงต้องการได้รับคำสั่งซื้อยืนยันล่วงหน้าก่อน 24 ชั่วโมง เมื่อขั้นตอนการผลิตใช้เวลานานและคำสั่งซื้อยืนยันมาช้ากว่าระยะเวลาที่ต้องใช้ ผู้ให้บริการฯจึงต้องตัดสินใจดำเนินการผลิตตามแผนการผลิตที่กำหนด



ภาพที่ 6.1 ข้อบังคับด้านการผลิตที่ทำให้บริษัทกรณีศึกษาอ่อนไหวต่อความวุ่นวายในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการผลิตจะมีการออกเป็นรายงานล่วงหน้าประมาณ 7-15 วันก่อนเวลาบินเพื่อที่ฝ่ายจัดซื้อจะได้ดำเนินการจัดซื้อวัตถุดิบตามแผนการผลิต โดยเมื่อวัตถุดิบถูกจัดซื้อแล้วจะถูกเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะถูกเบิกเข้าสู่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ เช่น การละลายน้ำแข็ง ตัด แต่ง ให้อยู่ในสภาพตรงกับเงื่อนไขของสายการบินและพร้อมปรุงสุกมากที่สุด ดังนั้นในกรณีของเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบระดับเดียว เช่น สเต็ก ผู้ให้บริการฯ ต้องดำเนินการตัดสินใจกำหนดระดับวัตถุดิบที่ต้องการใช้ในแต่ละวันของรอบการผลิตนั้นๆ และกำหนดตารางวันที่จะดำเนินการเบิกวัตถุดิบที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการ เพื่อนำมาเตรียมให้อยู่ในรูปพร้อมปรุงสุก เนื่องจากไม่สามารถเบิกทุกครั้งที่มีคำสั่งซื้อยืนยันได้เพราะต้องการลดระยะเวลาในการผลิตให้มากที่สุด และไม่สามารถเบิกครั้งเดียวตั้งแต่วันแรกของรอบการผลิตและเตรียมให้อยู่ในรูปพร้อมปรุงสุกในปริมาณมากพอสำหรับทุกวันในรอบการผลิตเนื่องจากคุณภาพวัตถุดิบที่ผ่านการละลายน้ำแข็งและตัดแต่งแล้วเป็นเวลานานจะไม่ได้คุณภาพ ตลอดจนไม่สามารถกำหนดเป็นปริมาณว่าเมื่อวัตถุดิบพร้อมปรุงสุกเหลือปริมาณน้อยกว่าระดับที่กำหนดไว้ ให้ดำเนินการเบิกเนื่องจากความต้องการต่ออาหารด้านการบินเป็นเพียงตัวแปรสุ่มที่มีโอกาสเป็นค่าใดๆภายใต้ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นแบบสะสมในอดีตเพียงเท่านั้น

งานวิจัยชิ้นนี้จึงต้องการทดลองหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่ทำให้ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ใช้ในการผลิตต่ำที่สุดจากการหาผลลัพธ์แบบค่าคงที่ของตัวแปรตัดสินใจสองตัวได้แก่ ระดับวัตถุดิบสูงที่สุดในแต่ละช่วงเวลา และ ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบให้เท่ากับระดับสูงที่สุด ภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการ ตลอดจนหาระดับ OSL เหมือนที่ได้ทำการทดลองในบทที่ 4 บนข้อมูลทดสอบ และ ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในบทที่ 5

จากการเก็บข้อมูลจากฝ่ายพยากรณ์พบว่า ฝ่ายพยากรณ์จะออกรายงานพยากรณ์ของทั้งปริมาณผู้โดยสาร และปริมาณความต้องการในแต่ละเมนู หลังจากนั้นฝ่ายผลิตจะนำตัวเลขดังกล่าวไปกำหนดแผนการผลิตโดยกำหนดเป็นแผนความต้องการใช้วัตถุดิบในแต่ละช่วงเวลา ที่ซึ่งรอบการวางแผนของบริษัทกรณีศึกษามีระยะเวลา 7 วัน (จันทร์ - อาทิตย์) โดยที่ความต้องการใช้วัตถุดิบในแผนการผลิตนั้นเป็นเพียงค่าคาดการณ์ที่มีการกระจายตัวแบบปกติ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลความต้องการวัตถุดิบของเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบระดับเดียว พร้อมทั้งค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการทดลองโดยใช้ข้อมูลแบบกำหนดเองโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์และค่าพารามิเตอร์ของบริษัทกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง

ระดับบริการ/สินค้า		ค่าคาดการณ์อุปสงค์ในแต่ละช่วงเวลา (*t*)							$C=\sigma_t/\mu_t$	*v*	*h*	*a*	*b*
		1	2	3	4	5	6	7					
ชั้นประหยัด	เมนู A	1,000	1,057	950	1,000	988	921	928	0.1	20	1	10	5% ของ *v*
	เมนู B	500	460	520	600	400	350	390	0.1	20	1	10	
	เมนู C	570	400	480	540	770	870	450	0.2	20	1	10	
	เมนู D	106	104	84	117	114	136	164	0.2	20	1	10	
เฟิร์สคลาส	เมนู E	61	53	65	61	52	54	54	0.2	100	1	100	10% ของ *v*
	เมนู F	60	55	62	74	80	62	55	0.3	100	1	100	
	เมนู G	50	38	45	69	69	45	35	0.3	200	1	100	
	เมนู H	70	75	62	55	50	97	95	0.3	300	1	500	

ตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นถึงค่าคาดการณ์อุปสงค์ต่อวัตถุดิบใน 8 ชนิดสินค้าที่ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาระบุว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ โดยเมนู A-D เป็นเมนูอาหารสำหรับการให้บริการในชั้นประหยัด ในขณะที่เมนู E-G เป็นเมนูสำหรับชั้นเฟิร์สคลาส ทั้งนี้ข้อมูลค่าคาดการณ์อุปสงค์ในตารางที่ 4.23 และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของข้อมูล (C) เป็นตัวเลขจริง ของเมนูที่มีการผลิตและให้บริการบนเที่ยวบินจริง อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดในการเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุน ส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ด้านต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ต้นทุนสั่งซื้อ ต้นทุนต่อหน่วย และต้นทุนถือครอง บริษัทกรณีศึกษาให้ได้เพียงตัวเลขในเชิงเปรียบเทียบ เช่น ต้นทุนต่อหน่วยของเมนู G สูงกว่าต้นทุนต่อหน่วยของเมนู E อยู่ที่ประมาณ 1 เท่าตัว และสูงกว่าต้นทุนต่อหน่วยของเมนู A อยู่ที่ประมาณ 20 เท่า งานวิจัยชิ้นนี้จึงใช้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวตามการเปรียบเทียบของบริษัทกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

เมนู A, B และ C เป็นเมนูที่ให้บริการในชั้นประหยัดและมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำ (v=20) ต้นทุนการสั่งซื้อต่ำ (a=10) และมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของอุปสงค์ต่ำ (C=0.1) เป็นเมนูที่มีโครงสร้างวัตถุดิบแบบระดับเดียว แต่เป็นเมนูพื้นฐานที่สามารถถูกนำไปใช้ผลิตต่อในรายการอาหารที่มีโครงสร้างวัตถุดิบหลายระดับ จึงมีการรวมคำสั่งซื้อจากหลายเที่ยวบินเข้าด้วยกันให้อยู่ภายใต้รายการผลิตเดียวกัน โดยเมนู A มีขนาดของอุปสงค์ที่สูงกว่าเมนู B เช่น เมนู A ได้แก่ แครอทต้ม ในขณะที่เมนู B ได้แก่ ไข่ต้ม เป็นต้น ในขณะที่เมนู C เป็นเมนูที่มีความไม่แน่นอนของอุปสงค์สูงขึ้น (C=0.2) เป็นเมนูที่มีการสั่งเป็นพิเศษแต่เป็นเมนูพิเศษที่มีการสั่งบ่อยและทุกเที่ยวบินจะใช้ชนิดเดียวกันจึงสามารถรวมคำสั่งซื้อให้อยู่ภายใต้รายการผลิตเดียวกันได้ เช่น อาหารสำหรับเด็กอายุ 2 ปีขึ้นไป (Child meal หรือ CHML) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เมนู D เป็นเมนูในชั้นประหยัดที่ให้บริการในเส้นทางที่มีการแข่งขันสูง เช่น มีสายการบินหลายรายทำการบินในจำนวนหลายเที่ยวบินต่อวัน เช่น กรุงเทพฯ-ฮ่องกง เป็นต้น ส่งผลให้ปริมาณผู้โดยสารในแต่ละเที่ยวบินค่อนข้างไม่แน่นอน และส่งผลให้คำสั่งซื้อยืนยันไม่คงที่ (C=0.2)

เมนู E เมนู F และเมนู G เป็นเมนูสำหรับการบริการในชั้นเฟิร์สคลาสที่ซึ่งต้นทุนต่อหน่วย และต้นทุนการสั่งซื้อสูงกว่าชั้นประหยัด นอกจากนี้ขนาดของอุปสงค์ยังต่ำกว่าด้วยอันเนื่องมาจากปริมาณที่นั่งชั้นเฟิร์สคลาสในแต่ละเที่ยวบินมีจำนวนน้อย และจำนวนผู้โดยสารในชั้นเฟิร์สคลาสในแต่ละเที่ยวบินค่อนข้างแตกต่าง ทำให้ความไม่แน่นอนของอุปสงค์สูง (C=0.3) เมนู E เป็นตัวอย่างเมนูที่มีความไม่แน่นอนต่ำกว่าเมนูอื่นๆในชั้นเฟิร์สคลาส โดยเป็นเมนูที่ผู้โดยสารส่วนใหญ่นิยม เช่น เมนูสลัดที่มีเนื้อสัตว์นำเข้าโรยหน้า หรือเมนูสเต็กเนื้อนำเข้า เป็นต้น ในขณะที่เมนู F และG มีความแตกต่างสำคัญได้แก่ต้นทุนต่อหน่วย (v=100 และ 200) ตามลำดับ ตัวอย่างเมนู F ได้แก่ ซี่โครงแกะอบ ในขณะที่เมนู G ได้แก่ กุ้งมังกร (Lobster) เป็นต้น

เมนู A – G เป็นเมนูที่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีอายุในการจัดเก็บหลังจากนำเข้าสู่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบตามข้อบังคับ HACCP สูงสุดที่ 72 ชั่วโมง (ตามที่ได้มีการอธิบายในบทที่ 1) ในขณะที่เมนูสุดท้าย ได้แก่ เมนู H ที่ซึ่งเป็นเมนูที่วัตถุดิบที่ต้นทุนสั่งซื้อ และต้นทุนต่อหน่วย สูงที่สุดนั้นมีอายุวัตถุดิบสูงสุดไม่เกิน 48 ชั่วโมง ยกตัวอย่างเช่น เห็ดนำเข้าบางชนิดที่มีมูลค่าแพงและอายุใช้งานสั้น เช่น ทรัฟเฟิล

ผลการศึกษาได้แก่ เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตบนระดับการให้บริการ 11 ระดับที่แสดงต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด ตลอดจนระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาในบทที่ 5 นั้นมีการนำเสนอในหัวข้อที่ 6.3 ดังต่อไปนี้

6.3 ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษา

ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษาประกอบไปด้วยเนื้อหาใน 2 ส่วนหลักได้แก่ 6.3.1 เซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตบนระดับการให้บริการ 11 ระดับที่แสดงต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด และ 6.3.2 ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละสินค้า มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.3.1 เซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต

ข้อมูลจริงที่ได้จากบริษัทซึ่งแสดงในตารางที่ 6.1 นั้นจะถูกนำไปหาผลลัพธ์แบบสแน๊ปชอตใน 11 ระดับการให้บริการตามขั้นตอนที่ได้มีการนำเสนอในบทที่ 4 โดยผลการศึกษาที่ได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบให้อยู่ในรูปของร้อยละของต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดที่เปลี่ยนไปจากระดับการให้บริการที่ 0.9000 จนกระทั่งถึงระดับการให้บริการสูงที่สุดที่ 0.9995 สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 6.2 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

ระดับการให้บริการ	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมคาดการณ์ (%)							
	ชั้นประหยัด Economy Class				ชั้นเฟิร์สคลาส First Class			
	เมนู A	เมนู B	เมนู C	เมนู D	เมนู E	เมนู F	เมนู G	เมนู H
0.9000	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9100	0.12	0.09	0.17	0.27	0.25	0.24	0.28	0.19
0.9200	0.22	0.21	0.35	0.43	0.27	0.47	0.57	0.39
0.9300	0.35	0.34	0.58	0.88	0.52	0.71	0.58	0.59
0.9400	0.49	0.47	0.82	1.12	0.78	1.15	0.87	0.79
0.9500	0.66	0.60	1.10	1.54	1.04	1.40	1.16	0.99
0.9600	0.84	0.78	1.44	2.08	1.30	1.85	1.45	1.38
0.9700	1.09	0.99	1.82	2.64	1.58	2.32	2.02	1.77
0.9800	1.40	1.29	2.36	3.47	2.10	3.00	2.60	2.17
0.9900	1.89	1.75	3.18	4.70	2.88	3.93	3.19	2.94
0.9995	3.63	3.35	6.16	9.00	5.74	7.57	6.36	5.66
Optimal Service Level	0.970	0.970	0.970	0.950	0.980	0.990	0.990	0.980

ตารางที่ 6.2 แสดงต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุดจากผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต โดยได้สรุปให้อยู่ในรูปของการเปรียบเทียบร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเทียบกับระดับ 0.900 ซึ่งทางบริษัทกรณีศึกษาระบุว่าเป็นระดับการให้บริการเป้าหมาย (ยอมให้คำสั่งซื้อยืนยันมีโอกาสสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ได้ไม่เกิน 10%) ทั้งนี้เมนู H มีการหาผลลัพธ์ด้วยการใช้แบบจำลองที่เพิ่มเงื่อนไขเรื่องอายุของวัตถุดิบเนื่องจากผลที่ได้จากแบบจำลองเดิมไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขอายุที่สามารถใช้ได้ไม่เกิน 2 วัน

ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองโดยการใช้ข้อมูลทดสอบ กล่าวคือ ต้นทุนในการมีการผลิตที่ระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายในแต่ละสินค้านั้นแตกต่างกันไป เช่น เมนู A อยู่ที่ 3.63% ในขณะที่ เมนู F อยู่ที่ 7.57% เทียบกับระดับ 0.900 นอกจากนี้ระดับ OSL ของแต่ละเมนูก็พบว่ามีความแตกต่างกัน

ความแตกต่างจากการทดลองโดยข้อมูลจริงกับชุดข้อมูลทดสอบ ได้แก่ เมนูที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น เมนู A เมนู B เมนู C ผลการหาระดับ OSL นั้นพบว่าอยู่ที่ระดับเดียวกัน ซึ่งความแตกต่างเดียวที่มีระหว่างเมนู A เมนู B เมนู C และ ระหว่างเมนู F กับ เมนู G คือ ขนาดของอุปสงค์ ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่าขนาดของอุปสงค์ที่แตกต่างกัน (ภายใต้ค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ชนิดเดียวกัน) ไม่ส่งผลต่อระดับ OSL ของสินค้าหรือเมนูนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 เปรียบเทียบนโยบายปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษากับผลของการวิจัย

นอกเหนือไปจากผลการศึกษาในตารางที่ 6.2 แล้ว งานวิจัยชิ้นนี้ยังได้เก็บข้อมูลจากผู้จัดการฝ่ายผลิตของบริษัทกรณีศึกษา โดยพบว่าปัจจุบันฝ่ายผลิตใช้วิธีการแก้ปัญหาผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตด้วยการเพิ่มปริมาณสินค้าสำรองไปจากยอดพยากรณ์ที่ได้จากฝ่ายผลิตอีกร้อยละ 20 โดยเป้าหมายของบริษัทต้องการให้ระดับการให้บริการอยู่ที่ร้อยละ 90 (ปัจจุบันบริษัทไม่ได้มีวิธีในการประเมินผลที่ชัดเจนว่าสามารถให้บริการได้ที่ระดับใด แต่เป้าหมายคือต้องการเพิ่มสินค้าสำรองเนื่องจากยอมรับให้มีโอกาสที่คำสั่งซื้อจะมากกว่าปริมาณการผลิตตามแผนได้ 10%)

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงจะทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ในระดับการให้บริการเดียวกัน คือ 0.9000 โดยจะใช้ค่า $E\{R_t\}$ ของบริษัทกรณีศึกษามาจากค่าคาดการณ์อุปสงค์แล้วบวกเพิ่มสินค้าสำรองไปอีกร้อยละ 20 ในขณะที่ของงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้ค่าที่ได้จากการแก้ปัญหา MILP ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ผลการเปรียบเทียบนโยบายปัจจุบันของบริษัทกับนโยบายของงานวิจัยชิ้นนี้

สินค้า/ นโยบาย	**ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ $E\{R_t\}$ ของทั้งสองวิธี (หน่วย:ชิ้น) และความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อแท้จริงจะสูงกว่าระดับที่เตรียมไว้ $P(x_t > E\{R_t\})$ (%)**						
	1	2	3	4	5	6	7
เมนู A							
20% สำรอง	1,200	1,268	1,140	1,200	1,186	1,105	1,114
(นโยบายบริษัท)	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%
อพลวัตร-พลวัตร	1219	1193	1072	1129	1115	1039	1047
(นโยบายเสนอใหม่)	1.4%	9.9%	10%	9.9%	9.9%	10%	10%
เมนู B							
20% สำรอง	600	552	624	720	480	420	468
(นโยบายบริษัท)	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%
อพลวัตร-พลวัตร	564	519	587	677	451	395	440
(นโยบายเสนอใหม่)	10%	10%	9.9%	10%	10%	9.9%	10%
เมนู C							
20% สำรอง	684	480	576	648	924	1,044	540
(นโยบายบริษัท)	15.9%	15.9%	15.9%	15.9%	15.9%	15.9%	15.9%
อพลวัตร-พลวัตร	716	503	603	679	968	1,094	566
(นโยบายเสนอใหม่)	10%	9.9%	10%	9.9%	9.9%	9.9%	9.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) ผลการเปรียบเทียบนโยบายปัจจุบันของบริษัทกับนโยบายของงานวิจัยชิ้นนี้ (ต่อ)

รายละเอียด	**ระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ $E\{R_t\}$ ของทั้งสองวิธี (หน่วย:ชิ้น) และความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อแท้จริงจะสูงกว่าระดับที่เตรียมไว้ $P(x_t > E\{R_t\})$ (%)**						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
เมนู D							
20% สำรอง	127	125	100	140	172	163	196
(นโยบายบริษัท)	17%	15.9%	17.3%	16.9%	16.7%	16.7%	16.6%
อพลวัตร-พลวัตร	133	131	105	147	180	171	206
(นโยบายเสนอใหม่)	9.9%	9.9%	10%	9.6%	10%	10%	10%
เมนู E							
20% สำรอง	73	64	78	73	62	65	65
(นโยบายบริษัท)	16.3%	15%	15.9%	16.3%	16.8%	15.4%	15.4%
อพลวัตร-พลวัตร	135	74	149	84	125	73	68
(นโยบายเสนอใหม่)	0%	2.4%	0%	3%	0%	3.9%	9.7%
เมนู F							
20% สำรอง	72	66	74	89	96	74	66
(นโยบายบริษัท)	25.2%	25.2%	25.9%	25%	25.2%	25.9%	25.2%
อพลวัตร-พลวัตร	146	86	173	111	181	101	76
(นโยบายเสนอใหม่)	0%	3%	0%	4.8%	0%	1.8%	10%
เมนู G							
20% สำรอง	60	46	54	83	83	54	42
(นโยบายบริษัท)	25.2%	24.1%	25.2%	24.9%	24.9%	25.2%	25.2%
อพลวัตร-พลวัตร	112	62	146	101	106	77	48
(นโยบายเสนอใหม่)	0%	1.8%	0%	6.1%	3.7%	0.9%	10.8%
เมนู H							
20% สำรอง	84	90	74	66	60	116	114
(นโยบายบริษัท)	25.2%	25.7%	26.4%	25.9%	25.2%	25.4%	25.6%
อพลวัตร-พลวัตร	185	115	149	87	189	139	113
(นโยบายเสนอใหม่)	0%	4.1%	0	3%	0%	7.4%	26.7%

ผลการศึกษาในตารางที่ 6.3 เป็นการเปรียบเทียบนโยบายในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิตระหว่างนโยบายปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาที่ทำการเพิ่มปริมาณการผลิตร้อยละ 20 (เป็นค่าที่ได้จากการใช้ประสบการณ์ของผู้จัดการฝ่ายผลิต) ไปจากค่าคาดการณ์ (ค่าพยากรณ์โดยฝ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยากรณ์) ในขณะที่นโยบายที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้ได้จากการนำเซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้กลยุทธ์อพลวัตร-พลวัตร และทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงกว่า $E\{R_t\}$

ตัวอย่างเช่น เมนู A ในช่วงเวลา t=1 ค่าคาดการณ์อุปสงค์เท่ากับ 1,000 นโยบายปัจจุบันของบริษัทคือกำหนดระดับวัตถุดิบสูงสุดที่ 1,200 หน่วย ในขณะที่ระดับวัตถุดิบสูงสุดจากผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตเท่ากับ 1,219 หน่วย โดยความน่าจะเป็นคิดจากสมการ (4.14 – 4.15) ผลการศึกษาในตารางที่ 6.3 พบว่าเมนู A และเมนู B นโยบายปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ในขณะที่อีก 5 เมนู C, D, E, F, G และ H นโยบายที่ได้จากผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

6.4 สรุปผลการศึกษาโดยการใช้บริษัทกรณีศึกษา

การทดลองโดยใช้ข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮ้าส์แห่งหนึ่งในประเทศไทยมีการสรุปผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 6.4 – 6.5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.4 สรุปข้อค้นพบในส่วนข้อมูลกำหนดเอง

รูปแบบของอุปสงค์	ความไม่แน่นอนของอุปสงค์ $C=\frac{\sigma}{\mu}$	พารามิเตอร์ด้านต้นทุนแบบคงที่		ข้อค้นพบ		
		ต้นทุนสั่งซื้อ	ต้นทุนต่อหน่วย	ต้นทุนระบบ Nervousness Impact-free	ต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งแบบคงที่	ระดับ OSL
Cycle (เริ่มจากต่ำไปสูงและลดลง)	ต่ำ (C = 0.1)	ต่ำ (a =10)	ต่ำ (v =10)	3	ต่ำ (5%)	98
			กลาง (v =100)	1.24	กลาง (10%)	99
			สูง (v =500)	1.09		
		กลาง (a =100)	ต่ำ (v =10)	2.93	สูง (22%)	99.5
		สูง (a =500)		3.09		
	กลาง (C = 0.3)	ต่ำ (a =10)	ต่ำ (v =10)	8.64	ต่ำ (5%)	99.5
			กลาง (v =100)	3.67	กลาง (10%)	99.5
			สูง (v =500)	3.21		
		กลาง (a =100)	ต่ำ (v =10)	8.45	สูง (22%)	99.5
		สูง (a =500)		7.95		
	สูง (C = 0.6)	ต่ำ (a =10)	ต่ำ (v =10)	16.4	ต่ำ (5%)	97
			กลาง (v =100)	7.2	กลาง (10%)	99.95
			สูง (v =500)	6.3		
		กลาง (a =100)	ต่ำ (v =10)	14.7	สูง (22%)	99.5
		สูง (a =500)		16		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 (ต่อ) สรุปข้อค้นพบในส่วนข้อมูลกำหนดเอง

รูปแบบของอุปสงค์	ความไม่แน่นอนของอุปสงค์ $C = \frac{\sigma}{\mu}$	พารามิเตอร์ด้านต้นทุนแบบคงที่		ข้อค้นพบ		
		ต้นทุนสั่งซื้อ	ต้นทุนต่อหน่วย	ต้นทุนระบบ Nervousness Impact-free	ต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งแบบคงที่	ระดับ OSL
Erratic (ไม่มีทิศทางที่ชัดเจน)	ต่ำ (C = 0.1)	ต่ำ (a =10)	ต่ำ (v =10)	4.15	ต่ำ (5%)	96
			กลาง (v =100)	2.43	กลาง (10%)	98
			สูง (v =500)	2.27		
		กลาง (a =100)	ต่ำ (v =10)	4.07	สูง (22%)	99.95
		สูง (a =500)		4.12		
	กลาง (C = 0.3)	ต่ำ (a =10)	ต่ำ (v =10)	11.82	ต่ำ (5%)	96
			กลาง (v =100)	7.06	กลาง (10%)	99
			สูง (v =500)	6.62		
		กลาง (a =100)	ต่ำ (v =10)	11.6	สูง (22%)	99.95
		สูง (a =500)		11.31		
	สูง (C = 0.6)	ต่ำ (a =10)	ต่ำ (v =10)	22	ต่ำ (5%)	96
			กลาง (v =100)	13.5	กลาง (10%)	99
			สูง (v =500)	12.7		
		กลาง (a =100)	ต่ำ (v =10)	20.1	สูง (22%)	99.5
		สูง (a =500)		21.6		

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการศึกษาของงานวิจัยชิ้นนี้ในส่วนที่เป็นข้อมูลกำหนดเองสามารถสรุปเป็นข้อค้นพบที่สำคัญได้ดังนี้ 1) ในการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังเพื่อลดผลกระทบจากความวุ่นวาย สินค้าที่มีรูปแบบอุปสงค์ต่างกันควรกำหนดระดับสินค้าสูงสุดและช่วงเวลาในการเติมสินค้าให้แตกต่างกัน 2) สินค้าที่มีอุปสงค์รูปแบบเดียวกัน งานวิจัยชิ้นนี้ค้นพบว่าภายใต้ลักษณะของสินค้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ด้านต้นทุนที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ไม่ควรกำหนดนโยบายสินค้าเหมือนกันทั้งหมดภายในกลุ่มที่อุปสงค์มีรูปแบบเดียวกัน 3) การตัดสินใจเลือกระดับการให้บริการสำหรับเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนั้นไม่สามารถใช้เหมือนกันทั้งหมดในทุกสินค้าแต่ควรใช้เครื่องมือที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้ในการหาระดับ OSL แยกเป็นรายสินค้า 4) การหาผลลัพธ์ในรูปของเซ็ตคำตอบแบบสแน็ปชอตในเซ็ตของระดับการให้บริการสามารถช่วยให้รวบรวมทางเลือกในการตัดสินใจได้ในทุกรูปแบบเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นตลอดจนช่วยให้สามารถระบุต้นทุนการมีระบบการผลิตแบบไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายได้ ในส่วนของข้อค้นพบจากการใช้ข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษาสรุปในตารางที่ 6.5 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 สรุปข้อค้นพบในข้อมูลจริงของกรณีศึกษาอุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน

ลักษณะของสินค้า	ความไม่แน่นอนของอุปสงค์ $C = \frac{\sigma}{\mu}$	ต้นทุนระบบ Nervousness Impact-free (%)	ต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งแบบคงที่	ระดับ OSL
สินค้าสำหรับการให้บริการในชั้นประหยัด เป็นสินค้าที่สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในหลายเมนู จึงมีขนาด อุปสงค์ค่อนข้างสูง ต้นทุนต่ำ	0.1	3.63	ร้อยละ 5 ของต้นทุนต่อหน่วย ($0.05v$)	97
	0.2	6.16		97
สินค้าสำหรับให้บริการในชั้นธุรกิจและเฟิร์สคลาส ขนาดอุปสงค์ต่ำเนื่องจากเป็นเมนูเฉพาะ ต้นทุนสูง	0.2	5.74	ร้อยละ 10 ของต้นทุนต่อหน่วย ($0.1v$)	99
	0.3	7.54		99

ตารางที่ 6.5 เป็นผลการสรุปข้อค้นพบจากการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ โดยข้อค้นพบสำคัญสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) ผู้ให้บริการอาหารด้านการบินไม่ควรกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังในการลดผลกระทบจากความวุ่นวาย (เช่น ระดับวัตถุดิบสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเติมวัตถุดิบ) เหมือนกันในสินค้าที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2) ไม่ควรกำหนดระดับการให้บริการเดียวกันทั้งหมดในทุกชนิดสินค้า 3) ต้นทุนการเกิดสินค้าค้างส่งมีผลต่อระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดในการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบ

ภาพที่ 6.2 กระบวนการหาระดับ OSL ที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.2 เป็นการสรุปกระบวนการในการหาระดับ OSL ที่มีการนำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้ซึ่งได้ผ่านการทดสอบทั้งในส่วนของข้อมูลทดสอบ และข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์ ดังนั้นถ้าหากต้องการนำกระบวนการในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ สามารถดำเนินการตามนี้

1) ทำการยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายด้วยการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการผลิตตามแผนและปริมาณการผลิตจริง ขั้นตอนนี้เปรียบได้กับการพิสูจน์ในขั้นต้นว่าอุตสาหกรรมที่กำลังทำการศึกษาอยู่นั้นประสบปัญหาที่เกิดขึ้นจากความวุ่นวายในการผลิตจริง ถ้าหากไม่พบความวุ่นวาย เช่น นโยบายดำเนินการผลิตตามแผนการผลิตเท่านั้นไม่ปรับเปลี่ยนตามคำสั่งซื้อ แสดงว่าอุตสาหกรรมนั้นๆ ไม่ได้รับผลกระทบจากความวุ่นวายจึงไม่จำเป็นต้องดำเนินการในขั้นตอนที่ 2 ต่อ

2) กำหนดเซ็ตของระดับการให้บริการที่ต้องการศึกษา เช่น จากระดับปัจจุบันจนถึงระดับสูงที่สุดที่ความน่าจะเป็นที่อุปสงค์จะมีค่ามากกว่าการผลิต/เตรียมวัตถุดิบ ที่ระดับดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากแนวทางที่นำเสนอในงานชิ้นนี้จะดำเนินการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตที่ซึ่งเป็นกระบวนการหาคำตอบแบบค่าคงที่จากการแปลงข้อมูลความน่าจะเป็น ด้วยการใช้แบบจำลอง Tarim and Kingman [37] ดังนั้นผลลัพธ์ที่เป็นการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ต้นทุนรวมในการผลิตต่ำที่สุดจากการตัดสินใจผลิตในแต่ละระดับการให้บริการภายในเซ็ตที่กำหนดขึ้น จะทำให้เห็นถึงทางเลือกในการตัดสินใจ เนื่องจากทุกระดับการให้บริการที่สูงขึ้นจะมีต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตที่สูงขึ้น แต่แลกมากับความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะมากกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้นั้นลดลงด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ในกรณีที่แบบจำลองเดิมไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขอายุของวัตถุดิบ ให้นำเงื่อนไขเพิ่มเติมที่พัฒนาขึ้นในบทที่ 5 เพิ่มไปในแบบจำลองเพื่อให้รองรับเงื่อนไขดังกล่าว

3) เมื่อได้เซ็ตของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตดังขั้นตอนที่ 2 แล้ว ลำดับต่อไปให้คำนวณหาโอกาสในการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง (อุปสงค์มากกว่าระดับวัตถุดิบที่เตรียมไว้ตามแผนการผลิต) จากการเลือกตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบในแต่ละระดับ จากนั้นหาผลรวมของต้นทุนรวมคาดการณ์จากการตัดสินใจเตรียมวัตถุดิบที่ระดับให้บริการนั้นๆ รวมกับต้นทุนโอกาสในการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง (หน่วย: สกุลเงิน) ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ ระดับการให้บริการที่มีผลรวมต้นทุนทั้งสองต่ำที่สุด

กระบวนการหาคำตอบดังภาพที่ 6.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทุกอุตสาหกรรมเนื่องด้วยการหาเซ็ตของคำตอบแบบสแน็ปชอตที่นำเสนอนั้นสามารถดำเนินการได้โดยโปรแกรม Solver ทั่วไป ตลอดจนขั้นตอนที่นำเสนอนั้นถูกปรับให้อยู่ในรูปของกระบวนการที่ไม่ได้เฉพาะเจาะจงสำหรับอุตสาหกรรมใดอุตสาหกรรมหนึ่ง (Generalization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal service level หรือ OSL) จากเซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดกับผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต อันเนื่องมาจากคำสั่งซื้อยืนยันมีมากกว่าปริมาณการผลิตตามแผนการผลิต (MPS) ซึ่งก่อนที่จะสามารถพัฒนาเครื่องมือดังกล่าวได้นั้นจะต้องทำการศึกษาในวัตถุประสงค์ย่อยดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ที่หนึ่ง ได้แก่ การวัดระดับความวุ่นวายในการผลิตเพื่อยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวาย ตลอดจนเพื่อนำค่าความวุ่นวายดังกล่าวไปทดลองหาความสัมพันธ์ทางสถิติกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้านการผลิตเพื่ออธิบายถึงสาเหตุของความวุ่นวายและแนวทางในการแก้ปัญหา ผลการศึกษาด้วยการใช้แบบจำลองของ Pujwan [1] โดยเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปริมาณการผลิตตามแผน และปริมาณการผลิตจริง ใน 2 รอบแผนการผลิต รอบละ 7 วันพบว่า มีความวุ่นวายจริงโดยจะสูงที่สุดในช่วงวันที่ 1-3 ของรอบแผนการผลิตก่อนที่จะลดลง ซึ่งจากการนำตัวเลขดังกล่าวไปทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติกับปัจจัยทางด้านการผลิตได้แก่ ปริมาณรวมการผลิต ความแม่นยำในการพยากรณ์ และปริมาณสินค้าสำรอง ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณสินค้าสำรองมีความสัมพันธ์เชิงลบแบบมีนัยยะสำคัญทางสถิติกับความวุ่นวาย หรือสรุปได้ว่าสินค้าสำรองสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการลดความวุ่นวายในการผลิตได้

ผลการศึกษาขั้นต้นนำไปสู่วัตถุประสงค์ที่สองในการศึกษา ได้แก่การแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็น (Stochastic lot-sizing problem) ภายใต้อุปสงค์แบบความน่าจะเป็นชนิดไม่คงที่ (Non-stationary stochastic) เพื่อหาระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเติมวัตถุดิบ ที่ทำให้ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์มีต้นทุนรวมคาดการณ์ต่ำที่สุด และไม่ละเมิดเงื่อนไขระดับการให้บริการ ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นขั้นต่ำที่สุดที่ระดับสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาจะไม่ติดลบ อันเนื่องมาจากอุปสงค์แท้จริงมีค่ามากกว่าวัตถุดิบที่เตรียมไว้สำหรับการผลิต ด้วยการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต (Snapshot solution) โดยผลลัพธ์ทั้งหมดใช้แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มกึ่งผสม (Mixed integer linear programming หรือ MILP) ของ Tarim and Kingsman [37] ในการแก้ปัญหา บนชุดข้อมูลทดสอบ (Generated) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการหาผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต ได้แก่ ค่าคาดการณ์อุปสงค์ ค่าพารามิเตอร์ด้านต้นทุนแบบคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของข้อมูล และเซ็ทของระดับการให้บริการแบบคงที่ทั้งหมด 11 ระดับการให้บริการตั้งแต่ต่ำที่สุดที่ระดับ 0.900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนถึง 0.9995 ที่ซึ่งกำหนดให้เป็นระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (Nervousness impact-free) ผลการศึกษาพบว่าสินค้าที่มีลักษณะต่างกัน (ค่าพารามิเตอร์ต่างกัน) รูปแบบของอุปสงค์ต่างกัน ระดับความไม่แน่นอนของอุปสงค์ต่างกัน พบว่ามีต้นทุนในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายจากการตัดสินใจผลิตในระดับการให้บริการที่ต่ำที่สุดเพิ่มจนถึงระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายแตกต่างกันตั้งแต่ 1% - 21%

ผลการศึกษาในวัตถุประสงค์ข้อที่สองนอกจากจะเป็นงานวิจัยชิ้นที่มีการนำเสนอวิธีการวัดต้นทุนของการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนรวมคาดการณ์ที่ต่ำที่สุด จากเซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้กลยุทธ์แบบ อพวัตร-พลวัตร (Static-Dynamic) ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆ นิยมวัดต้นทุนด้วยการเปรียบเทียบกับกลยุทธ์แบบอพลวัตรที่ถูกนิยามว่าไร้ผลกระทบจากความวุ่นวายด้วยคำนิยาม ข้อค้นพบที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งได้แก่ สินค้าที่มีลักษณะแตกต่างกันไม่ควรใช้นโยบายสินค้าคงคลังในการลดความวุ่นวายเหมือนกัน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลดความน่าจะเป็นที่คำสั่งซื้อยืนยันจะสูงกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดนั้นแตกต่างกัน

จากข้อค้นพบดังกล่าวนำมาสู่วัตถุประสงค์ข้อที่สามที่ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยชิ้นนี้ ได้แก่ การพัฒนาเครื่องมือเพื่อระบุระดับการให้บริการที่เหมะสมที่สุด (OSL) เนื่องจากเซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตแสดงให้เห็นว่า ในทุกระดับการให้บริการที่สูงขึ้นสามารถช่วยลดโอกาสในการเกิดผลกระทบจากความวุ่นวายได้จริง โดยแลกมากับ (Tradeoff) ต้นทุนรวมคาดการณ์ที่สูงขึ้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องมือบนพื้นฐานของแนวความคิดของ Nakashima et al. [44] ได้แก่การเปรียบเทียบต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการเกิดต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่ง (Backlog cost) จากการตัดสินใจผลิตที่ระดับการให้บริการ n แต่คำสั่งซื้อยืนยัน (ได้รับภายหลังการผลิต) สูงกว่าหรือเท่ากับระดับการให้บริการ k ผลการศึกษาสามารถตอบวัตถุประสงค์หลักได้แก่ ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดและความวุ่นวาย นอกจากนี้ยังพบว่าสินค้าที่มีลักษณะแตกต่างกันจะมีระดับ OSL ที่ต่างกัน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้นโยบายเดียวกันในทุกสินค้า

วัตถุประสงค์ข้อที่สองและสามเป็นการทดลองบนข้อมูลทดสอบ งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ทำการทดลองใช้กับข้อมูลจริงโดยการใช้บริษัทกรณีศึกษา (Case study) ได้แก่ บริษัทผู้ให้บริการอาหารด้านการบินแบบอินเฮาส์แห่งหนึ่งในประเทศไทย (Inhouse catering) เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีความอ่อนไหวต่อความวุ่นวายอย่างมาก ผลการวิเคราะห์กระบวนการผลิตพบว่าเงื่อนไขด้านการผลิตหลักที่ทำให้บริษัทกรณีศึกษาและผู้ให้บริการอาหารด้านการบินต่างอ่อนไหวต่อความวุ่นวายได้แก่ คำสั่งซื้อยืนยันจะทราบเพียง 0-24 ชั่วโมงก่อนเวลาบิน โดยช้าที่สุดอยู่ที่ 30 นาทีก่อนเวลาบิน ในขณะที่กฎระเบียบข้อบังคับระหว่างประเทศด้านความปลอดภัยของอาหาร ทำให้เกิดเกิดภาวะคอขวด (Bottle neck) ในกระบวนการผลิตซึ่งใช้เวลาประมาณ 4-7 ชั่วโมงสำหรับมาตราการด้านความปลอดภัยของอาหาร ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องผลิตสินค้าก่อนได้รับคำสั่งซื้อยืนยัน ถ้าหากระดับวัตถุดิบที่เตรียมมีน้อยกว่าปริมาณคำสั่งซื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยืนยัน ผลที่แย่ที่สุดที่สามารถเกิดได้คือ เที่ยวบินล่าช้าอันเนื่องมาจากปริมาณอาหารไม่ครบตามผู้โดยสาร ถ้าหากบริษัทผลิตสินค้าขั้นสุดท้ายเกินไปจากค่าคาดการณ์ (สินค้าสำรอง) ก็จะได้รับการจ่ายเงินเฉพาะปริมาณคำสั่งซื้อยืนยัน ผู้ให้บริการอาหารด้านการบินบางรายในประเทศไทยมีการผลิตเกือบหนึ่งแสนชุดต่อวัน ดังนั้นผู้ให้บริการฯ (รวมถึงบริษัทกรณีศึกษา) จึงจำเป็นต้องกำหนดนโยบายระดับการให้บริการของสินค้าคงคลัง (ผ่านการวางแผนการผลิตด้วยการเลือกระดับวัตถุดิบที่เหมาะสม และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเติมวัตถุดิบ

ผลการศึกษาใน 8 ชนิดสินค้าที่ให้บริการทั้งในระดับชั้นประหยัด (Economy class) และระดับเฟิร์สคลาส (First class) พบว่าสอดคล้องกับการใช้ข้อมูลทดสอบ ได้แก่ ต้นทุนในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายของแต่ละสินค้ามีความแตกต่างกัน และระดับ OSL ของแต่ละสินค้าก็แตกต่างกัน ในขณะที่เมื่อเทียบประสิทธิภาพในการลดผลกระทบจากความวุ่นวายกับนโยบายปัจจุบันของทางบริษัท พบว่าแนวทางที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้มีประสิทธิภาพมากกว่า

ผลลัพธ์หลักที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้ (Major contributions) ได้แก่ 1) เป็นงานวิจัยที่สามารถยืนยันถึงการมีอยู่จริงของความวุ่นวายในการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบิน 2) เป็นงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการในการระบุต้นทุนการมีระบบการผลิตที่ไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย ด้วยการใช้เซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอต 3) เป็นงานวิจัยที่พัฒนาเครื่องมือในการระบุ OSL โดยการใช้เซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตในการตัดสินใจระหว่างต้นทุนรวมคาดการณ์ในการผลิตและความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลกระทบจากความวุ่นวาย 4) เป็นงานวิจัยที่อธิบายระบบการผลิตของบริษัทผู้ให้บริการอาหารด้านการบินรวมถึงวิเคราะห์ให้เห็นถึงความอ่อนไหวต่อการเกิดความวุ่นวายในการผลิต

7.2 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาในวัตถุประสงค์ที่หนึ่งของงานวิจัยชิ้นได้ทำการวัดระดับความวุ่นวายในการผลิตและพบว่าความวุ่นวายในการผลิตนั้นจะสูงในช่วงเวลา(วัน) ที่ 1-3 ในรอบแผนการผลิตก่อนที่จะค่อยๆลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดรอบแผนการผลิตนั้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Blackburn et al. [56] และ Xie et al. [18] ซึ่งได้ทำการศึกษาช่วงเวลาในการห้ามเปลี่ยนแปลงแผนการผลิต (Freezing) โดยพบว่าช่วงเวลา Freezing นั้นควรจะเป็นช่วงต้นของรอบแผนการผลิตเนื่องจากพบว่าเป็นช่วงที่มีระดับความวุ่นวายสูงที่สุด

ผลการศึกษาในข้อที่สองได้แก่งานวิจัยชิ้นนี้พบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความวุ่นวายในการผลิตและปริมาณสินค้าสำรองนั้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pujawan [54] ที่ได้ทำการศึกษาโดยการใช้แบบจำลอง (Simulation) ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณสินค้าสำรองนั้นเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดระดับความวุ่นวายได้จริง และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sridharan and Laforge [57] ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณสินค้าสำรองเล็กน้อยสามารถเพิ่มความมั่นคงให้แก่ตารางการผลิตได้จริง

นอกเหนือไปจากสองประเด็นข้างต้นแล้วนั้น งานวิจัยชิ้นนี้ยังทำการศึกษาในประเด็นความวุ่นวายในการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินที่ซึ่งอ่อนไหวต่อความวุ่นวายอย่างมาก หนึ่งในงานวิจัยที่ใกล้เคียงได้แก่ Law [5] ซึ่งได้ทำการศึกษาความวุ่นวายในการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารด้านการบินในฮ่องกง อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ทำการวัดระดับความวุ่นวายโดยตรงแต่เป็นการใช้ Likert scale ในการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องเพื่อให้ประเมินระดับความวุ่นวายว่าอยู่ในระดับใดจากทั้งหมด 1-5 ที่ซึ่ง 1 หมายถึงระดับที่น้อยที่สุด ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงถือเป็นชิ้นแรกที่ทำการวัดระดับความวุ่นวายโดยตรงและใช้ข้อมูลจริง

วัตถุประสงค์ที่สองของงานวิจัยชิ้นนี้ได้แก่การแก้ปัญหาขนาดการสั่งซื้อแบบความน่าจะเป็นภายใต้เงื่อนไขระดับการให้บริการ ข้อค้นพบแรก ได้แก่ การตัดสินใจเตรียมระดับวัตถุดิบที่ระดับการให้บริการที่สูงขึ้นสามารถช่วยลดความน่าจะเป็นที่จะก่อให้เกิดผลกระทบจากความวุ่นวายในการผลิต ที่ซึ่งเกิดจากคำสั่งซื้อแท้จริง (ที่เป็นเพียงตัวแปรสุ่ม) จะสูงกว่าระดับวัตถุดิบที่เตรียมไว้ ($P(x > R_t)$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Xie et al. [17] ที่ซึ่งค้นพบว่าภายใต้คำสั่งซื้อที่มีการกระจายตัวแบบปกติงานที่อยู่นอกเหนือไปจากแผนการผลิต (Unplanned job) ซึ่งมีโอกาสในการเกิดน้อยแต่เมื่อเกิดขึ้นจะทำให้เกิดความวุ่นวายในการผลิต ดังนั้นการเพิ่มระดับการให้บริการที่ซึ่งทำให้ต้นทุนคาดการณ์รวมสูงขึ้นแต่อย่างไรก็ตามสามารถช่วยลดโอกาสในการเกิดความวุ่นวายได้

ข้อค้นพบต่อมาภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกันได้แก่ งานวิจัยชิ้นนี้คิดต้นทุนการผลิตที่ระดับไร้ผลกระทบจากความวุ่นวาย (Nervousness impact-free) โดยการเปรียบเทียบต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดที่ระดับการให้บริการต่างๆภายใต้กลยุทธ์ในการลดความวุ่นวายเดียวกัน (อพลวัตร-พลวัตร) ซึ่งทำให้งานวิจัยชิ้นนี้แตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆที่พยายามศึกษาวิธีการคิดต้นทุนการผลิตที่ระดับไร้ความวุ่นวายได้แก่ Kilic and Tarim [48] ที่คิดต้นทุนด้วยการเปรียบเทียบต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดภายใต้กลยุทธ์แบบพลวัตร ที่ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในที่สุดในเชิงต้นทุนแต่แย่ที่สุดในเชิงความวุ่นวายกับกลยุทธ์แบบอพวัตรที่ซึ่งแย่ที่สุดในเชิงต้นทุนแต่ดีที่สุดในเชิงความวุ่นวาย หรืองานวิจัยของ Tunc et al. [2] ที่ทำการเปรียบเทียบต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดโดยเทียบกลยุทธ์แบบอพลวัตร และอพลวัตร-พลวัตร เทียบกับกลยุทธ์แบบพลวัตร จะเห็นได้ว่างานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอแนวทางเทียบระหว่างเซ็ทของผลลัพธ์แบบสแน็ปชอตภายใต้กลยุทธ์เดียวกัน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตที่ตัดสินใจเลือกแล้วว่าจะใช้กลยุทธ์แบบอพลวัตร-พลวัตรในการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลัง แต่ไม่ทราบว่าควรจะกำหนดนโยบายที่ระดับการให้บริการใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ที่สามของงานวิจัยชิ้นนี้ได้แก่การพัฒนาเครื่องมือในการระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดระหว่างความวุ่นวายในการผลิตและต้นทุนรวมคาดการณ์ โดยงานวิจัยชิ้นนี้พัฒนาอยู่บนพื้นฐานของการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนคาดการณ์รวมที่ต่ำที่สุดที่เพิ่มขึ้นตามระดับการให้บริการที่สูงขึ้น (จากการแก้ปัญหาในวัตถุประสงค์ที่สอง) กับการลดลงของค่าเสียโอกาสจากการเกิดคำสั่งซื้อค้างส่ง (จากคำสั่งซื้อที่มากกว่าระดับวัตถุดิบสูงสุดที่เตรียมไว้ตามแผนการผลิต) ซึ่งแนวความคิดของการเปรียบเทียบกับต้นทุนคำสั่งซื้อค้างส่งที่จะลดลงแบบสะสมตามระดับการให้บริการที่สูงขึ้นนั้นสอดคล้องกับแนวทางการหาระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดของ Nakashima et al [44] ซึ่งได้ทำการยืนยันว่าการเพิ่มขึ้นของระดับการให้บริการทำให้ต้นทุนค่าเสียโอกาสของคำสั่งซื้อค้างส่งลดลงภายใต้ความสัมพันธ์ของ Quasi exponential และได้ระบุระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดคือระดับการให้บริการที่มีต้นทุนรวมคาดการณ์รวมกับต้นทุนค่าเสียโอกาสคำสั่งซื้อค้างส่งต่ำที่สุด ในขณะที่แนวความคิดของการพัฒนาเครื่องมือในงานวิจัยชิ้นนี้กำหนดให้ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดที่จะตัดสินใจผลิตนั้นจะต้องมีปริมาณการผลิตไม่มากเกินกว่าความสามารถในการผลิตรวมขององค์กร สอดคล้องกับ Jodlbauer and Reitner [45] ที่ซึ่งกำหนดหนึ่งในเงื่อนไขของการหาระดับการให้บริการไว้ว่าจะต้องใช้เวลาไม่เกินไปกว่าระยะเวลารวมที่จะต้องใช้ในการผลิต

นอกจากนี้ วัตถุประสงค์ข้อสุดท้ายได้แก่การทดลองประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งข้อมูลที่น่าสนใจได้แก่ การพยากรณ์ปริมาณอาหารในแต่ละเที่ยวบินนั้นทำได้ค่อนข้างยาก โดยบริษัทกรณีศึกษาทำได้เพียงการใช้ค่าคาดการณ์ของแต่ละเมนูที่ซึ่งมีการกระจายตัวแบบปกติและให้ทางแต่ละครัวที่ดำเนินการผลิตวางแผนปริมาณการผลิตเองตามค่าคาดการณ์ดังกล่าว ในขณะเดียวกันเงื่อนไขทางด้านการผลิตจากหน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น การลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว นั้นทำให้เกิดขั้นตอนที่เป็นเหมือนคอขวดประมาณ 4-7 ชั่วโมง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนั้นสอดคล้องกับ Johan and Jones [58] ซึ่งระบุว่าการพยากรณ์ปริมาณอาหารบนเที่ยวบินนั้นทำได้ยากกว่าที่คิดเนื่องจากค้นพบว่าปริมาณและชนิดของอาหารในแต่ละเที่ยวบินนั้นไม่สอดคล้องกับปริมาณผู้โดยสาร นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Jones [59] ที่ระบุว่าความท้าทายในด้านการผลิตที่ผู้ให้บริการอาหารด้านการบินทุกรายต้องพบเจอได้แก่ปริมาณคำสั่งซื้อที่แท้จริงจะได้รับการยืนยันเพียงไม่กี่นาทีก่อนถึงเวลาบิน เนื่องจากต้องรอให้เคาท์เตอร์เช็คอินปิดก่อนถึงจะยืนยันได้

7.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่มีความน่าสนใจและมีศักยภาพในการเป็นหัวข้อวิจัยในอนาคตได้ข้อแรก คือการศึกษาต้นทุนของการเกิดเที่ยวบินล่าช้า (Flight delay) จากผู้ให้บริการอาหารด้านการบิน เช่น คำสั่งซื้อสูงกว่าปริมาณการผลิตตามแผน ถ้าหากตัดสินใจปรับตารางการผลิตตามแผนโดยการแทรกตารางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตของเที่ยวบินอื่น จะทำให้โอกาสเกิดความล่าช้าลดลงแต่ต้องแลกมากับความเสี่ยงของอีกสายการบินหนึ่งที่ถูกแทรกตาราง เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การคิดระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ในปัจจุบันมีเพียงการศึกษาในเชิงข้อมูลทั่วไป เช่น ต้นทุนด้านการปฏิบัติการของเครื่องบินที่เพิ่มขึ้น หรือ ต้นทุนในเชิงภาพลักษณ์ของสายการบิน แต่พบว่ายังไม่มีการศึกษาในเชิงค่าเสียโอกาสของการเกิดความวุ่นวายในการผลิตอันนำไปสู่ความล่าช้า

ข้อเสนอแนะที่สองได้แก่ การพัฒนาจาก MILP ไปสู่อัลกอริธึ่ม (Algorithm) ที่ซึ่งสามารถให้ระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุดจากการแก้ปัญหาครั้งเดียว เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้จำเป็นต้องมีการแยกคิดทั้งในส่วนของโปรแกรม spreadsheet ก่อนที่จะนำมารวมเพื่อหาต้นทุนรวมคาดการณ์ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละระดับการให้บริการ จากนั้นนำไปแยกคิดอีกครั้งหนึ่งในการเลือกระดับการให้บริการที่เหมาะสมที่สุด ถ้าหากมีการพัฒนาขั้นตอนทั้งหมดในงานวิจัยชิ้นนี้ให้อยู่ในรูปของอัลกอริธึ่ม ที่ใส่ข้อมูลในตอนต้นเพียงครั้งเดียวและให้คอมพิวเตอร์หาคำตอบสุดท้ายได้จะสามารถช่วยลดขั้นตอนในการดำเนินการได้อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Pujawan, I.N. 2004. “Schedule Nervousness in A Manufacturing: A Case Study.” **Production Planning and Control**. 15(5): 515-524.

[2] Tunc, H. Kilic, O.A. Tarim, A.S. and Eskioglu, B. 2013. “A Simple Approach for Assessing The Cost of System Nervousness.” **International Journal of Production Economics**. 141: 619–625

[3] Inman, R.R. and Gonsalvez, D. J. 1997. “The Causes of Schedule Instability in An Automotive Supply Chain.” **Production and Inventory Management Journal**. 38(2): 26–32.

[4] Carlson, C.J. Jucker, J.V. and Kropp, D.H. 1979. “Less Nervousness MRP Systems: A Dynamic Economic Lot Sizing Approach.” **Management Science**. 25(8): 754–761.

[5] Law, K.M.Y. 2011. “Airline Catering Service Operation, Schedule Nervousness and Collective Efficacy on Performance: Hong Kong Evidence.” **The Service Industries Journal**. 31(6): 959-973.

[6] Parlar, M. 2000. **Interactive Operations Research with Maple: Methods and Models.** Boston: Birkhauser.

[7] Silver, E.A. 1992. “Operations Research in Inventory Management: A Review and Critique.” **Operations Research**. 29: 347-351.

[8] Zizler, Markus. 2007. “Introduction Theory of Inventory Control.” **Theory of Inventory Control de Prof. Dr. Ingo Morgenstern**. Regensburg: University of Regensburg.

[9] Lewis, C.D. 1997. **Demand Forecasting and Inventory Control: A Computer Aided Learning Approach**. England: Woodhead Publishing Ltd.

[10] Disney, S.M. and Lambrecht, M.R. 2007. “On Replenishment Rules, Forecasting, and the Bullwhip Effect in Supply Chains.” Foundation and Trends in **Technology, Information and Operations Management**. 2(1).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[11] Silver, E.A. 2008. "Inventory Management: An Overview, Canadian Publications, Practical Applications and Suggestions for Future Research." **INFOR**. 46(1): 15–28.

[12] Johan, N. and Jones, P. 2007. "Forecasting the Demand for Airline Meals." **Quarterly Market Intelligent Report**.

[13] Choi, J. Realff, M.J. and Lee, J. H. 2005. "Stochastic Dynamic Programming with Localized Cost-To-Go Approximators Application to Large Scale Supply Chain Management Under Demand Uncertainty." **Chemical Engineering Research and Design**. 83(A6): 752–758.

[14] Belmokhtar, S. Herrera, C. and Thomas, A. 2010. "A General Approach For Hierarchical Production Planning Considering Stability." **3rd International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain - Creating value through green supply chains**. Morocco.

[15] Sridharan, S. Berry, W. and Udayabhanu, V. 1988. "Measuring Master Production Schedule Stability Under Rolling Planning Horizons." **Decision Sciences**. 19(1): 147–166.

[16] Zhao, X. and Lam, K. 1997. "Lot-Sizing Rules and Freezing The Master Production Schedule In Material Requirement Planning Systems." **International Journal of Production Economics**. 53: 281–305.

[17] Xie, J. Lee, T. and Zhao, X. 2004. "Impact of Forecasting Error on The Performance Of Capacitated Multi-Item Production Systems." **Computers & Industrial Engineering**. 46(2): 205–219.

[18] Xie, J. Zhao, X. and Lee, T. 2003. "Freezing The Master Production Schedule Under Single Resource Constraint And Demand Uncertainty." **International Journal of Production Economics**. 83(1): 65–84.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[19] Kadipasaoglu, S. and Sridharan, V. 1995. “Alternative Approaches for Reducing Schedule Instability in Multistage Manufacturing Under Demand Uncertainty.” **Journal of Operations Management**. 13: 193–211.

[20] Herrera, C. and Thomas, A. 2009. “Simulation of Less Master Production Schedule Nervousness Model.” **Proceedings of 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing.** Russia.

[21] หฤทัย ไทยมณี. “ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบสองระดับสำหรับสินค้าหลายประเภท:: ความต้องการสินค้าทราบค่าแน่นอนและช่วงเวลาที่ต้องสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าก่อนที่จะได้รับสินค้ามีการแจกแจงความน่าจะเป็น.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ), สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2554.

[22] Kalavathy, S. 2004. **Operations Research**. 2nd ed. New Delhi: Vikas Publishing.

[23] Chiulli, R. 1999. **Quantitative Analysis: An Introduction. Automation and Production Systems.** London: Taylor & Francis.

[24] Wagner, H.M. and Whitin, T.M. 1958. “Dynamic Version of the Economic Lot Size Model.” **Management science**. 89-96.

[25] กฤตกนก พาบุ, วราธร ปัญญางาม และนิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์, 2555, “การกำหนดขนาดการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธีแบบพลวัตรกรณีศึกษาการคงคลังข้าวเปลือกของโรงสีตัวอย่าง”**, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ.2555**, ชลบุรี: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[26] Gupta, S.M. and Brennan, N. 1992. “Heuristic and Optimal Approaches To Lot-Sizing Incorporating Backorders: An Empirical Evaluation.” **International Journal of Productions Research**. 30: 2813-2824 .

[27] Martel, A and Gascon, 1998. “A Dynamic Lot-Sizing with Price Changes And Price Dependent Holding Costs**", European Journal of Operational Research**. 111(1): 114-128.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[28] Pirim, H. Al-Turki, U. and Yilbas, B.S. 2014. **Supply Chain Management and Optimization in Manufacturing**. Switzerland: Springer.

[29] Malakooti, B. 2013. **Operations and Production Systems with Multiple Objectives**. United States: John Wiley and Sons.

[30] Baculinao, J. Hui-Ming, W. Yang Ching, C. 2014. "Performance Comparison of Heuristic Lot-Sizing Models." **Proceeding of the 7th International Seminar on Industrial Engineering and Management (7th ISIEM)**. Bali.

[31] Samaniego, F. J. 2014. **Stochastic Modeling and Mathematical Statistics: A Text for Statisticians and Quantitative Scientists**. United States: CRC Press.

[32] Hillier, F.S. and Lieberman, G.J. 2001. **Introduction to Operations Research.** 7th ed. United States: McGraw-Hill.

[33] Choi, T.M. 2012. **Handbook of Newsvendor Problems: Models, Extensions and Applications**. New York: Springer.

[34] อวยพร พู่วณิชย์ และ ศิวิกา ดุษฎีโหนด. 2558. "ตัวแบบการวางแผนการผลิตเสื้อผ้าแฟชั่นที่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ." **วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน**. ปีที่3 ฉบับที่1

[35] สุจินดา เจียระวรพจน์, ปรารถนา ปรารถนาดี และจิรชัย พุทธกุลสมศิริ. 2552. "การปรับปรุงระบบการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทผู้แทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพร." **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[36] Smith, J.M. and Tan, B. 2013. **Handbook of Stochastic Models and Analysis Of Manufacturing System Operations**. United States: Springer.

[37] Tarim, S. A. and Kingsman, B. G. 2004. "The Stochastic Dynamic Production Inventory Lot- Sizing Problem with Service- Level Constraints." **International Journal of Production Economics.** 88: 105- 119.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[38] Bookbinder, J.H. and Tan, J.Y. 1988. “Strategies for The Probabilistic Lot-Sizing Problem with Service-Level Constraints.” **Management Science**. 34: 1096–1108.

[39] Rossi, R. Kilic, O.A. and Tarim, S. 2013. “Piecewise Linear Approximations for The Static-Dynamic Uncertainty Strategy in Stochastic Lot-Sizing.” **Omega**. 50(1): 126-140.

[40] Tarim, S.A. and Kingsman, B. 2006. “Modelling And Computing (R^n,S^n) Policies For Inventory Systems With Non-Stationary Stochastic Demands.” **European Journal of Operations Research**. 174: 581-599.

[41] Tarim, S.A. and Smith, B. M. 2008. “Constraint Programming for Computing Non-Stationary (R,S) Inventory Policies” **European Journal of Operational Research**. 189: 1004-1021.

[42] Tarim, S. A. Dogru, M. K. Ozen, U. and Rossi, R. 2011. “An Efficient Computational Method for Non-Stationary (R,S) Inventory Policy with Service Level Constraints.” **European Journal of Operational Research**. 215: 563–571.

[43] Plenert, G. 2014. **Supply Chain Optimization Through Segmentation and Analytics**. United States: CRC Press.

[44] Nakashima, K. Thitima, S. Hans, E. and Yachi, G. 2014. “Stochastic Inventory Control Systems with Consideration for the Cost Factors Based on EBIT,” **International Journal of Supply Chain Management**. 3(3): 68-74.

[45] Jodlbauer, H. and Reitner, S. 2012. “Optimizing Service-Level and Relevant Cost For A Stochastic Multi-Item Cyclic Production System.” **International Journal of Production Economics**. 136: 306-317.

[46] Kabak, K. E. and Ornek, 2009. “An Improved Metric for Measuring Multi Item Multi Level Schedule Instability Under Rolling Schedules.” **Computers and Industrial Engineering**. 56(2): 691- 707.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[47] Herrera, C. and Thomas, A. 2009. "Simulation of less Master Production Schedule nervousness model." **Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing**. Moscow. Russia.

[48] Onur, A. Kilic, and Tarim, A.S,. 2011. "An Investigation of Setup Instability In Non-Stationary Stochastic Inventory Systems." **International Journal of Production Economics**. 133: 286–292.

[49] Bollapragada, S. and Morton, T. 1999. "A Simple Heuristic for Computing Nonstationary (S, S) Policies." **Operations Research**. 47(4): 576–584.

[50] Tunc, H. Kilic, O. A. Tarim, S. A. and Eksioglu, B. 2011. "The Cost of Using Stationary Inventory Policies When Demand is Non-Stationary." **OMEGA**. 39(4): 410-415.

[51] Zheng, YS. Federgruen, A. 1991. "Finding Optimal (S,S) Policies is About As Simple As Evaluating A Single Policy." **Operations Research.** 39: 654–65.

[52] Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. "Reducing Schedule Nervousness in Production and Operations Under Non-Stationary Stochastic Demand: The Case of an Airline Catering Company." **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management**. Indonesia.

[53] Robinson Jr, E. P. Funda, S. and Li-Lian, G. 2008. "Master Production Schedule Time Interval Strategies in Make-to-Order Supply Chains." **International Journal of Production Research**. 46(7): 1933-1954

[54] Pujawan, I.N. 2008. "Schedule Instability in A Supply Chain: An Experimental Study." **International Journal of Inventory Research**. 1(1): 53– 66.

[55] Dana, L.P. 1999. "Korean Air Lines." **British Food Journal**. 101(5/6): 365–383.

[56] Blackburn, J.D. Kropp, D.H. and Millen, R.A. 1986. "A comparison of strategies to dampen nervousness in MRP system." **Management Science**. 32: 413-429.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[57] Sridharan, V. and Laforge, R. L. 1989. "The Impact of Safety Stock on Schedule Instability, Cost, And Service." **Journal of Operations Management**. 8(4): 327–347.

[58] Bajpai, N. 2010. **Business statistics**. New Delhi: Pearson Education.

[59] Jones, P. 2004. **Flight Catering**, 2nd. United Kingdom: Elsevier Butterworth-Heinemann.

[60] Purohit, A.K. Shankar, R. Prasanta, K. and Cloudhary, K. 2016. "Non-Stationary Stochastic Inventory Lot-Sizing with Emission and Service Level Constraints In A Carbon Cap-And-Trade System." **Journal of Cleaner Production**. 113: 654-661.

[61] Gomes, S.N. Kalliadasis, S. Papageorgiou, D.T. Pavliotis, G.A. and Pradas, M. 2017. "Controlling Roughening Processes in The Stochastic Kuramoto-Sivashinsky." **Physica D**. 348: 33–43.

[62] Settanni, E. Harrington, T.S. and Srai, J.S. 2017. "Pharmaceutical Supply Chain Models: A Synthesis From A Systems View Of Operations Research." **Operations Research Perspectives.** 4: 74-95.

[63] Mood, A.M. Graybill, F.A. and Boes, D.C. 1974. **Introduction to the Theory of Statistics**. 3rd. United State: McGraw Hill.

[64] Pauls-Worm, K.G.J. Hendrix, E.M.T. Haijema, R. van der Vorst, J.G.A.J. 2014. "An MILP approximation for ordering perishable products with non-stationary demand and service level constraints." **International Journal of Production Economics**. 157: 133–146.

[65] Pauls-Worm, K.G.J. Hendrix, E.M.T. Alcoba, A.G. and Haijema, R. 2016. "Order quantities for a perishable product with non-stationary demand and a fill rate constraint." **International Journal of Production Economics**. 181: 238-246.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2017. “A Simple Approach for Identifying an Optimal Service Level for Minimizing Schedule Nervousness under Non-Stationary Stochastic Demand.” **International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)**. 13(2).
2. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. “Reducing Schedule Nervousness in Production and Operations Under Non-Stationary Stochastic Demand: The Case of an Airline Catering Company.” **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management (IEEM)**. Indonesia.
3. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. “Schedule Nervousness in Production Operations of an Airline Catering Company: The Challenge of an Effective Demand Response Program.” **Proceeding of International conference on industrial engineering and operations management**. Malaysia.
4. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2015. “Factors Affecting Schedule Nervousness in the Production Operations of Airline Catering Industry.” **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management**. Singapore.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายณรัฐ หัสชู
วัน เดือน ปีเกิด	30 มิถุนายน 2529
ที่อยู่	259 ม.5 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
ประวัติการศึกษา	เศรษฐศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผลงานทางวิชาการ

1. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2017. “A Simple Approach for Identifying an Optimal Service Level for Minimizing Schedule Nervousness under Non - Stationary Stochastic Demand.” **International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)**. 13(2).
2. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. “Reducing Schedule Nervousness in Production and Operations Under Non-Stationary Stochastic Demand: The Case of an Airline Catering Company.” **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management (IEEM)**. Indonesia.
3. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. “Schedule Nervousness in Production Operations of an Airline Catering Company: The Challenge of an Effective Demand Response Program.” **Proceeding of International conference on industrial engineering and operations management**. Malaysia.
4. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2015. “Factors Affecting Schedule Nervousness in the Production Operations of Airline Catering Industry.” **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management**. Singapore.
5. Hasachoo, N. and Kalaya, P. 2013. “Competitiveness of Local Agriculture: the Case of Longan Fruit Trade between China and the North of Thailand,” **Irasec’s Discussion Papers**, No. 15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลคำสั่งซื้อในอดีตของค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่กำหนดขึ้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลคำสั่งซื้อในอดีตของค่าคาดการณ์อุปสงค์ที่กำหนดขึ้นเอง (Cycle, *C*=0.1)

ช่วงเวลา	E_d (ข้อมูลในอดีต) (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ)									
	300	400	400	500	500	500	400	300	300	200
1	345	426	420	420	525	555	420	312	315	165
2	321	497	350	375	453	548	375	254	284	231
3	303	399	404	430	466	700	430	294	311	223
4	300	410	370	370	585	672	370	282	339	200
5	298	390	396	417	590	923	417	303	283	214
6	298	380	340	340	461	694	340	299	309	208
7	265	490	442	420	584	293	420	303	319	178
8	334	408	241	374	439	387	374	291	273	233
9	288	475	415	350	523	203	350	303	336	193
10	288	475	214	355	535	445	355	277	235	175
11	338	372	441	375	486	95	375	335	264	182
12	338	389	350	650	497	864	650	346	352	209
13	275	416	550	550	503	201	550	318	341	213
14	251	432	383	392	495	550	392	252	241	214
15	320	280	430	430	479	171	430	299	305	188
16	288	377	366	432	557	890	432	302	274	166
17	310	398	457	580	611	931	580	297	331	191
18	321	444	409	431	539	871	431	293	284	229
19	269	411	350	350	473	750	350	294	302	226
20	331	447	400	388	419	200	388	228	310	213
21	284	431	389	386	521	791	386	278	271	195
22	299	465	404	336	520	682	336	304	301	208
23	289	363	394	365	555	102	365	313	268	222
24	292	412	473	450	511	595	450	328	331	205
25	300	443	413	356	518	347	356	347	337	210
26	277	408	525	450	473	209	450	309	274	221
27	277	351	432	345	480	150	345	259	299	189
28	312	309	300	345	583	181	345	313	282	140
29	331	371	452	325	468	525	325	316	328	195

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลา	E_d (ข้อมูลในอดีต) (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ)									
	300	400	400	500	500	500	400	300	300	200
30	278	410	277	355	464	637	355	268	267	183
31	275	402	400	400	540	905	400	306	276	197
32	282	356	205	350	513	559	350	351	301	204
33	278	450	350	350	557	691	350	255	269	187
34	287	387	240	338	477	150	338	319	329	193
35	310	351	340	324	539	538	324	359	284	187
36	285	422	277	369	479	150	369	334	333	184
37	232	423	381	362	460	496	362	302	306	231
38	355	428	312	378	441	300	378	320	252	187
39	317	428	392	429	464	300	429	308	307	196
40	306	392	330	354	427	350	354	262	323	202
41	329	448	399	383	480	380	383	319	288	212
42	321	289	367	342	576	361	342	277	316	211
43	316	407	452	429	492	734	429	302	292	236
44	267	374	312	326	546	927	326	310	284	215
45	248	424	300	480	547	803	480	262	272	161
46	262	356	365	450	492	818	450	363	311	199
47	303	388	293	348	441	140	348	284	298	229
48	324	474	437	325	515	450	325	371	310	177
49	277	375	314	355	470	275	355	286	275	179
50	342	381	426	320	551	1177	320	301	298	179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลคำสั่งซื้อในอดีตของค่าคาดการณ์อุปสงค์เมนู D ของบริษัทกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลคำสั่งซื้อในอดีตของค่าคาดการณ์อุปสงค์เมนู D ของบริษัทกรณีศึกษา

เดือน	ข้อมูลยอดขายในอดีตในแต่ละวันของแผนการผลิต (หน่วย: หน่วยของวัตถุดิบ เช่น ชิ้น)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	142	105	101	113	127	167	174
	78	116	91	132	157	92	170
	78	155	50	87	114	130	123
	167	92	101	142	168	174	176
2	89	105	73	107	176	167	170
	92	132	91	130	105	113	165
	78	174	112	92	133	155	173
	116	92	85	112	140	123	163
3	142	50	91	107	154	170	160
	55	116	91	132	157	92	170
	92	155	50	87	114	130	123
	167	92	101	142	168	174	176
4	112	105	73	107	176	167	170
	92	90	73	120	114	92	174
	78	48	91	132	130	130	173
	92	92	85	112	133	123	163
	120	48	91	100	168	123	170
5	167	92	101	142	168	174	176
	112	105	73	107	176	167	170
	92	90	73	120	114	92	174
	78	48	91	132	130	130	173
6	116	92	85	112	140	123	163
	142	50	91	107	154	170	160
	55	116	91	132	157	92	170
	112	155	50	87	114	130	123
	78	116	91	132	157	92	170
7	78	155	50	87	114	130	123
	167	92	101	142	168	174	176
	89	105	73	107	176	167	170
	92	132	91	145	105	113	165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษาที่ถูกนำไปศึกษายืนยันความวุ่นวาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษาที่ถูกนำไปศึกษายืนยันความวุ่นวาย

รายการผลิต	ปริมาณตามแผน (หน่วย:กิโลกรัม)	รายงานการผลิตรายวัน (หน่วย:กิโลกรัม)
1	1.4	1.4
2	1.6	1.6
3	9.7	9.7
4	5.8	5.8
5	0.6	0.6
6	1	1
7	3.1	3.1
8	15.2	15.2
9	4.9	4.9
10	55.6	55.6
11	2.3	2.3
12	0.1	0.1
13	1.1	1.1
14	1	1
15	15	15
16	10	10
17	10	10
18	10	10
19	10	10
20	10	10
21	57.3	57.3
22	0.6	0.6
23	37.9	80
24	5	40
25	72.3	80
26	0.6	0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการผลิต	ปริมาณตามแผน (หน่วย:กิโลกรัม)	รายงานการผลิตรายวัน (หน่วย:กิโลกรัม)
27	0.3	0.3
28	46.2	60
29	0.8	0.8
30	2.9	2.9
31	7.8	7.8
32	0.9	0.9
33	0.1	0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการแทนค่าในเงื่อนไขระดับการให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเพิ่มเติมการแทนค่าในเงื่อนไขระดับการให้บริการ

Cycle *C*=0.6 Service level: 93%

j / *t*	ช่วงเวลา									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	542									
2	723	1104								
3	723	1257	1617							
4	904	1417	1909	2256						
5	904	1571	2056	2531	2870					
6	904	1571	2199	2670	3135	3469				
7	723	1417	2056	2670	3135	3595	3927			
8	542	1104	1771	2399	3007	3469	3927	4258		
9	542	942	1471	2120	2740	3343	3802	4258	4588	
10	361	791	1179	1697	2341	2957	3558	4017	4472	4801

Cycle *C*=0.6 Service level: 97%

j / *t*	ช่วงเวลา									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	639									
2	851	1264								
3	851	1438	1823							
4	1064	1623	2152	2517						
5	1064	1798	2317	2822	3177					
6	1064	1798	2477	2977	3467	3816				
7	851	1623	2317	2977	3467	3952	4297			
8	639	1264	1998	2677	3329	3816	4297	4640		
9	639	1079	1658	2367	3034	3678	4162	4640	4982	
10	426	907	1329	1896	2596	3259	3900	4382	4859	5201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Erratic *C*=0.1 Service level: 92%

j / *t*	ช่วงเวลา									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	468									
2	365	803								
3	810	1139	1564							
4	399	1171	1500	1923						
5	319	693	1458	1786	2209					
6	912	1199	1559	2303	2629	3049				
7	433	1304	1591	1949	2691	3017	3436			
8	331	737	1601	1887	2245	2986	3312	3731		
9	513	815	1212	2065	2351	2708	3447	3773	4191	
10	582	1056	1354	1747	2592	2877	3234	3970	4295	4713

Erratic *C*=0.3 Service level: 99.95%

j / *t*	ช่วงเวลา									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	815									
2	636	1243								
3	1411	1799	2309							
4	695	1841	2223	2725						
5	556	1072	2169	2547	3045					
6	1590	1917	2335	3285	3647	4124				
7	755	2054	2377	2790	3725	4085	4559			
8	576	1142	2390	2710	3121	4048	4408	4880		
9	894	1268	1768	2941	3258	3663	4575	4933	5402	
10	1013	1631	1980	2451	3569	3882	4282	5178	5533	5999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายณรัฐ หัสชู
วัน เดือน ปีเกิด	30 มิถุนายน 2529
ที่อยู่	259 ม.5 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
ประวัติการศึกษา	เศรษฐศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน) มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผลงานทางวิชาการ

1. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2017. “A Simple Approach for Identifying an Optimal Service Level for Minimizing Schedule Nervousness under Non - Stationary Stochastic Demand.” **International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)**. 13(2).
2. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. “Reducing Schedule Nervousness in Production and Operations Under Non-Stationary Stochastic Demand: The Case of an Airline Catering Company.” **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management (IEEM)**. Indonesia.
3. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2016. “Schedule Nervousness in Production Operations of an Airline Catering Company: The Challenge of an Effective Demand Response Program.” **Proceeding of International conference on industrial engineering and operations management**. Malaysia.
4. Hasachoo, N. and Masuchun, R. 2015. “Factors Affecting Schedule Nervousness in the Production Operations of Airline Catering Industry.” **Proceeding of IEEE International conference on industrial engineering and engineering management**. Singapore.
5. Hasachoo, N. and Kalaya, P. 2013. “Competitiveness of Local Agriculture: the Case of Longan Fruit Trade between China and the North of Thailand,” **Irasec’s Discussion Papers**, No. 15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้