

ผลกระทบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลวิปเอฟเฟคในโซ่อุปทาน

IMPACT OF PRODUCT LIFE CYCLE ON BULLWHIP EFFECT
IN SUPPLY CHAIN



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-217-075

ผลกระทบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลวิปเอฟเฟคในโซ่อุปทาน

IMPACT OF PRODUCT LIFE CYCLE ON BULLWHIP EFFECT
IN SUPPLY CHAIN



สุภัชชา เข็มมาลัย

SUPATCHA KEMMALAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-217-075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPACT OF PRODUCT LIFE CYCLE ON BULLWHIP EFFECT
IN SUPPLY CHAIN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2019

KMITL-2019-EN-M-217-075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลวิเปฟเฟคในโซ่อุปทาน
นักศึกษา	นางสาวสุภัชชา เข้มมาลัย
รหัสประจำตัว	59601257
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข

บทคัดย่อ

บูลวิเปฟเฟคเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในห่วงโซ่อุปทาน ความหมายของบูลวิเปฟเฟค คือ ความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มต้นน้ำจะสูงกว่าปริมาณคำสั่งซื้อของทางกลุ่มปลายน้ำ ในงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อ คือ 1. เพื่อเปรียบเทียบค่าบูลวิเปฟเฟคภายใต้กรณีที่รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าเป็นไปตามและไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, และ 2. เพื่อศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (หรือค่าความชัน (β_1)) ที่ช่วงเริ่มต้นและช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลวิเปฟเฟค บนพื้นฐานของวัตถุประสงค์ที่ 1 จะกำหนดให้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้ามี 4 แบบ คือ 1. ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, 2. การแจกแจงแบบปกติ, 3. การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และ 4. ลักษณะของตัวแบบออเทอริเกอรัลชันอันดับที่หนึ่ง ในการเปรียบเทียบนั้นค่าเฉลี่ยของความถี่ความต้องการสินค้าของลูกค้า ความแปรปรวนของความถี่ความต้องการสินค้าของลูกค้า และรอบเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต้องมีค่าไม่แตกต่างกันสำหรับทั้ง 4 รูปแบบความต้องการสินค้า โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานจะประกอบด้วยผู้ผลิต 1 แห่ง และผู้ค้าปลีก 1 แห่ง นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมและเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่จะถูกใช้ในงานวิจัยนี้ ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มให้ค่าบูลวิเปฟเฟคมากกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และตัวแบบออเทอริเกอรัลชันอันดับที่หนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าบูลวิเปฟเฟคจะเพิ่มขึ้น ถ้าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) เพิ่มขึ้น

Thesis	Impact of Product Life Cycle on Bullwhip Effect in Supply Chain
Student	Miss.Supatcha Kemmalai
Student ID.	59601257
Degree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Kittiwat Sirikasemsuk

ABSTRACT

Bullwhip effect is an undesirable effect in any supply chains. The definition of the bullwhip effect is that the variance of order quantity in the upstream supply chain members is higher than the variance of order quantity in the downstream supply chain members. In this research, there were the two main objectives: 1. to compare the bullwhip effects under the demand patterns conformed with/without the product life cycle; and 2. to study the impact of the demand rate per time i.e., the slope (β_1), at the introduction stage and the decline stage of the product life cycle on the bullwhip effect. Based on the first objective, it was assumed that there were the following four demand patterns: 1. the product life cycle, 2. the normal distribution, 3. the uniform distribution, and 4. the first order autoregressive model. In comparison, the average of customer demand, the variance of customer demand and the period of time must be indifferent for each of the four demand patterns. This supply chain structure consisted of one supplier and one retailer. The order-up-to level inventory policy and the moving average forecasting technique were used in this research. Importantly, it was found that the bullwhip effects of the demand patterns under the normal distribution and the uniform distribution were higher than under the product life cycle and the first order autoregressive model. Furthermore, the bullwhip effects would increase, if the demand rate per time increased.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือแก้ปัญหาในการทำวิจัยรวมทั้งให้ความรู้ประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์จากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่ให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ในการศึกษาแก่ข้าพเจ้า และให้กำลังใจในการทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ได้ให้กำลังใจและคอยสนับสนุน ตลอดจนให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ทั้งหมด ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง และครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุภัสชา เข้มมาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตการงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	9
1.6 กรอบการดำเนินงานวิจัย.....	10
1.7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้.....	11
1.8 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	12
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 บูลวิปเอฟเฟค และ สาเหตุที่ทำให้เกิดบูลวิปเอฟเฟค.....	13
2.2 ห่วงโซ่อุปทาน และ โครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน.....	14
2.3 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	14
2.4 เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่.....	15
2.5 นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม.....	15
2.6 ตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง.....	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.1 วิธีการวิจัยของงานวิจัยนี้.....	23
3.1.1 กรอบการวิจัยในการศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของ ลูกค้าแบบที่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	25
3.1.2 กรอบการวิจัยในการศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของ ลูกค้าแบบที่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ.....	28
3.2 วิธีการจำลองค่าบูลวิปเอฟเฟค.....	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 วิธีการจำลองค่าบูลิวิปเอฟเฟคของกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 1 และเรื่องที่ 2.....	32
3.2.2 พารามิเตอร์เริ่มต้นของกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 1 และเรื่องที่ 2.....	33
3.2.3 ตัวอย่างการจำลองค่าบูลิวิปเอฟเฟค.....	34
3.3 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า.....	35
3.3.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นสำหรับการสร้างรูปแบบความต้องการ สินค้าของลูกค้าเฉพาะรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	35
3.3.2 ขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของวงจรชีวิต ผลิตภัณฑ์.....	35
3.3.3 การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า ตามลักษณะของการแจกแจง แบบปกติ.....	39
3.3.4 ขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า ตามลักษณะของการแจก แจงแบบยูนิฟอร์ม.....	41
3.3.5 ขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า ตามลักษณะของตัวแบบ อเทอร์เรสชันอันดับที่หนึ่ง.....	42
3.4 การพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า.....	44
3.5 การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้า.....	46
3.6 การคำนวณหาค่าบูลิวิปเอฟเฟค.....	47
3.7 การเปรียบเทียบเบื้องต้น.....	49
บทที่ 4 ผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลิวิปเอฟเฟค.....	51
4.1 การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 1.....	52
4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (ของกรอบงานวิจัยที่ 1).....	55
4.3 การจำลองค่าบูลิวิปเอฟเฟค และการเก็บข้อมูล.....	56
4.4 ผลกระทบของความถี่ความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิปเอฟเฟค.....	66
4.5 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยต่อค่า บูลิวิปเอฟเฟค.....	74
4.6 การวิเคราะห์ความผิดพลาดของการพยากรณ์.....	79
บทที่ 5 ผลกระทบของอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาต่อค่าบูลิวิปเอฟเฟค.....	81
5.1 การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 2.....	82
5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (ของกรอบงานวิจัยที่ 2).....	85
5.3 การจำลองค่าบูลิวิปเอฟเฟค และการเก็บข้อมูล.....	86
5.4 ผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ แบบต่างๆ ต่อค่าบูลิวิปเอฟเฟค.....	91
5.5 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยต่อค่า บูลิวิปเอฟเฟค.....	96

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	100
6.1 บทสรุปของการวิจัย.....	101
6.2 ข้อเสนอแนะ และ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	102
เอกสารอ้างอิง.....	103
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE).....	105
ภาคผนวก ข บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงาน ทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 (บทความวิจัยได้รับรางวัลรอง ชนะเลิศอันดับที่ 2).....	106
ภาคผนวก ค บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการ โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 18 (บทความวิจัยได้รับรางวัลบทความยอด เยี่ยม.....	116
ประวัติผู้เขียน.....	127

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4.....	6
1.2 ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 5.....	6
1.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	11
2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์บูลิวิปเอฟเฟค.....	21
3.1 ตารางเก็บข้อมูลค่าบูลิวิปเอฟเฟคสำหรับกรอบงานวิจัยที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบ ค่าบูลิวิปเอฟเฟคท่ามกลางรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ.....	26
3.2 ตารางเก็บข้อมูลของกรอบงานวิจัยที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าอัตราส่วนความ ต้องการสินค้าต่อเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลิวิปเอฟเฟค.....	30
3.3 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 ค่า.....	49
4.1 พารามิเตอร์เบื้องต้นของกรอบการวิจัยที่ 1.....	56
4.2 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 1000$	58
4.3 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 3000$	59
4.4 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 5000$	60
4.5 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 7000$	61
4.6 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 1000$	62
4.7 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 3000$	63
4.8 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 5000$	64
4.9 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 7000$	65
4.10 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE).....	79
5.1 พารามิเตอร์เบื้องต้นของกรอบการวิจัยที่ 2.....	85
5.2 ค่าบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 1000$	87
5.3 ค่าบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 3000$	87
5.4 ค่าบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 5000$	88
5.5 ค่าบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 7000$	88
5.6 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 1000$	89
5.7 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 3000$	89
5.8 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 5000$	90
5.9 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟค เมื่อ $\sigma_\epsilon^2 = 7000$	90

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ปราบปรามการณ้บูลวิปเอฟเฟค	2
1.2 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle).....	2
1.3 โครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน 2 ระดับ.....	4
1.4 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (รูปแบบที่ 1).....	5
1.5 การเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า.....	7
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	10
1.7 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ของซ็อกโกแลตแคดเบอร์รี่.....	12
3.1 กรอบภาพรวมของงานวิจัยฉบับนี้ และหมายเลขหัวข้อ.....	24
3.2 การเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า 4 แบบ.....	25
3.3 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆทั้ง 16 แบบ.....	28
3.4 ขั้นตอนการจำลองบูลวิปเอฟเฟคของกรอบงานวิจัยที่ 1 และ 2.....	32
3.5 ตัวอย่างขั้นตอนการจำลองบูลวิปเอฟเฟค.....	34
3.6 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เมื่อ $\beta_1 = 1.732$ และ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$	37
3.7 กราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เมื่อ $\beta_1 = 1.732$ และ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$	38
3.8 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าตามลักษณะการแจกแจงแบบปกติ.....	39
3.9 ลักษณะกราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบปกติ.....	40
3.10 การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม.....	41
3.11 ลักษณะกราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม.....	42
3.12 การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของตัวแบบอเทอร์เกรสชันอันดับที่หนึ่ง.....	43
3.13 ลักษณะกราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าตามตัวแบบอเทอร์เกรสชันอันดับที่หนึ่ง.....	43
3.14 การพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าโดยใช้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเท่ากับ 2.....	45
3.15 การคำนวณหาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด.....	46
3.16 การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้า.....	47
3.17 การคำนวณค่าความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีก และความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า.....	48
3.18 การคำนวณค่าบูลวิปเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 ผลการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\beta_1=1.732$, $p=2$, $t=867$	50
4.1 กรอบการวิจัยที่ 1 เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ ต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค.....	53
4.2 การเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค.....	54
4.3 ผลการวิเคราะห์สำหรับการเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อ ค่าบูลิวิเอฟเฟค.....	66
4.4 ผลการวิเคราะห์สำหรับการเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า ต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค เมื่อใช้ 2 ปัจจัยหลักในการวิเคราะห์.....	67
4.5 กราฟของปัจจัยหลักของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของรูปแบบความต้องการ สินค้าต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค	68
4.6 ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า.....	68
4.7 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$	70
4.8 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$	71
4.9 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 5000$	72
4.10 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 7000$	73
4.11 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าตัว เฉลี่ยเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$	75
4.12 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าตัว เฉลี่ยเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$	76
4.13 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าตัว เฉลี่ยเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 5000$	77
4.14 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าตัว เฉลี่ยเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 7000$	78
5.1 กรอบการวิจัยที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิต ผลิตภัณฑ์แบบต่างๆต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค.....	83
5.2 ค่าความชันของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 16 แบบ มุ่งเน้นแสดงถึงระยะที่ 1 ช่วง เริ่มต้น.....	84
5.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA สำหรับการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อ เวลา.....	91

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 กราฟของปัจจัยหลักของการทดสอบความแตกต่างของอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาต่อค่าบูลิปีเอฟเฟค.....	92
5.5 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=2$	93
5.6 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=3$	93
5.7 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=4$	94
5.8 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=5$	94
5.9 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=6$	95
5.10 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=7$	95
5.11 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเมื่อ $\beta_1 = 0.087$	97
5.12 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเมื่อ $\beta_1 = 0.364$	97
5.13 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเมื่อ $\beta_1 = 0.7$	97
5.14 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเมื่อ $\beta_1 = 1.192$	98
5.15 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเมื่อ $\beta_1 = 2.145$	98
ผก1 ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง.....	105

บทที่ 1

บทนำ

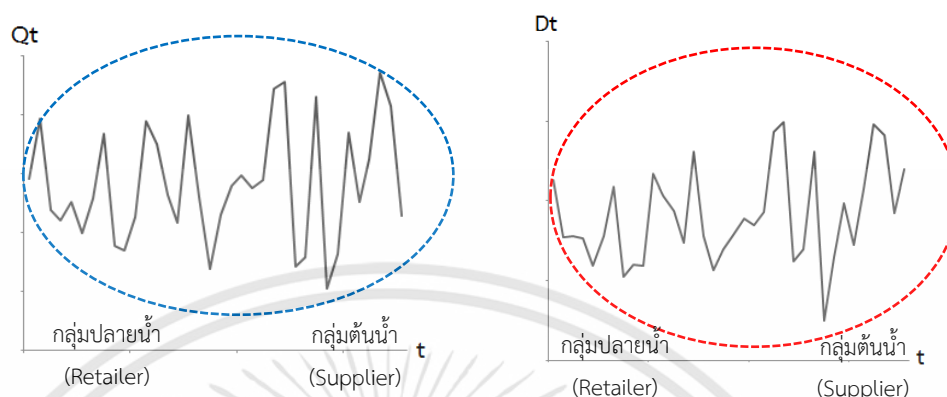
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในโลกปัจจุบันมีธุรกิจใหม่มากมายกำเนิดขึ้น และมีการแข่งขันกันอย่างสูงเนื่องจากมีหลายปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น จำนวนธุรกิจมีเพิ่มมากขึ้น ผู้บริโภคหรือลูกค้ามีอำนาจในการต่อรองและมีทางเลือกที่เพิ่มขึ้น ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีการผลิต การบริการและการขนส่งที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งเป้าหมายของแต่ละองค์กรนั้นมีจุดหมายที่เหมือนกันคือผลตอบแทนจากกำไรสูงสุดของลูกค้า การบริหารองค์กรให้ได้กำไรอย่างสูงสุดนั้น ย่อมเกิดมาจากความพึงพอใจของลูกค้าที่จะเลือกซื้อสินค้า นั่นคือถ้าองค์กรสามารถทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจสูงสุด ก็จะนำมาซึ่งกำไรสูงสุดเช่นกัน ดังนั้นการที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจนั้นย่อมจะต้องเกิดขึ้นมาจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งในปัจจุบันมีองค์กรจำนวนมากที่มีลักษณะการดำเนินกิจกรรมร่วมกันหลายฝ่าย จึงเกิดเป็นในลักษณะของห่วงโซ่หรือเรียกว่า “ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain)” เป็นการเริ่มส่งวัตถุดิบไปเป็นลำดับจนกลายเป็นสินค้าสำเร็จรูปส่งถึงมือลูกค้า โดยทั่วไปแล้วห่วงโซ่อุปทานจะแบ่งได้ 3 ระดับ ได้แก่ 1. กลุ่มต้นน้ำ คือ องค์กรที่ทำหน้าที่จัดหาวัตถุดิบเพื่อส่งต่อให้องค์กรถัดไปเอาไว้ผลิต 2. กลุ่มกลางน้ำ คือ องค์กรที่รับวัตถุดิบจากกลุ่มต้นน้ำ และ ทำการเปลี่ยนวัตถุดิบให้กลายเป็นสินค้าสำเร็จรูป และ 3. กลุ่มปลายน้ำ คือ องค์กรที่ทำหน้าที่รับสินค้าสำเร็จรูปจากกลุ่มกลางน้ำไปส่งมอบให้ลูกค้า ดังนั้นการที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด คือการพยายามทำให้กิจกรรมในห่วงโซ่อุปทานดำเนินไปอย่างไหลลื่นโดยไม่เกิดปัญหาใดๆ

การจัดการห่วงโซ่อุปทานเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆที่ส่งผลต่อทุกองค์กรในห่วงโซ่อุปทาน ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสำเร็จของการจัดการห่วงโซ่อุปทานหรือปัจจัยที่ทำให้กิจกรรมภายในห่วงโซ่อุปทานนั้นสามารถไหลไปตามกระบวนการได้ คือ ข้อมูล/สารสนเทศ ความร่วมมือกัน การสื่อสาร และปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่งคือข้อมูลความต้องการของลูกค้า หรือข้อมูลคำสั่งซื้อวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปจากลูกค้า จะช่วยให้แต่ละองค์กรในห่วงโซ่อุปทานสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้เพื่อวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ วางแผนการผลิต และยังเป็นการช่วยควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังได้อีกด้วย แต่ในปัจจุบันการที่จะทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้านั้นเป็นเรื่องที่ยาก ทำให้องค์กรต่างๆต้องทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า โดยอาศัยข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาใช้ในการพยากรณ์เพื่อที่จะได้ผลิต และจัดเตรียมสินค้าไว้รองรับกับความต้องการของลูกค้าซึ่งในการพยากรณ์นั้น จะเริ่มตั้งแต่กลุ่มปลายน้ำทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าและเปลี่ยนเป็นปริมาณคำสั่งซื้อเพื่อส่งต่อให้องค์กรกลุ่มกลางน้ำ และกลุ่มกลางน้ำจะส่งปริมาณคำสั่งซื้อที่ได้รับมาต่อไปยังกลุ่มต้นน้ำ และแน่นอนค่าพยากรณ์ความต้องการของลูกค้านั้นย่อมมีความผิดพลาดไปจากค่าจริงรวมอยู่ ซึ่งส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อ โดยความแปรปรวนดังกล่าวจะมีการขยายตัวมากขึ้นจากปลายน้ำไปยังต้นน้ำ (Lee et al, 1997a, b) หรือความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มต้นน้ำจะสูงกว่าปริมาณคำสั่งซื้อของทางกลุ่มปลายน้ำ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์บูลิฟเฟคดังรูปที่ 1.1 ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าที่ผิดพลาดหรือการขาดการอัปเดตข้อมูล ความผันผวนของราคา

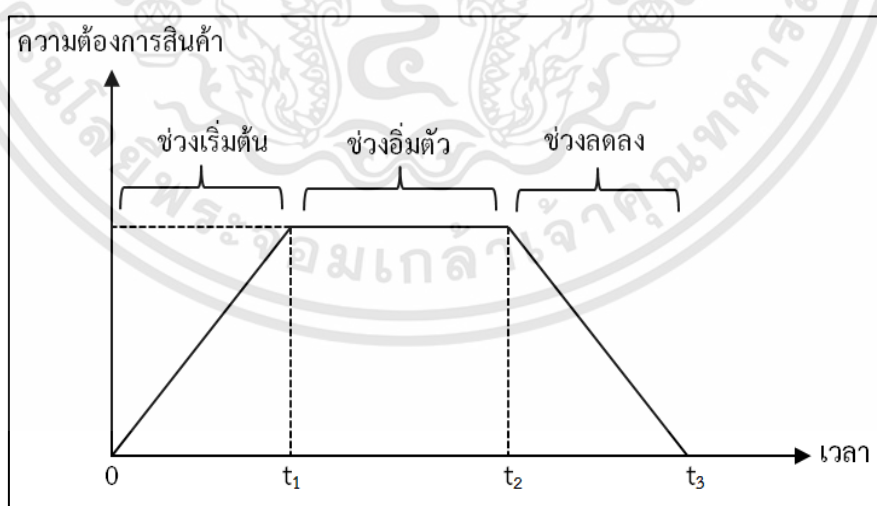
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สินค้าทำให้เกิดการสั่งซื้อเพื่อกักตุนสินค้า การสั่งซื้อสินค้าที่ละมากๆ และความล่าช้าในการส่งข้อมูล และสินค้า ซึ่งการที่จะขจัดปรากฏการณ์บูลิเปอเฟคให้หมดไปนั้นเป็นเรื่องยาก จึงสามารถทำได้เพียงบรรเทาให้เกิดผลน้อยลงโดยการพยายามกำจัดสาเหตุต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นให้หมดไป



รูปที่ 1.1 ปรากฏการณ์บูลิเปอเฟค

ความต้องการของลูกค้ามักจะมีความสัมพันธ์กับตัวสินค้าหรือผลิตภัณฑ์และมักมีพฤติกรรมเป็นไปตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามรูปที่ 1.2 ในปัจจุบันทุกตัวสินค้าจะมีช่วงเวลาในการเข้าสู่ตลาดธุรกิจที่แตกต่างกันไป ซึ่งย่อมมีผลให้กลยุทธ์ในแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) แตกต่างกันไป โดยทั่วไปสามารถแบ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ได้เป็น 3 ช่วง คือ 1. ช่วงเริ่มต้น เป็นช่วงที่ยอดขายของผลิตภัณฑ์ยังค่อนข้างต่ำ เพราะลูกค้ายังไม่รู้จักคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน 2. ช่วงอิมิตัว เป็นช่วงที่ยอดขายอยู่ในระดับสูงสุด แต่อัตราการเพิ่มของยอดขายจะต่ำมากหรือคงที่ และ 3. ช่วงลดลง เป็นช่วงที่ยอดขายอยู่ในสภาพที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง บางผลิตภัณฑ์เริ่มมีผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนกันได้มาแทนที่ (Gorchel, 2000)



รูปที่ 1.2 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle)

อนึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเรื่องบูลิเปอเฟคจะเน้นกำหนดให้ความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามตัวแบบบอซซ์แอนด์เจนกินส์ (ARIMA) ซึ่งปราศจากอิทธิพลของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เช่น งานของ Sirikasemsuk and Luong (2014) ได้ศึกษาและวัดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าบูลิวิเอฟเฟคของโซ่อุปทานที่มีการสั่งซื้อสินค้าจาก 2 แห่ง โดยแบ่งโซ่อุปทานเป็น 3 ระดับ คือ ผู้ผลิต 1 แห่ง, ศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง, ผู้ค้าปลีก 1 แห่ง โดยรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวแทนออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [The First-Order Autoregressive Model (AR(1))] ทุกสมาชิกในโซ่อุปทานจะใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม [Order-up-to Inventory Policy (OUT)] ส่วนเทคนิคการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด [Minimum Mean Square Error (MMSE)] ผลการวิจัยพบว่า ไม่เกิดบูลิวิเอฟเฟคในโซ่อุปทานที่มีการสั่งซื้อสินค้าจาก 2 แห่ง เมื่อพารามิเตอร์ของออเทอริเกรสชันเป็นค่าลบ และ Sirikasemsuk and Luong (2016) ได้ศึกษาการเกิดบูลิวิเอฟเฟค ที่มีรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบเวกเตอร์ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (The First-Order Bivariate Vector Autoregressive Model) ในห่วงโซ่อุปทานสองระดับ คือ มีผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 2 แห่ง และ การวัดผลบูลิวิเอฟเฟคถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (MMSE) จากนั้นมีการทำการทดลองเชิงตัวเลขเพื่อที่จะแสดงพฤติกรรมของบูลิวิเอฟเฟค

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้นมีจำนวนน้อย เช่น งานวิจัยของ Nepal et al. (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบบูลิวิเอฟเฟคและความแปรปรวนของสินค้าคงคลัง (Net-Stock Amplification) ในห่วงโซ่อุปทานที่มีข้อจำกัดและไม่จำกัดในด้านกำลังการผลิต โครงสร้างโซ่อุปทานประกอบด้วยสมาชิก 2 ระดับ คือ ผู้รับจ้างผลิตอุปกรณ์ตามที่กำหนดเพื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ [Original Equipment Manufacturer (OEM)] จำนวน 1 แห่ง, ผู้จัดหาวัตถุดิบลำดับที่ 1 (Supplier) จำนวน 1 แห่ง และผู้จัดหาวัตถุดิบลำดับที่ 2 อีก 1 แห่ง โดยรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ 1. รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นข้อมูลจริงของอุตสาหกรรมรถยนต์ในอเมริกา ซึ่งมีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่แบ่งเป็นสามช่วงโดยใช้พารามิเตอร์ของ AR(1) มาเป็นตัวแทน และ 2. รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยทั้งสองกรณีถูกแทนด้วยตัวแทนออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ผลสรุปหลักของการวิจัยพบว่าในช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการเกิดบูลิวิเอฟเฟคและความแปรปรวนของสินค้าคงคลังมากกว่าช่วงเริ่มต้นและช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ส่วนข้อจำกัดและไม่จำกัดในด้านกำลังการผลิตนั้นไม่มีผลต่อการเกิดบูลิวิเอฟเฟค

ในงานวิจัยของ Nepal et al. (2012) มีหลายประเด็นที่ไม่ได้พิจารณา ได้แก่

1. ไม่ได้เน้นถึงการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์กับแบบที่ไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ แม้ว่าจะมีการกล่าวถึงค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้ารูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์กับแบบที่ไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ได้พูดถึงเงื่อนไขของความเท่ากันของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งสองแบบซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ

2. งานวิจัยของ Nepal et al. (2012) ไม่ได้ศึกษาค่าบูลิวิเอฟเฟคของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในลักษณะอื่นๆ เช่น การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาต่างๆ เป็นต้น
3. งานวิจัยของ Nepal et al. (2012) ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลในการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาถึงเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

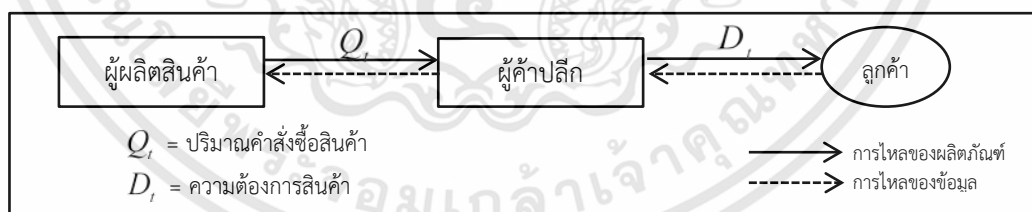
ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จะวิจัยเพิ่มเติมขยายประเด็นทั้ง 3 ที่กล่าวไป ซึ่งงานวิจัยของ Nepal et al. (2012) ไม่ได้พิจารณา เพื่อที่จะเปิดเผยประเด็นเหล่านั้นให้ชัดเจน งานวิจัยฉบับนี้จะศึกษาและเปรียบเทียบค่าบุลวิเปฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยที่รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะถูกแทนด้วยสมการเส้นตรงอย่างง่าย 3 สมการ (1. ช่วงเริ่มต้น 2. ช่วงอิมตัว และ 3. ช่วงลดลง) ซึ่งจะบวกค่าความคลาดเคลื่อนเข้าไป ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบในงานวิจัยฉบับนี้ คือ รูปแบบความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ, การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และรูปแบบความต้องการสินค้าที่เป็นไปตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [AR(1)] นอกจากนี้งานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ้อยเคลื่อนที่ (ซึ่งแตกต่างกับงานของ Nepal et al. (2012)) และใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม จากนั้นทำการสร้างและจำลองค่าบุลวิเปฟเฟคพร้อมวิเคราะห์ผล

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

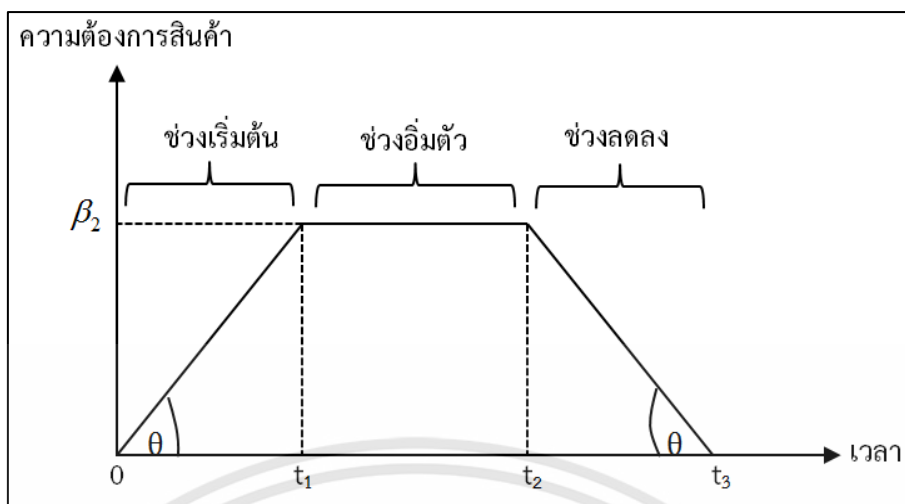
1. เพื่อเปรียบเทียบค่าบุลวิเปฟเฟคภายใต้กรณีที่รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, ลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ, ลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และลักษณะของตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [AR(1)]
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าบุลวิเปฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ

1.3 ขอบเขตการงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ศึกษาโครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน 2 ระดับ คือ ผู้ผลิตสินค้า (Supplier) 1 แห่งและผู้ค้าปลีก (Retailer) 1 แห่งดังรูปที่ 1.3



2. กำหนดให้ความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามลักษณะการโค้งแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ที่มีการแบ่งวงจรออกเป็น 3 ขั้นดังรูปที่ 1.4 คือ (1) ช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Introduction) (2) ช่วงอิมตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Maturity) และ (3) ช่วงลดลงของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Decline) เหมือนงานของ Nepal et al. (2012) และ Mahajan and Muller (1979)



รูปที่ 1.4 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (รูปแบบที่ 1)

3. กำหนดให้การจำลองความต้องการสินค้าของลูกค้ามี 4 รูปแบบดังรูปที่ 1.5 คือ รูปแบบที่ 1 ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life-Cycle) โดยมีสมการความต้องการสินค้าของลูกค้าดังสมการที่ 1.1

$$D_t = \begin{cases} \beta_1 t + \varepsilon_t & : 0 < t \leq t_1 \\ \beta_2 + \varepsilon_t & : t_1 < t \leq t_2 \\ \beta_0 - \beta_1 t + \varepsilon_t & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases} \quad (1.1)$$

เมื่อ $0 < t \leq t_1$ คือ ช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$t_1 < t \leq t_2$ คือ ช่วงอิมิตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$t_2 < t \leq t_3$ คือ ช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \varepsilon_t$ ดูคำอธิบายที่หัวข้อ 1.7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

รูปแบบที่ 2 ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ

รูปแบบที่ 3 ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

รูปแบบที่ 4 รูปแบบความต้องการสินค้าเป็นไปตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง โดยมีสมการความต้องการสินค้าของลูกค้าดังสมการที่ 1.2

$$D_t = \delta + \phi D_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1.2)$$

เมื่อ D_t คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน โดยที่ $\varepsilon_t \sim \text{Normal}(\mu, \sigma_\varepsilon^2)$ เมื่อ $\mu=0$ และ σ_ε^2 เป็นค่าคงที่
หนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ϕ คือ พารามิเตอร์ของตัวแบบอเทอร์เกรสชัน

δ คือ พารามิเตอร์คงที่ของตัวแบบอเทอร์เกรสชัน

4. จากสมการที่ 1.1 ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) สามารถคำนวณได้จากแทนเจนต์ (tangent) ของมุมมอง เช่น $\tan 10^\circ = 0.176$, $\tan 20^\circ = 0.364$ ดังตารางที่ 1.1 สำหรับใช้ศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แตกต่างกันที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของความต้องการสินค้าเท่ากันต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค (ดูในบทที่ 4) และตารางที่ 1.2 สำหรับใช้ศึกษาผลกระทบของค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาหรือความชัน (β_1) ต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค ซึ่งจะมีค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาละเอียดกว่าตารางที่ 1.1 (ดูในบทที่ 5)

ตารางที่ 1.1 ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4

องศาของมุม (θ)	0.5	10	20	30	40	50	60	70
ค่า β_1	0.01	0.176	0.364	0.577	0.839	1.192	1.732	2.747

ตารางที่ 1.2 ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 5

องศาของมุม (θ)	0.5	5	10	15	20	25	30	35	40	45
ค่า β_1	0.01	0.087	0.176	0.268	0.364	0.466	0.577	0.7	0.839	1
องศาของมุม (θ)	50	55	60	65	70	75				
ค่า β_1	1.192	1.428	1.732	2.145	2.747	3.732				

หมายเหตุ (1) ค่ามุมตั้งแต่ 80 องศาถึง 90 องศา ไม่ถูกพิจารณา เพราะไม่สามารถจำลองค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าให้มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากันทั้ง 4 รูปแบบได้

(2) ค่ามุมมองมากกว่า 90 ขึ้นไปไม่ถูกพิจารณา เพราะจะไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

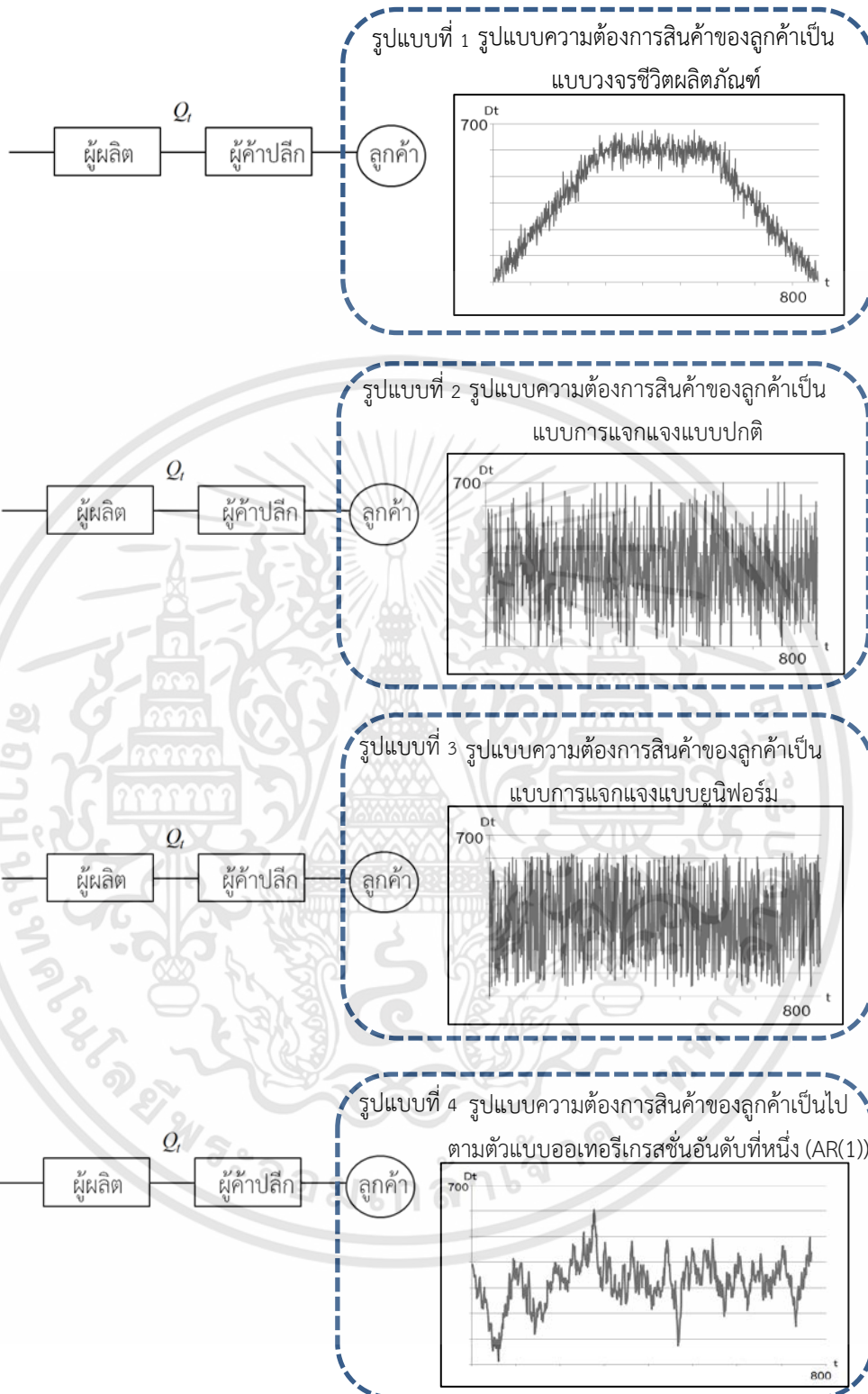
(3) ตารางที่ 1.2 จะมีความละเอียดมากกว่าตารางที่ 1.1 เพราะตารางที่ 1.2 จะถูกใช้ในการศึกษาผลกระทบของค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาต่อบูลิวิเอฟเฟค

5. จากสมการที่ 1.1 ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ช่วงเริ่มต้น, ช่วงอิมิตัว, และช่วงลดลง มีช่วงเวลาเท่ากัน (นั่นคือ $t_1 = t_2 - t_1 = t_3 - t_2$ ซึ่งจะได้ $t_2 = 2t_1, t_3 = 2t_1$) เพื่อลดจำนวนปัจจัยที่ต้องศึกษาลง

6. จากสมการที่ 1.1 ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (σ_ϵ^2) มีค่าตั้งแต่ 1000, 3000, 5000 และ 7000

7. ในการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคในแต่ละครั้งจะถูกเปรียบเทียบอยู่บนพื้นฐานของค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้า (μ_d) ต้องเท่ากัน, ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า (σ_d^2) ต้องเท่ากัน

หมายเหตุ ระยะเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (t) ในทั้ง 4 รูปแบบ มีค่าเท่ากัน



หมายเหตุ รูปแบบที่ 2, 3 และ 4 เป็นตัวแบบที่ไม่มีลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

รูปที่ 1.5 การเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กำหนดให้ทุกสมาชิกในห่วงโซ่อุปทาน ใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Order-up-to Inventory Policy) ดังนั้นปริมาณคำสั่งซื้อสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1.3

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1} \quad (1.3)$$

ที่ซึ่ง

$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\hat{\sigma}_t^L \quad (1.4)$$

เมื่อ

Q_t คือ ปริมาณคำสั่งซื้อโดยผู้ค้าปลีก

S_t คือ ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ณ ช่วงเวลา t

\hat{D}_t^L คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าที่ผู้ค้าปลีก

$\hat{\sigma}_t^L$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการพยากรณ์

ความต้องการสินค้าของลูกค้ากับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริงระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้า

9. กำหนดให้ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Forecasting Method) ดังสมการที่ 1.5

$$F_t = \left(\frac{1}{p}\right) \sum_{i=1}^p D_{t-i} \quad (1.5)$$

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, p$

10. กำหนดให้ระยะเวลานำส่งสินค้า (Lead Time) เท่ากับ 1

11. วิธีคำนวณค่าบูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ในสมการที่ 1.6

$$\text{บูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect, BW)} = \frac{\text{ความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีก}}{\text{ความแปรปรวนของความต้องการของลูกค้า}}$$

$$BW = \frac{VAR(Q_t)}{VAR(D_t)} \quad (1.6)$$

12. กำหนดให้หน่วยเวลาที่ใช้ในการวิจัยนี้มีหน่วยเป็น วัน นั่นคือ t มีหน่วยเป็น วัน และสัญลักษณ์อื่นๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะอธิบายไว้ดังตารางที่ 1.3

13. งานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณารูปแบบของการแจกแจงของความต้องการของลูกค้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์การเกิดบูลิปีเอฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามตัวแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ได้
2. สามารถหาวิธีการช่วยลดค่าบูลิปีเอฟเฟคลงได้

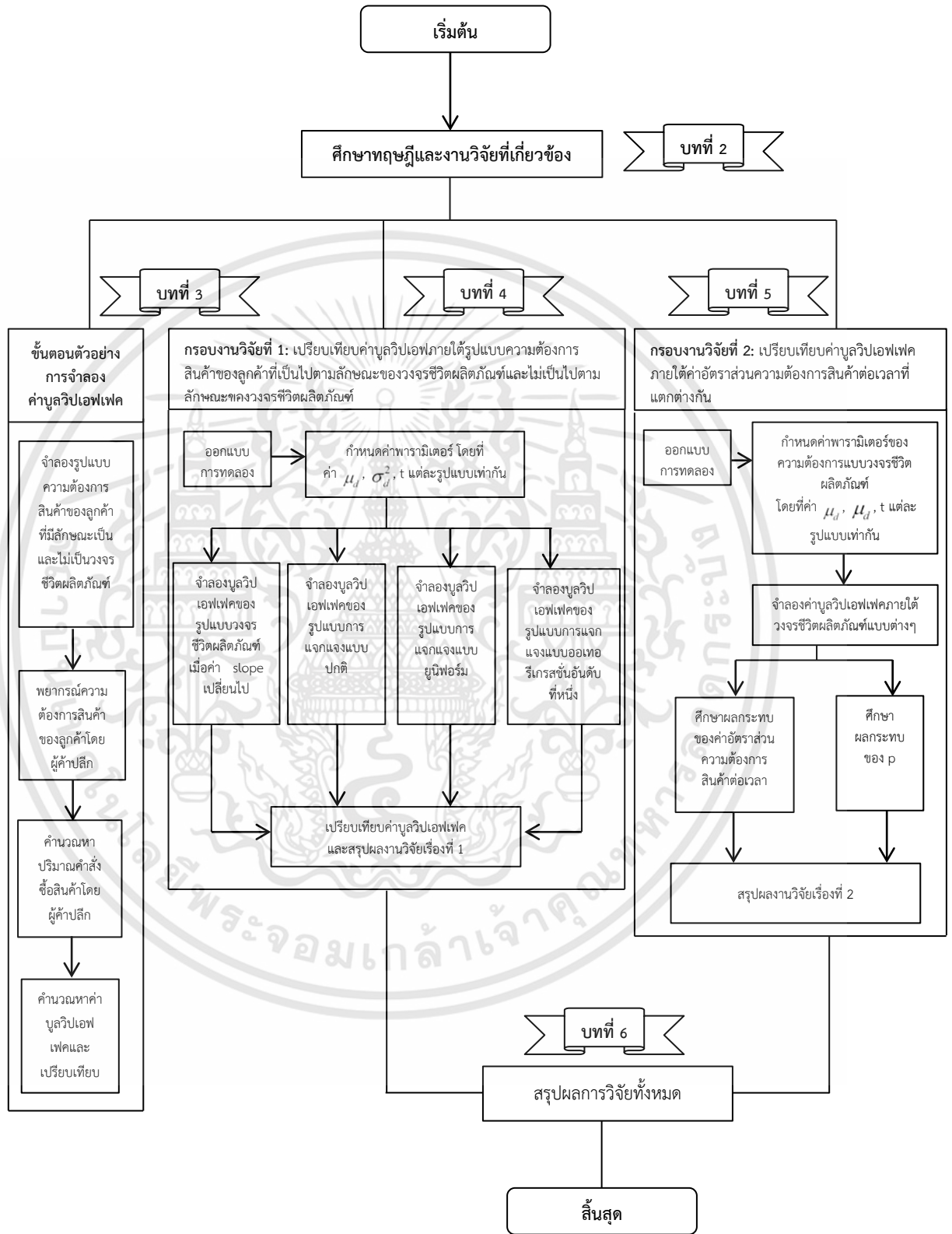
1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย

แผนการดำเนินงานวิจัยของงานวิจัยนี้มีดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย (ดูบทที่ 1)
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ดูบทที่ 2)
3. ศึกษาและฝึกสร้างจำลองโมเดลอย่างง่ายเพื่อทำความเข้าใจในวิธีการจำลอง (ดูบทที่ 3)
4. สร้างและจำลองการเกิดบูลิปีเอฟเฟคโดยใช้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าเป็นไปตามลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (ดูบทที่ 3)
5. สร้างและจำลองการเกิดบูลิปีเอฟเฟคโดยใช้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ (ดูบทที่ 3)
6. เปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ (ดูบทที่ 4)
7. เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ต่อค่าบูลิปีเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (ดูบทที่ 5)
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (ดูบทที่ 6)

1.6 กรอบการดำเนินงานวิจัย

กรอบการวิจัยของงานวิจัยฉบับนี้เป็นไปดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สัญลักษณ์และความหมายที่ถูกใช้ในงานวิจัยฉบับนี้จะถูกประกาศตามตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

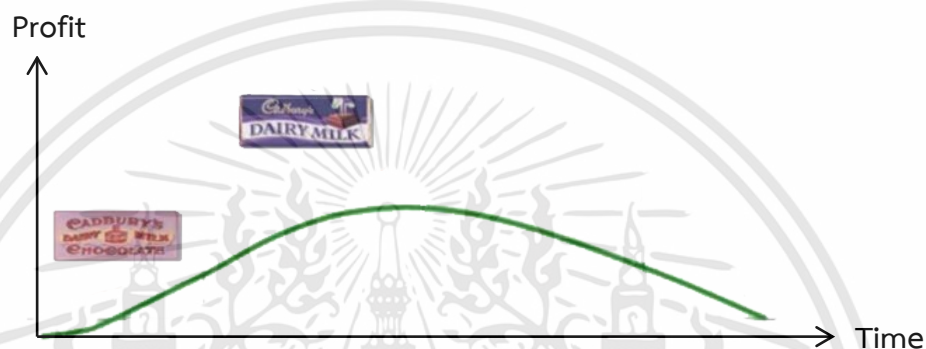
สัญลักษณ์	ชื่อภาษาไทย
BW	บุลวิปเอฟเฟค
D_t	ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t
F_t	ค่าพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าโดยผู้ค้าปลีก ณ ช่วงเวลา t
S_t	ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ณ ช่วงเวลา t
Q_t	ปริมาณคำสั่งซื้อโดยผู้ค้าปลีก
L	ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตถึงผู้ค้าปลีก
p	จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย
ε_t	ค่าความคลาดเคลื่อน โดยที่ $\varepsilon_t \sim \text{Normal}(\mu, \sigma_\varepsilon^2)$ เมื่อ $\mu=0$ และ σ_ε^2 เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ
σ_ε^2	ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน
μ_d	ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้า
σ_d^2	ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า
z	ค่าคะแนนมาตรฐาน
\hat{D}_t^L	ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าที่ผู้ค้าปลีก
$\hat{\sigma}_t^L$	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้ากับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริงระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้า
β_0	ค่าคงที่ในสมการช่วงลดลงของชีวิตผลิตภัณฑ์
β_1	ค่าอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้ากับเวลาหรือค่าความชัน (slope)
β_2	ค่าความต้องการสินค้าคงที่ในช่วงอ้อมตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์
δ	พารามิเตอร์คงที่ของตัวแบบออเทอริเกรสชัน
ϕ	พารามิเตอร์ของตัวแบบออเทอริเกรสชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

ช็อกโกแลตแคดเบอร์รี่ (Cadbury Dairy Milk) เป็นช็อกโกแลตสัญชาติอังกฤษที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับหนึ่งในอังกฤษและ อีกหลายประเทศทั่วโลก โดยทำจากวัตถุดิบที่ได้รับการคัดเลือกอย่างพิถีพิถัน และผ่านกรรมวิธีพิเศษในการผสมผสานทุกส่วนประกอบให้เข้ากันอย่างลงตัว จนได้รสชาติแสนอร่อย เนียนนุ่ม ละมุนลิ้น อันเป็นที่มาของเอกลักษณ์ “ยอมทุกอย่างเพื่อรสชาติ อร่อย... เนียนนุ่ม” ของแคดเบอร์รี่ทั่วโลกในปัจจุบันนี้

CDM Product Life



รูปที่ 1.7 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ของช็อกโกแลตแคดเบอร์รี่

จากรูปที่ 1.7 แสดงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตแคดเบอร์รี่ ในช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตแคดเบอร์รี่ได้มีการเปลี่ยนรูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้ทันสมัยและโดดเด่นมากขึ้น เพื่อให้ลูกค้าจำสินค้าได้และหันมาบริโภคมากขึ้น ซึ่งจากการเปลี่ยนรูปแบบของผลิตภัณฑ์นั้นก็ส่งผลทำให้ยอดขายในช่วงเริ่มต้นนั้นค่อยๆเพิ่มขึ้นจนมาถึงช่วงอิมิตัวของผลิตภัณฑ์และยอดขายค่อยๆลดลงในช่วงสุดท้ายของผลิตภัณฑ์และเมื่อยอดขายเริ่มลดลงนั้น ช็อกโกแลตแคดเบอร์รี่จะมีกลยุทธ์ออกมาเพื่อทำให้ยอดขายนั้นไม่ลดลง เช่น การออกแบบกล่องใส่ผลิตภัณฑ์แบบใหม่ การออกแบบแพคเกจใหม่ๆเพื่อกระตุ้นยอดขายและกำไร เป็นต้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect) และ วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ซึ่งมีรายละเอียดหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 บูลวิปเอฟเฟค และ สาเหตุที่ทำให้เกิดบูลวิปเอฟเฟค
- 2.2 ห่วงโซ่อุปทาน และ โครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน
- 2.3 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และ ขั้นตอนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
- 2.4 เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่
- 2.5 นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม
- 2.6 ตัวแบบอเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บูลวิปเอฟเฟค และ สาเหตุที่ทำให้เกิดบูลวิปเอฟเฟค

บูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากความแปรปรวนของคำสั่งซื้อในแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทาน โดยความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มต้นน้ำจะสูงกว่าปริมาณคำสั่งซื้อของทางกลุ่มปลายน้ำ ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การที่ไม่รู้อุปสงค์ที่แท้จริงของลูกค้าจึงทำให้เกิดคำสั่งซื้อหรือความต้องการที่ผิดพลาดไป การขาดการสื่อสารในแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์บูลวิปเอฟเฟค ได้แก่ (Lee and Whang, 1997a, b)

1. การพยากรณ์ที่ผิดพลาด (Incorrect Demand Forecast) (กุลเชษฐ์ มงคล, 2556) เกิดขึ้นจากการที่ผู้ขาย ผู้ผลิต และซัพพลายเออร์ทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า ในลักษณะต่างคนต่างพยากรณ์อีกทั้งยังไม่มี การเชื่อมโยงข้อมูลถึงกัน เนื่องจากการขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัย ความต้องการสินค้าโดยปราศจากการวางแผน ส่งผลให้เกิดภาวะความต้องการจำนวนมาก ซึ่งแท้ที่จริงอาจจะเป็นเพียงความต้องการของลูกค้าเพียงไม่กี่ราย แต่ความยุ่งยากนั้นได้สะท้อนกลับมายังระบบการบริหารจัดการไปจนถึงฝ่ายผลิต ซึ่งผู้ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดก็คือ ผู้ผลิตที่อยู่ท้ายสุดในห่วงโซ่ของระบบ ความต้องการที่ไหลไม่แน่นอนเหล่านี้ก่อให้เกิดการแข่งขันผลิต ด้วยความต้องการเข้าครอบครองและเร่งให้มีการจัดส่งวัตถุดิบมาก (Mongkol, 2009)

2. ความต้องการสั่งของแต่ละครั้งในปริมาณมากๆ (Order Batching) เป็นอีกสาเหตุที่สำคัญที่ก่อให้เกิดบูลวิปเอฟเฟค โดยผู้ขายจะทำการสั่งซื้อตามรอบเวลาที่กำหนดและสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้งในปริมาณมาก เพื่อที่จะสามารถต่อรองราคาได้และได้สินค้าในราคาถูก ทำให้มีสินค้ามากเกินความจำเป็น

3. ความผันผวนของราคา (Price Fluctuation) เป็นสาเหตุสำคัญอีกประการที่กระตุ้นการเกิดบูลวิปเอฟเฟค เนื่องจากราคาที่ขึ้นลงของสินค้าไม่ว่าจะเป็นสินค้าประเภทวัตถุดิบ (Raw Material) หรือสินค้าที่ผลิตเสร็จและรอการจำหน่าย (Finished Goods) ต่างถูกผู้ผลิตหรือผู้ขายที่ต้องการจะลดต้นทุนทำการกักตุนสินค้าไว้ในเวลาที่สินค้าดังกล่าวราคาขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่มากกว่าความต้องการจริงของลูกค้าในตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพยายามกักตุนสินค้า (Shortage Gaming) การพยายามกักตุนนี้มักจะเกิดขึ้นในเวลา ที่ลูกค้ามีความต้องการมากกว่าความสามารถในการผลิตในตลาด หรือเรียกอีกอย่างว่าอุปสงค์ (Demand) มากกว่าอุปทาน (Supply) ดังนั้นทำให้ร้านค้าต่างๆพยายามสั่งซื้อสินค้าจากผู้ผลิตใน ปริมาณที่มากกว่าความเป็นจริง เพียงเพื่อที่จะได้ส่วนแบ่งสินค้าให้มากกว่าปกติและสามารถนำไปขาย ได้ราคาที่สูงขึ้น

2.2 ห่วงโซ่อุปทาน และ โครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน

ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) เป็นเหมือนเครือข่ายการทำงานร่วมกัน หรือทำกิจกรรม ร่วมกันที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสภาพจากวัตถุดิบไปเป็นสินค้าสำเร็จรูป หรือการบริการ โดยสมาชิก ภายในห่วงโซ่อุปทานจะมีวัตถุประสงค์เหมือนกันคือ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันให้มี ประสิทธิภาพในการดำเนินงานในระยะยาว (สิทธิพร พิมพ์สกุล, 2559)

โดยทั่วไปจะแบ่งโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานออกเป็น 3 ระดับคือ 1. ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) หรือเรียกว่ากลุ่มต้นน้ำ ซึ่งมีหน้าที่หาวัตถุดิบ (Material) ที่ใช้ในการผลิตสินค้าสำเร็จรูป ซึ่งผู้จัดหา วัตถุดิบจะมีการทำข้อตกลงกับผู้ผลิต (Manufacturer) ว่าจะหาและส่งมอบวัตถุดิบให้กับผู้ผลิตเพื่อใช้ ในการผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปต่อไป 2. ผู้ผลิต (Manufacturer) หรือเรียกว่ากลุ่มกลางน้ำ ผู้ผลิตมี หน้าที่นำวัตถุดิบที่ได้จากผู้จัดหาวัตถุดิบมาผลิตหรือผ่านกระบวนการเปลี่ยนจากวัตถุดิบเป็นสินค้า สำเร็จรูป เพื่อส่งมอบต่อให้ร้านค้าปลีก 3. ผู้ค้าปลีก (Retailer) หรือเรียกว่ากลุ่มปลายน้ำ จะทำการ รับสินค้าสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการผลิตจากผู้ผลิตแล้ว เพื่อมีไว้จำหน่ายให้แก่ลูกค้า (Customer) ซึ่งลูกค้าจะทำการซื้อสินค้าจากร้านค้าปลีกเพื่อนำไปใช้บริโภค อุปโภคตามที่ต้องการ

2.3 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) เป็นรูปแบบหรือแนวโน้มของความต้องการ ผลิตภัณฑ์หนึ่งของลูกค้าเมื่อช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกได้ 3 ชั้น คือ 1. ชั้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (Introduction) 2. ชั้นอิมตัวของผลิตภัณฑ์ (Maturity) และ 3. ชั้น ลดลงของผลิตภัณฑ์ (Decline) (Nepal et al., 2012 และ Mahajan and Muller, 1979)

วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยวงจร 3 ขั้นตอน คือ

1. ชั้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (Introduction) ในช่วงนี้ยอดขายของผลิตภัณฑ์ยังค่อนข้างตกต่ำ เพราะลูกค้ายังไม่รู้จักถึงสินค้า ยังไม่รู้ถึงคุณประโยชน์ สรรพคุณของสินค้า บริษัทจึงพยายามที่จะ สร้างการรับรู้ผลิตภัณฑ์และต้องการที่จะพัฒนาตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์โดยการสร้างตราสินค้าและ ยกกระตือรือร้นคุณภาพของสินค้า

2. ชั้นอิมตัวของผลิตภัณฑ์ (Maturity) เป็นจุดที่การเติบโตของตลาดสูงสุด อัตราการเพิ่มของ ยอดขายอาจจะต่ำลงหรือคงที่ อาจเกิดการแข่งขันกับคู่แข่งที่มีการขายผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันหรือ คล้ายคลึงกันซึ่งวัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้คือการปกป้องส่วนแบ่งการตลาดในขณะที่มีการเพิ่มผลกำไร (Gorchels, 2000)

3. ชั้นลดลงของผลิตภัณฑ์ (Decline) เป็นช่วงที่ยอดขายลดลงอย่างต่อเนื่อง บางผลิตภัณฑ์ อาจมีเยื่ออื่นมาทดแทน บางธุรกิจถึงขั้นออกจากตลาดไปเพราะขาดทุน

โดยงานวิจัยนี้มีสมการความต้องการสินค้าของลูกค้าดังสมการที่ 1.1

$$D_t = \begin{cases} \beta_1 t + \varepsilon_t & : 0 < t \leq t_1 \\ \beta_2 + \varepsilon_t & : t_1 < t \leq t_2 \\ \beta_0 - \beta_1 t + \varepsilon_t & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases}$$

เมื่อ $0 < t \leq t_1$ คือ ช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$t_1 < t \leq t_2$ คือ ช่วงอิมิตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$t_2 < t \leq t_3$ คือ ช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \varepsilon_t$ ดูคำอธิบายที่หัวข้อ 1.7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

โดยช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้มีสูตรมาจากงานวิจัยของ Chen et al. (2000b)

2.4 เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ เป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่ใช้จำนวนข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาหาค่าเฉลี่ย โดยมีสมการในพยากรณ์ดังสมการที่ 2.1

$$F_t = \left(\frac{1}{p}\right) \sum_{i=1}^p D_{t-i} = \left(\frac{1}{p}\right) (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-p}) \quad (2.1)$$

เมื่อ F_t คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t โดยผู้ค้าปลีก

p คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย

D_{t-1} คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา $t-1$

2.5 นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม

นโยบายสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม (Order Up To Level) หมายถึง เป็นการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้สินค้ามีระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม โดยในแต่ละช่วงเวลา ถ้าปริมาณสินค้าในคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม จะทำการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม แต่ถ้าปริมาณสินค้าในคลังสูงกว่าระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมจะไม่ทำการสั่งซื้อสินค้า ดังนั้นปริมาณคำสั่งซื้อสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.2

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1} \quad (2.2)$$

ที่ซึ่ง
$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\hat{\sigma}_t^L \quad (2.3)$$

เมื่อ Q_t คือ ปริมาณคำสั่งซื้อโดยผู้ค้าปลีก

S_t คือ ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ณ ช่วงเวลา t

\hat{D}_t^L คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าที่ผู้ค้าปลีก
 σ_t^L คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการพยากรณ์
 ความต้องการสินค้าของลูกค้ากับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริง
 ระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้า

2.6 ตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง

งานวิจัยฉบับนี้กำหนดใช้ตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ตามสูตรของ Chen et al. (2000a, b) ตามสมการที่ 2.4

$$D_t = \delta + \phi D_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.4)$$

เมื่อ D_t คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน โดยที่ $\varepsilon_t \sim \text{Normal}(\mu, \sigma_\varepsilon^2)$ เมื่อ $\mu=0$ และ σ_ε^2 เป็นค่าคงที่
 หนึ่งๆ

ϕ คือ พารามิเตอร์ของตัวแบบออเทอริเกรสชัน

δ คือ พารามิเตอร์คงที่ของตัวแบบออเทอริเกรสชันและมีสูตรคำนวณค่าบูลวิเปฟเฟดดัง
 สมการที่ 2.5

$$BW = 1 + \left(\frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2} \right) (1 - \phi^p) \quad (2.5)$$

เมื่อ L คือ ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตถึงผู้ค้าปลีก

p คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kurawarwala and Matsuo (1996) ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์และการจัดการสินค้าคงคลังของผลิตภัณฑ์ที่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบระยะสั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อนำเสนอรูปแบบการเติบโตของสินค้าที่สามารถใช้เพื่อการพยากรณ์แบบรายเดือนที่ถูกต้องสำหรับวงจรชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลความต้องการสินค้าจากผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และ สร้างรูปแบบปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับสภาพแวดล้อมวงจรชีวิตสั้น ๆ

Lee et al. (1997a, b) กล่าวถึงสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดบูลวิเปฟเฟด (Bullwhip Effect) ในห่วงโซ่อุปทาน โดยกล่าวถึงสาเหตุหลัก 4 ประการที่ทำให้เกิดบูลวิเปฟเฟด นั้นคือ 1. การปรับปรุงการพยากรณ์ความต้องการสินค้า กล่าวคือถ้ามีการใช้ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการสินค้าที่มีการปรับปรุงให้เป็นข้อมูลล่าสุดของแต่ละชั้นของห่วงโซ่อุปทานก็จะสามารถลดบูลวิเปฟเฟดได้ 2. คำสั่งซื้อแบบทีละมากๆ คือ เมื่อมีการสั่งซื้อครั้งละจำนวนมากๆ จะทำให้ช่วงเวลาที่เหลือมีความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้าเพิ่มขึ้น 3. ความผันผวนของราคา เมื่อเกิดความผันผวนของราคาก็จะส่งผลต่อการตัดใจซื้อสินค้าของลูกค้าซึ่งจะนำไปสู่การเกิดบูลวิเปฟเฟด ปริมาณความต้องการของลูกค้าและปริมาณคำสั่งซื้อเกิดความแปรปรวน และ 4. การพยายามกักตุนสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen et al. (2000a) ได้ศึกษาปริมาณมูลวิปเอฟเฟคในห่วงโซ่อุปทานแบบง่าย คือ ห่วงโซ่อุปทานแบบสองระดับ คือ มีผู้ผลิต 1 แห่ง และ ผู้ค้าปลีก 1 แห่ง และเบื้องต้นคาดว่า มี 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามูลวิปเอฟเฟค นั่นคือ 1. เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้า (Demand Forecasting) และ 2. ระยะเวลาส่งสินค้า (Lead Time) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มูลวิปเอฟเฟคยังคงเกิดขึ้นแม้ว่าจะมีการแชร์ข้อมูลของความต้องการสินค้าในทุกชั้นบนห่วงโซ่อุปทาน และ ใช้เทคนิคการพยากรณ์ และนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบเดียวกันทุกชั้นตอน ผลจากการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการประเมินค่ามูลวิปเอฟเฟค ที่เหมาะสมที่สุดจะต้องพิจารณาการจัดการสินค้าคงคลังและเทคนิคการพยากรณ์ที่นำมาใช้ในทางปฏิบัติ

Chen et al. (2000b) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing (ES)) ต่อค่ามูลวิปเอฟเฟคในห่วงโซ่อุปทานแบบ 2 ระดับ คือ 1 ผู้ผลิต และ 1 ผู้ค้าปลีก ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ไม่ได้เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ความต้องการสินค้า

Zhang (2004) ได้ศึกษาผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์ต่อค่ามูลวิปเอฟเฟค โดยทำการเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ 3 วิธีคือ 1. ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (Minimum Mean Square Error (MMSE)) 2. เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average (MA)) และ 3. เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing (ES)) โดยมีรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นไปตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [The First-Order Autoregressive Model (AR(1))] ผลลัพธ์จากการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการพยากรณ์มีบทบาทสำคัญต่อระยะเวลานำส่งสินค้า และรูปแบบความต้องการสินค้า ต่อ ค่ามูลวิปเอฟเฟค และเทคนิคการพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือ วิธีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (MMSE) ซึ่งถ้าใช้วิธีการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด กับ ระยะเวลาส่งสินค้าที่มีระยะสั้นก็จะมีผลต่อการลดค่ามูลวิปเอฟเฟคได้มากที่สุด

Zhao et al. (2002) ได้ศึกษาผลกระทบของรูปแบบการพยากรณ์เกี่ยวกับประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานและคุณค่าของการแชร์ข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานที่มีเพียง 1 ผู้ผลิต กับ หลายผู้ค้าปลีก ภายใต้ความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน ซึ่งการแชร์ข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1. ไม่มีการแชร์ข้อมูลความต้องการสินค้า และ 2. มีการแชร์ความต้องการสินค้าหรือข้อมูลคำสั่งซื้อสินค้าจากการจำลองสถานการณ์การวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่าการแบ่งปันข้อมูลความต้องการสินค้าอาจมีประสิทธิภาพต่อห่วงโซ่อุปทานซึ่งจะนำไปสู่การประหยัดต้นทุนทั้งในส่วนของผู้ผลิตและผู้ค้าปลีก

Hosoda and Disney (2004) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างนโยบายของคำสั่งซื้อกับความแปรปรวนของระดับสินค้าคงคลังซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดมูลวิปเอฟเฟค ซึ่งนโยบายของคำสั่งซื้อที่ได้ศึกษาคือ นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม (Order-Up-To Inventory Policy (OUT)) และทำการเปรียบเทียบนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้า 3 แบบ คือ 1. วิธีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (MMSE) 2. เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และ 3. เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่านโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าและค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดแคลน และผลจากการเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้าทั้ง 3

แบบได้ผลว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ทำให้ค่าความแปรปรวนของระดับสินค้าคงคลังต่ำสุด

Luong (2007) ได้ศึกษาการวัดผลของบูลวิปเอฟเฟคสำหรับห่วงโซ่อุปทานสองระดับ คือมีผู้ค้าปลีก 1 แห่งและผู้ผลิต 1 แห่ง โดยมีรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นไปตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าค่าขอบเขตบนสุดมีประโยชน์ในการประเมินอิทธิพลของบูลวิปเอฟเฟค และสามารถช่วยในการลดผลกระทบของผลบูลวิปเอฟเฟคในห่วงโซ่อุปทานเมื่อระยะเวลาส่งสินค้าเพิ่มขึ้นและผลการวิจัยยังบ่งบอกอีกว่าค่าของบูลวิปเอฟเฟคจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ 1. ระยะเวลาส่งสินค้า และ 2. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแบบออเทอริเกรสชัน

Hong and Ping (2007) ได้วิเคราะห์บูลวิปเอฟเฟคในห่วงโซ่อุปทานแบบสองระดับ คือมีผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 1 แห่ง โดยมีการนำเทคโนโลยีการพยากรณ์เข้ามาช่วยในการพยากรณ์ความต้องการสินค้า 3 วิธีคือ 1. เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2. เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3. วิธีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error-Optimal (MMSE)) และใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ ทำการเปรียบเทียบเทคนิคทั้งสาม ผลการวิจัยสรุปได้ว่าถ้าระยะเวลาส่งสินค้ามีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ วิธีการพยากรณ์แบบถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลจะช่วยลดค่าบูลวิปเอฟเฟค ได้ดีกว่าวิธีวิธีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MMSE) และถ้าระยะเวลาส่งสินค้ามีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ วิธีวิธีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MMSE) จะช่วยลดค่าบูลวิปเอฟเฟคได้ดีกว่าวิธีเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

Wright and Yuan (2008) ได้ทำการศึกษาการลดผลกระทบของบูลวิปเอฟเฟค โดยมีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของเทคนิคการพยากรณ์ 3 วิธีคือ 1. เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2. วิธีไฮลท์-วินเทอร์ และ 3. วิธีการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โปเนนเชียลสองชั้น ผลการวิจัยได้อธิบายว่าบูลวิปเอฟเฟค ยังคงมีอยู่ในห่วงโซ่อุปทานเช่นเดิม แต่ก็สามารถลดบูลวิปเอฟเฟค ได้ถึง 55% จากการใช้นโยบายคำสั่งซื้อสินค้า และ ผลการวิจัยยังบ่งบอกว่าวิธีการพยากรณ์แบบไฮลท์-วินเทอร์ หรือวิธีการปรับเรียบด้วยเอ็กซ์โปเนนเชียลสองชั้นเหมาะแก่การนำไปใช้ในการพยากรณ์ความต้องการสินค้าในแต่ละชั้นของห่วงโซ่อุปทาน

Bayraktar et al. (2008) ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลบนบูลวิปเอฟเฟคสำหรับการจัดการห่วงโซ่อุปทานอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Supply Chain Management (E-SCM)) ผลการวิจัยได้บ่งบอกว่าระยะเวลาส่งสินค้าที่ยาวนานขึ้นและการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่ไม่ดีนั้นจะนำมาสู่การเกิดบูลวิปเอฟเฟค ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานอิเล็กทรอนิกส์ แต่ถ้ามีฤดูกาลที่เพิ่มมากขึ้นแม้ว่าจะทำให้ความแม่นยำของการพยากรณ์ลดลงแต่ก็สามารถทำให้บูลวิปเอฟเฟคลดลงได้อีกด้วย

Chung and Wee (2008) ได้ศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์สีเขียวที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อต้นทุนของการถอดเปลี่ยนชิ้นส่วน การซ่อมแซม การผลิตใหม่ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ศึกษาผลกระทบของการออกแบบผลิตภัณฑ์สีเขียวต่อการวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีใหม่ และนโยบายสินค้าคงคลังการผลิต และการพัฒนาแบบจำลองสินค้าคงคลังที่เชื่อมสภาพด้วยการออกแบบ และการปรับปรุงมูลค่าวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์สีเขียว ผลการวิจัยพบว่าวิวัฒนาการของเทคโนโลยีใหม่ อัตราการรับคืน และระบบ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสินค้าคงคลังในห่วงโซ่อุปทานสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bhattacharya and Bandyopadhyay (2011) ได้กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดบูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect) ซึ่งสามารถแบ่งสาเหตุออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ 1. สาเหตุจากการดำเนินงาน 16 สาเหตุ และ 2. สาเหตุที่เกี่ยวข้องพฤติกรรม 3 สาเหตุ ทั้งหมด 19 สาเหตุ ได้แก่ เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้า (Demand Forecasting), นโยบายของคำสั่งซื้อ (Ordering Policy & Batching), ความผันผวนของราคา (Price Fluctuation), การพยายามกักตุนสินค้า (Rationing & Shortage Gaming), ระยะเวลาขนส่งสินค้า (Lead Time), นโยบายการจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory Policy), นโยบายการเติมเต็มสินค้า (Replenishment Policies), ระบบควบคุมการทำงานที่ไม่ถูกต้อง (Improper Control System), การขาดความโปร่งใส (Lack Of Transparency), จำนวนระดับในห่วงโซ่อุปทาน (Number of Echelons), ผลทวีคูณของคำสั่งสินค้า (Multiplier Effect), การขาดการประสานงาน (Lack of Synchronization), การรับรู้ถึงความคิดเห็นที่ไม่ถูกต้อง (Misperception of Feedback), การเพิ่มประสิทธิภาพโดยปราศจากวิสัยทัศน์ (Local Optimization Without Global Vision), กระบวนการทำงานของบริษัท (Company Processes), ขีดจำกัดของกำลังการผลิต (Capacity Limits), การกลัวสินค้าขาดสต็อก (Fear of Empty Stock), การเรียนรู้และการฝึกอบรม (Learning and/or Training) และการละเลยเวลาที่ล่าช้า (Neglecting Time Delays)

Wang et al. (2010) ได้ทำการเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect) โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้า 3 วิธี คือ 1. เทคนิคการพยากรณ์แบบตรง (Correct Forecasts) 2. เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA) และ 3. เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ES) โดยมีรูปแบบความต้องการแบบออเทอริเกอเรสซันค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)) 3 แบบคือ ARIMA(1,0,0), ARIMA(0,0,1), ARIMA(1,0,1) ที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ระหว่างปริมาณคำสั่งซื้อ กับปริมาณความต้องการที่แท้จริง ในการขยายผลของบูลวิปเอฟเฟค และความถูกต้องของการพยากรณ์จะมีผลในการช่วยปรับปรุงระยะเวลานำส่งสินค้าและผลการวิจัยยังกล่าวว่า ความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งจำเป็นที่สามารถควบคุมความแปรปรวนของคำสั่งซื้อที่เป็นปัจจัยหลักของบูลวิปเอฟเฟค และภายใต้ความต้องการของลูกค้าที่ถูกต้อง ทางบริษัท หรือองค์กรก็จะสามารถจัดหาวิธีพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าและนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังที่เหมาะสมโดยมีค่าบูลวิปเอฟเฟคต่ำที่สุดและอยู่ในเวลาที่กำหนด

Nepal et al. (2012) ได้ศึกษาบูลวิปเอฟเฟค และความแปรปรวนของสินค้าคงคลัง (Net-Stock Amplification) ในห่วงโซ่อุปทานที่มีข้อจำกัดในด้านกำลังการผลิต แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ผู้รับจ้างผลิตอุปกรณ์ตามที่กำหนดเพื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ (Original Equipment Manufacturer (OEM)) 1 แห่ง, ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) 1 แห่ง และ ผู้จัดหาวัตถุดิบแห่งที่ 2 โดยรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวแบบออเทอริเกอเรสซันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการผลิตที่คงที่ไม่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และรูปแบบการผลิตที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เป็นไปตามลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่แบ่งเป็น 3 ช่วงคือ 1. ช่วงเริ่มต้น 2. ช่วงอิมตัว และ 3. ช่วงลดลง ส่วนเทคนิคการพยากรณ์ที่นำมาใช้พยากรณ์ คือ เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ES) ผลของวิจัยพบว่า ในช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการเกิดบูลวิปเอฟเฟค และความแปรปรวนของสินค้าคงคลังมากกว่าช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sirikasemsuk (2014) ได้ศึกษาบูลิวิเอเฟคเพื่อให้ได้สูตรของการหาค่าบูลิวิเอเฟค ในห่วงโซ่อุปทานแบบ 3 ระดับที่มี 1 ผู้ผลิต 2 ศูนย์กระจายสินค้า และ 1 ผู้ค้าปลีก โดยมีรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นไปตามตัวแบบออเทอร์เกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) และใช้เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้าแบบ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (MMSE) และนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม (OUT) ในทุกระดับของห่วงโซ่อุปทาน พบว่าผลกระทบของค่าสัมประสิทธิ์ออเทอร์เกรสชัน ระยะเวลานำส่งสินค้า สัดส่วนของปริมาณการสั่งซื้อของ 2 ศูนย์กระจายสินค้าและ 1 ผู้ค้าปลีก มีผลต่อค่า บูลิวิเอเฟค

Hassanzadeh et al. (2014) ได้ทำการจำลองห่วงโซ่อุปทาน 3 ระดับ คือมี 1 ผู้ค้าปลีก, 1 ผู้ค้าส่ง, และ 1 ผู้ผลิตภายใต้เครือข่ายการรวมศูนย์กลาง และเครือข่ายการกระจายอำนาจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเกิดบูลิวิเอเฟคโดยใช้วิธีตอบสนองพื้นผิว ซึ่งผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยการกักตุนสินค้า (Rationing) ถูกพิจารณาว่าเป็นสาเหตุที่มีความสำคัญน้อยมากที่สุดที่ก่อให้เกิดบูลิวิเอเฟค ในขณะที่คำสั่งซื้อของผู้ค้าส่งและคำสั่งซื้อบนห่วงโซ่อุปทานถือเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดบูลิวิเอเฟค

Sirikasemsuk and Luong (2016) ได้ศึกษาการเกิดบูลิวิเอเฟคที่มีรูปแบบความต้องการสินค้าแบบ [The First-Order Bivariate Vector Autoregressive Model (VAR(1))] ในห่วงโซ่อุปทานสองระดับ คือ มีผู้ผลิต 1 แห่ง และผู้ค้าปลีก 2 แห่ง และ การวัดผลบูลิวิเอเฟคถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (MMSE) จากนั้นมีการทำการทดลองเชิงตัวเลขเพื่อที่จะแสดงพฤติกรรมของบูลิวิเอเฟค และยังได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสินค้าคงคลัง

จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดสามารถสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับปรากฏการณ์บูลิวิเอเฟคได้ดังตารางที่ 2.1

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะแสดงวิธีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งสามารถแบ่งหัวข้อได้ 7 หัวข้อ ดังนี้

- 3.1 วิธีการวิจัยของงานวิจัยนี้
- 3.2 วิธีการจำลองค่าบูลิโอฟเฟค
- 3.3 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า
- 3.4 การพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า
- 3.5 การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้า
- 3.6 การคำนวณหาค่าบูลิโอฟเฟค
- 3.7 การเปรียบเทียบเบื้องต้น

โดยที่การสร้างและจำลองปรากฏการณ์บูลิโอฟเฟคจะถูกกล่าวแบบละเอียดในหัวข้อ 3.3 ถึง 3.6 ซึ่งเป็นพื้นฐานของงานวิจัยฉบับนี้ ในบทที่ 3 นี้จะมีการจำลองทั้งหมด 4 ชุดเท่านั้น แต่ละชุดจะให้ค่าบูลิโอฟเฟค 1 ค่า ซึ่งแต่ละชุดจะมีเงื่อนไขเริ่มต้นดังนี้

ชุดที่ 1 D_t ~ วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) มีค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น คือ $\beta_0 = 1500$, $\beta_1 = 3.732$, $\beta_2 = 500$, $\sigma^2 = 1000$

ชุดที่ 2 D_t ~ การแจกแจงแบบปกติ (Normal) มีค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น คือ $\mu = 333$, $\sigma^2 = 28500$

ชุดที่ 3 D_t ~ การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) มีค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น คือ $a = 42.68$, $b = 623.32$

ชุดที่ 4 D_t ~ ออเทอร์เกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) มีค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น คือ $\delta = 5.841$, $\phi = 0.9823$

หมายเหตุ - ในบทที่ 3 จะใช้ค่า $p=2$ เท่านั้นในการจำลอง

- โดยที่ค่า μ_d , σ_d^2 , รอบเวลาในการศึกษา (t) ทั้ง 4 ชุดจะมีค่าเท่ากัน
($\mu_d = 333$, $\sigma_d^2 = 28500$, รอบเวลาในการศึกษา = 867)

นอกจากนี้ค่าบูลิโอฟเฟคทั้ง 4 ค่าจะถูกเปรียบเทียบในหัวข้อที่ 3.7 ซึ่งเป็นการศึกษาในเบื้องต้นเท่านั้น ว่ามีความแตกต่างกันท่ามกลางรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยแบบละเอียดจะดูในบทที่ 4 ต่อไป

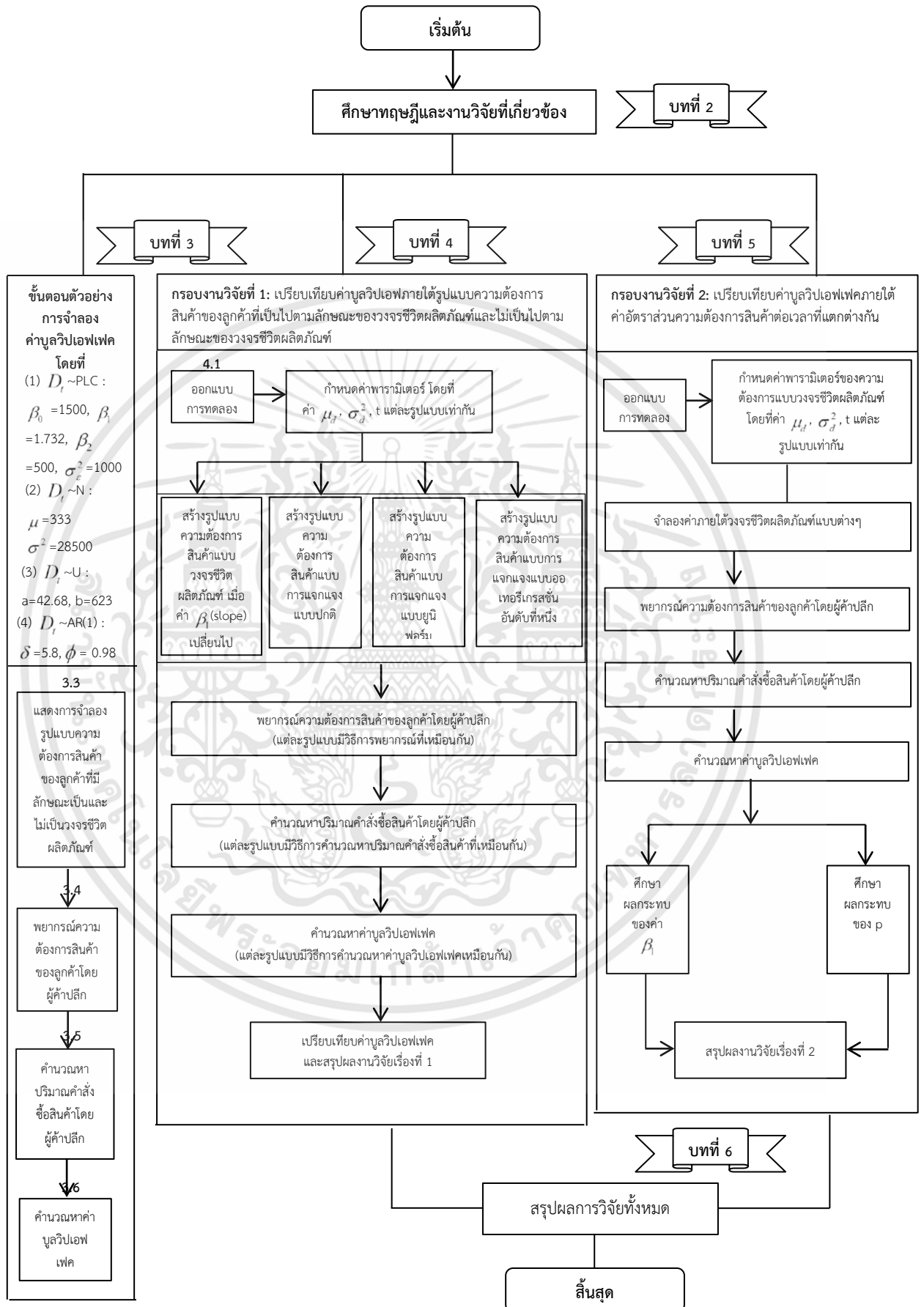
3.1 วิธีการวิจัยของงานวิจัยนี้

กรอบภาพรวมของงานวิจัยฉบับนี้จะถูกแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งกรอบงานวิจัยหลักจะแบ่งเป็น 2 เรื่องใหญ่ๆ คือ

เรื่องที่ 1. การศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค (ดูคำอธิบายเบื้องต้นในหัวข้อที่ 3.1.1 และ บทที่ 4 อย่างละเอียด)

เรื่องที่ 2. การศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค (ดูคำอธิบายเบื้องต้นในหัวข้อที่ 3.1.2 และ บทที่ 5 อย่างละเอียด)

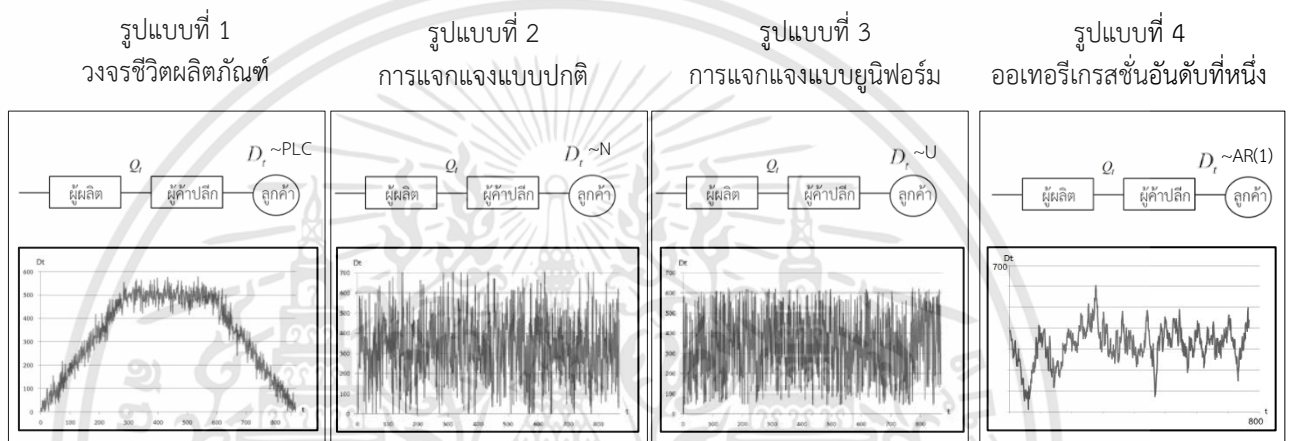
ในงานวิจัยนี้โครงสร้างของโซ่อุปทานจะประกอบไปด้วยผู้ผลิต 1 แห่ง, ผู้ค้าปลีก 1 แห่ง และลูกค้า กลไกการทำงานของโซ่อุปทานจะเริ่มจากผู้ค้าปลีกไม่สามารถรับรู้ถึงความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แท้จริงได้ในเวลาเริ่มต้น ผู้ค้าปลีกจึงต้องทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าว่าลูกค้ามีความต้องการสินค้าเท่าใด เพื่อที่จะเตรียมสินค้าไว้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเทคนิคที่คำนวณได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เมื่อผู้ค้าปลีกได้ทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าแล้ว กลไกต่อไป คือ ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเพื่อที่จะส่งคำสั่งไปยังผู้ผลิต โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีก ใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม เป็นการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้สินค้ามีระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม โดยในแต่ละช่วงเวลาถ้าปริมาณสินค้าในคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม จะทำการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับคลังสินค้าที่เหมาะสม โดยสั่งซื้อสินค้า ณ ช่วงต้นเวลา t ใดๆ และกำหนดให้งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาจัดส่งสินค้า 1 วัน คือ เมื่อผู้ค้าปลีกทำการส่งสินค้าไปยังผู้ผลิต ผู้ผลิตจะทำการส่งสินค้าให้กับผู้ค้าปลีก ณ ช่วงปลายของเวลา t ใดๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3.1 กรอบภาพรวมของงานวิจัยฉบับนี้ และหมายเลขหัวข้อขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 กรอบการวิจัยในการศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของกรอบงานวิจัยแรกนี้ คือ เพื่อสร้างและจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้ความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามตัวแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และแบบไม่เป็นไปตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ [ซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยหัวข้อ 1.2 ในบทที่ 1 ข้อ 1] และเพื่อเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้กรณีที่รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, ลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ, ลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และลักษณะของตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง ดังรูปที่ 3.2 [ซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยหัวข้อ 1.2 ข้อ 2] และมีตารางเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.1 และจะกล่าวแบบละเอียดในบทที่ 4 ต่อไป



รูปที่ 3.2 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า 4 แบบ

ตารางที่ 3.1 ตารางเก็บข้อมูลค่าบูลิปเอฟเฟคสำหรับกรอบงานวิจัยที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบค่าบูลิปเอฟเฟคท่ามกลางรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ

กรณี	ช่วงเวลา	รูปแบบที่ 1 $D_t \sim PLC$							รูปแบบที่ 2 $D_t \sim N$							รูปแบบที่ 3 $D_t \sim U$							รูปแบบที่ 4 $D_t \sim AR(1)$						
		ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ผู้ขาย						
	t	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
กรณีที่ 1 σ_ϵ^2 ของรูปแบบพหุ ชีวิตผลิตภัณฑ์ =1000	150000	0.01																											
	8520	0.176																											
	4119	0.364																											
	2601	0.577																											
	1788	0.839																											
	1257	1.192																											
	867	1.732	จ1																										
546	2.747																												
กรณีที่ 2 σ_ϵ^2 ของรูปแบบพหุ ชีวิตผลิตภัณฑ์ =3000	150000	0.01																											
	8520	0.176																											
	4119	0.364																											
	2601	0.577																											
	1788	0.839																											
	1257	1.192																											
	867	1.732	จ2																										
546	2.747																												

หมายเหตุ - จุดที่แรเงาทั้ง 4 จุด (จ1, จ2, จ3, จ4) คือ ค่าคบูลิปเอฟเฟคที่จะถูกคำนวณในหัวข้อที่

3.7

- ในหัวข้อที่ 3.3 ถึง 3.6 จะแสดงขั้นตอนแบบละเอียดเฉพาะจุดแรเงาที่ จ1 เท่านั้น
- เมื่อ p คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย
- เมื่อ b คือ ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา หรือ ความชัน (Slope) หรือ β_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

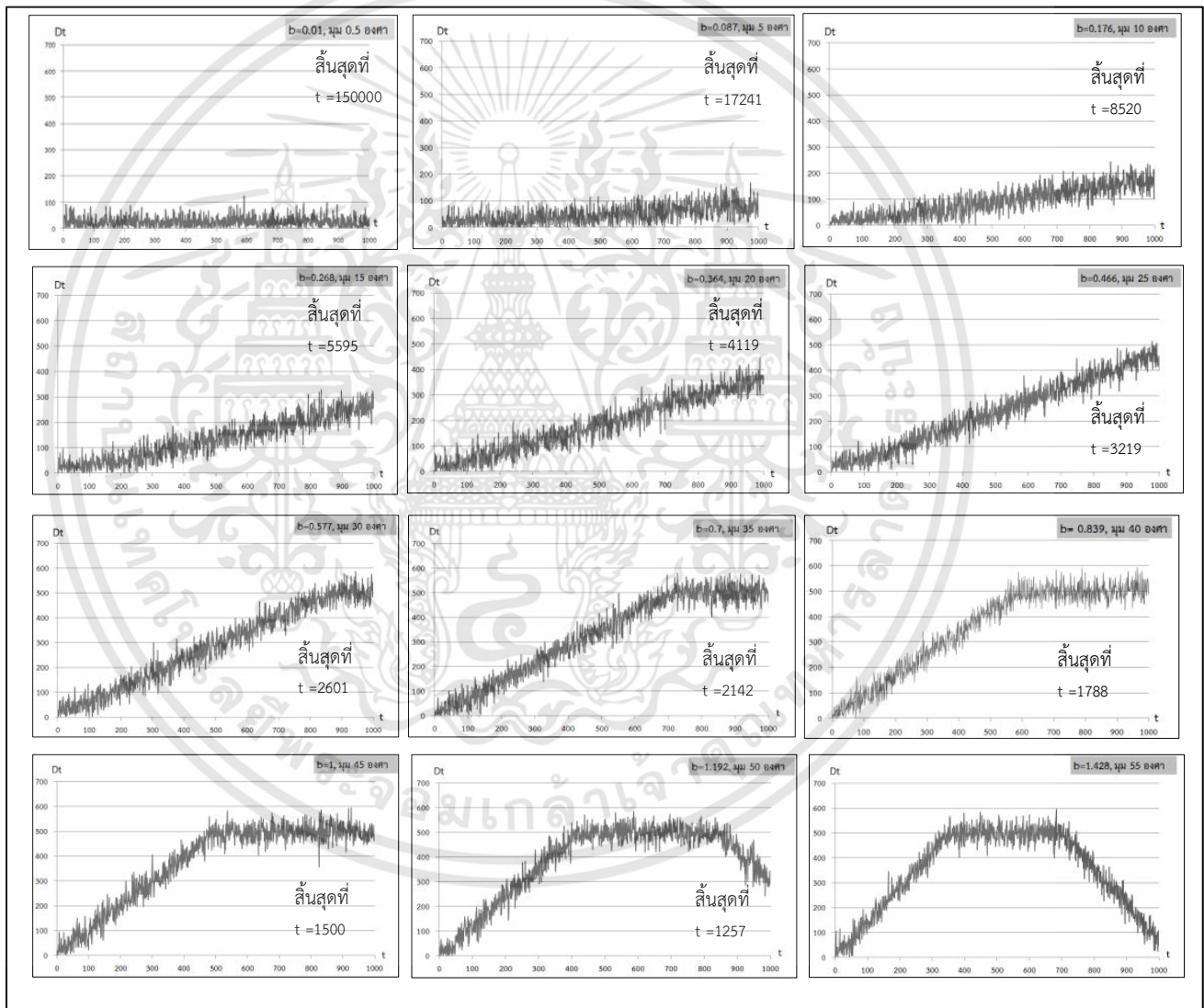
ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ตารางเก็บข้อมูลค่าบูลิโอฟเฟคสำหรับกรอบงานวิจัยที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบค่าบูลิโอฟเฟคท่ามกลางรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ

กรณี	ช่วงเวลา	รูปแบบที่ 1 $D_1 \sim PLC$							รูปแบบที่ 2 $D_2 \sim N$							รูปแบบที่ 3 $D_3 \sim U$							รูปแบบที่ 4 $D_4 \sim AR(1)$												
		ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก	ผู้ค้าปลีก									
	t	μ	ρ	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
กรณี 3 σ_ϵ^2 ของรูปแบบคงที่ = 5000	150000	0.01																																	
	8520	0.176																																	
	4119	0.364																																	
	2601	0.577																																	
	1788	0.839																																	
	1257	1.192																																	
	867	1.732																																	
546	2.747																																		
กรณี 4 σ_ϵ^2 ของรูปแบบคงที่ = 7000	150000	0.01																																	
	8520	0.176																																	
	4119	0.364																																	
	2601	0.577																																	
	1788	0.839																																	
	1257	1.192																																	
	867	1.732																																	
546	2.747																																		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

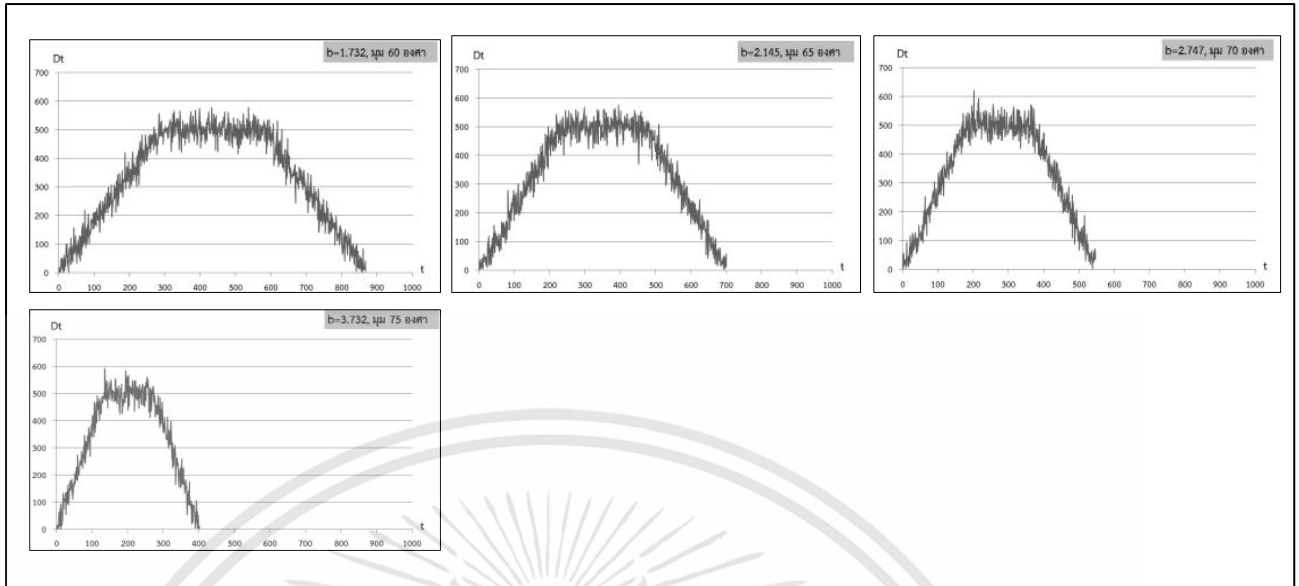
3.1.2 กรอบการวิจัยในการศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ

วัตถุประสงค์ของกรอบงานวิจัยข้อที่ 2 คือ เพื่อเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ [ซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยหัวข้อ 1.2 ข้อ 3] ซึ่งจะศึกษาวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆที่มีค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาเปลี่ยนไป ทั้งหมด 16 ค่า ตามตารางที่ 1.2 ซึ่งความชันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆที่ละ 5 องศาตามรูปที่ 3.3 และกรอบการวิจัยนี้มีตารางเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.2 และจะกล่าวแบบละเอียดในบทที่ 5 ต่อไป



รูปที่ 3.3 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆทั้ง 16 แบบ ที่มุ่งเน้นช่วงเริ่มต้น


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 (ต่อ) วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆทั้ง 16 แบบ ที่มุ่งเน้นช่วงเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางเก็บข้อมูลของกรอบงานวิจัยที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลิปอฟเฟค

		<div style="text-align: center;">  </div>													
t	p β_1	2		3		4		5		6		7			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
กรณีที่ 1 σ_e^2 ของรูปแบบวงจร ชีวิตผลิตภัณฑ์ =1000	150000	0.01													
	17241	0.087													
	8520	0.176													
	5595	0.268													
	4119	0.364													
	3219	0.466													
	2601	0.577													
	2142	0.7													
	1788	0.839													
	1500	1													
	1257	1.192													
	1050	1.428													
	867	1.732													
	699	2.145													
	546	2.747													
402	3.732														
กรณีที่ 2 σ_e^2 ของรูปแบบวงจร ชีวิตผลิตภัณฑ์ =3000	150000	0.01													
	17241	0.087													
	8520	0.176													
	5595	0.268													
	4119	0.364													
	3219	0.466													
	2601	0.577													
	2142	0.7													
	1788	0.839													
	1500	1													
	1257	1.192													
	1050	1.428													
	867	1.732													
	699	2.145													
	546	2.747													
402	3.732														

หมายเหตุ - เมื่อ p คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) ตารางเก็บข้อมูลของกรอบงานวิจัยที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าอัตราส่วนความ ต้องการสินค้าต่อเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบุลวิปเอฟเฟค

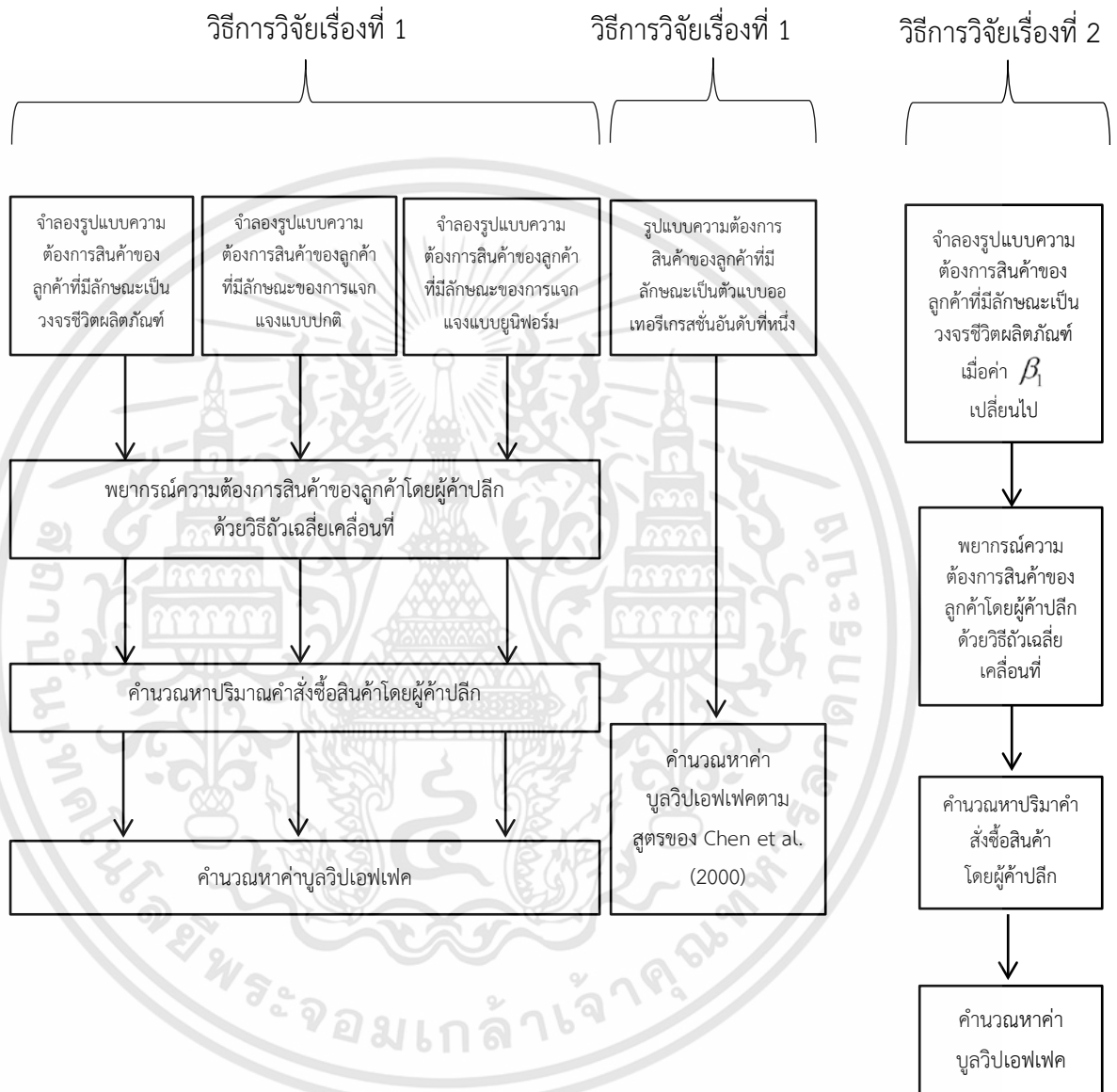
		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">ผู้ผลิต</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">ผู้ค้าปลีก</div> <div style="margin-left: 10px;"> $D_i \sim \text{PLC}$ </div> </div>													
t	p β_1	2		3		4		5		6		7			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
กรณีที่ 3 σ_ϵ^2 ของรูปแบบวงจร ชีวิตผลิตภัณฑ์ =5000	150000	0.01													
	17241	0.087													
	8520	0.176													
	5595	0.268													
	4119	0.364													
	3219	0.466													
	2601	0.577													
	2142	0.7													
	1788	0.839													
	1500	1													
	1257	1.192													
	1050	1.428													
	867	1.732													
	699	2.145													
	546	2.747													
402	3.732														
กรณีที่ 4 σ_ϵ^2 ของรูปแบบวงจร ชีวิตผลิตภัณฑ์ =7000	150000	0.01													
	17241	0.087													
	8520	0.176													
	5595	0.268													
	4119	0.364													
	3219	0.466													
	2601	0.577													
	2142	0.7													
	1788	0.839													
	1500	1													
	1257	1.192													
	1050	1.428													
	867	1.732													
	699	2.145													
	546	2.747													
402	3.732														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟค

3.2.1 วิธีการจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟคของกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 1 และเรื่องที่ 2

ขั้นตอนวิธีการจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟคสำหรับกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 1 และ ขั้นตอนวิธีการจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟคสำหรับกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 2 ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการจำลองบูลิวิเปฟเฟคของกรอบงานวิจัยที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบวิจัยที่ 1 ทำการสร้างและจำลองค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามตัวแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, ลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ และลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

จากกรอบวิจัยที่ 1 สำหรับรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) จะถูกคำนวณค่าบูลิวิเอฟเฟคตามสูตรของ Chen et al. (2000)

กรอบวิจัยที่ 2 ทำการสร้างและจำลองค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆที่มีค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) เปลี่ยนไปทั้งหมด 16 ค่า

3.2.2 พารามิเตอร์เริ่มต้นของกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 1 และเรื่องที่ 2

การกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ในบทที่ 3

- กำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ใช้ในการจำลองเบื้องต้น จะใช้ค่า $\beta_1 = 1.732$ ในการจำลองเพียงค่าเดียวเท่านั้น
- กำหนดค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (β_2) เท่ากับ 500
- กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1000
- ค่าคะแนนมาตรฐาน (z) เท่ากับ 0
- จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) เท่ากับ 2

การกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 1

- กำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ทั้งหมด 8 ค่า ตามตารางที่ 1.1 ดังนี้ 0.01, 0.176, 0.364, 0.577, 0.839, 1.192, 1.732 และ 2.747
- กำหนดค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (β_2) เท่ากับ 500
- กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1000, 3000, 5000 และ 7000
- ค่าคะแนนมาตรฐาน (z) เท่ากับ 0
- จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

การกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของกรอบงานวิจัยเรื่องที่ 2

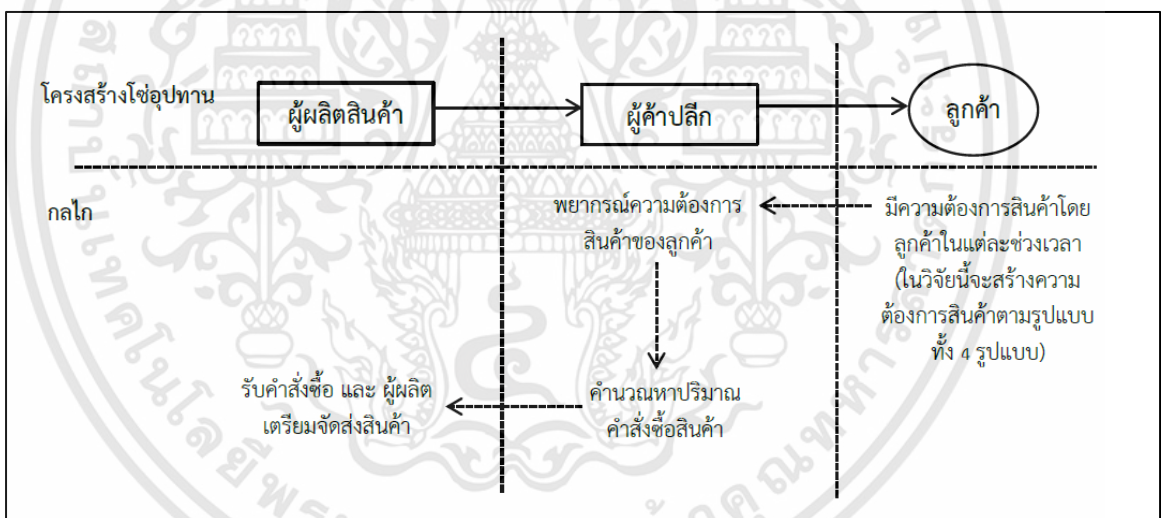
- กำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ทั้งหมด 16 ค่า ตามตารางที่ 1.2 ดังนี้ 0.01, 0.087, 0.176, 0.268, 0.364, 0.466, 0.577, 0.7, 0.839, 1, 1.192, 1.428, 1.732, 2.145, 2.747 และ 3.732
- กำหนดค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (β_2) เท่ากับ 500
- กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1000, 3000, 5000 และ 7000
- ค่าคะแนนมาตรฐาน (z) เท่ากับ 0
- จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ตัวอย่างการจำลองค่าบูลิปีเอฟเฟค

กลไกการจำลองบูลิปีเอฟเฟคจะเริ่มจากจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า (ดูรูปที่ 3.5) รูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะถูกจำลองตามสมการที่ 1.1 จากนั้นในบทบาทของผู้ค้าปลีก ผู้ค้าปลีกจะไม่สามารถรับรู้ถึงความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แท้จริงได้ในช่วงเวลาเริ่มต้น ผู้ค้าปลีกจึงต้องทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าว่าลูกค้ามีความต้องการสินค้าเท่าใด เพื่อที่จะเตรียมสินค้าไว้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ เมื่อผู้ค้าปลีกได้ทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าแล้ว กลไกต่อไป คือ ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเพื่อที่จะส่งคำสั่งไปยังผู้ผลิต โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีก ใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม จากนั้นทำการคำนวณค่าบูลิปีเอฟเฟคโดยการนำความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีกหารด้วยความแปรปรวนของความต้องการของลูกค้าตามสมการที่ 1.6

ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) นั้นในงานวิจัยนี้จะไม่ได้ถูกทำการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้า ซึ่งจะทำการคำนวณค่าบูลิปีเอฟเฟคได้เลยโดยใช้สูตรของ Chen et al. (2000)



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างขั้นตอนการจำลองบูลิปีเอฟเฟคกลไกการจำลองบูลิปีเอฟเฟคจะเริ่มจากจำลอง

3.3 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, การแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

3.3.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นสำหรับการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าเฉพาะรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

- กำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ใช้ในการจำลองซึ่งในบทที่ 3 จะใช้ค่า $b=1.732$ ในการจำลองเพียงค่าเดียวเท่านั้น

- กำหนดค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (β_2) เท่ากับ 500

- กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1000

- ค่าคะแนนมาตรฐาน (z) เท่ากับ 0

- จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) เท่ากับ 2

3.3.2 ขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

รูปแบบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษานั้น จะมีลักษณะดังรูปที่ 1.4 ซึ่งแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 3 ช่วง นั่นคือ

1. ช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
2. ช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
3. ช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

โดยจะใช้สมการเส้นตรงในการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าดังสมการที่ 1.1 และมีขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า ดังนี้

$$D_t = \begin{cases} \beta_1 t + \varepsilon_t & : 0 < t \leq t_1 \\ \beta_2 + \varepsilon_t & : t_1 < t \leq t_2 \\ \beta_0 - \beta_1 t + \varepsilon_t & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases}$$

เมื่อ $0 < t \leq t_1$ คือ ช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$t_1 < t \leq t_2$ คือ ช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$t_2 < t \leq t_3$ คือ ช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \varepsilon_t$ ดูคำอธิบายที่หัวข้อ 1.7 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. สร้างค่าความคลาดเคลื่อน โดยมีการแจกแจงแบบปกติที่ค่าเฉลี่ย = 0 และค่าความแปรปรวน = 1000

2. กำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ที่ต้องการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยขอแสดงขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าที่กำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาเท่ากับ 1.732 เท่านั้น

3. กำหนดค่าความต้องการสินค้าอิมตัวในช่วงคงที่ของผลิตภัณฑ์ (β_2) เท่ากับ 500

4. สร้างค่าความต้องการของลูกค้าในช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามสมการที่ 1.1 ดังนั้นในช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ ตั้งแต่วันที่ $t=0$ (วันที่ยังไม่มีความต้องการสินค้า) จนถึง $t=289$ จะได้สมการความต้องการของลูกค้าในช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังสมการที่ 3.1

$$D_t = (1.732)(t) + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

5. สร้างค่าความต้องการของลูกค้าในช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามสมการที่ 1.1 ดังนั้นในช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ ตั้งแต่วันที่ $t=290$ จนถึง $t=578$ จะได้สมการความต้องการของลูกค้าในช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังสมการที่ 3.2

$$D_t = 500 + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

6. สร้างค่าความต้องการของลูกค้าในช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามสมการที่ 1.1 ดังนั้นในช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ ตั้งแต่วันที่ $t=579$ จนถึง $t=867$ จะได้สมการความต้องการของลูกค้าในช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังสมการที่ 3.3

$$D_t = (-1.732)(t) + 1501.096 + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เมื่อ $b=1.732$ จำนวน 867 วัน จะได้ดังรูปที่ 3.6 คอลัมน์ B และ C

	A	B	C
1	b	1.732	
2	Variance error	1000	
3	Dt (t=0)	0	
4	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)
5	0		0
6	1	-18.69040757	16.95840757
7	2	-12.26909058	8.805090577
8	3	-8.517823635	3.321823635
9	4	-4.47693539	2.45106461
10	5	41.21199311	49.87199311
11	6	-35.62371592	25.23171592
12	7	-26.68772399	14.56372399
	•		
	•		
	•		
871	863	13.23494401	19.61494401
872	864	-15.18711546	10.53911546
873	865	7.096183737	10.01218374
874	866	-41.46694006	40.28294006
875	867	-3.073451482	3.621451482

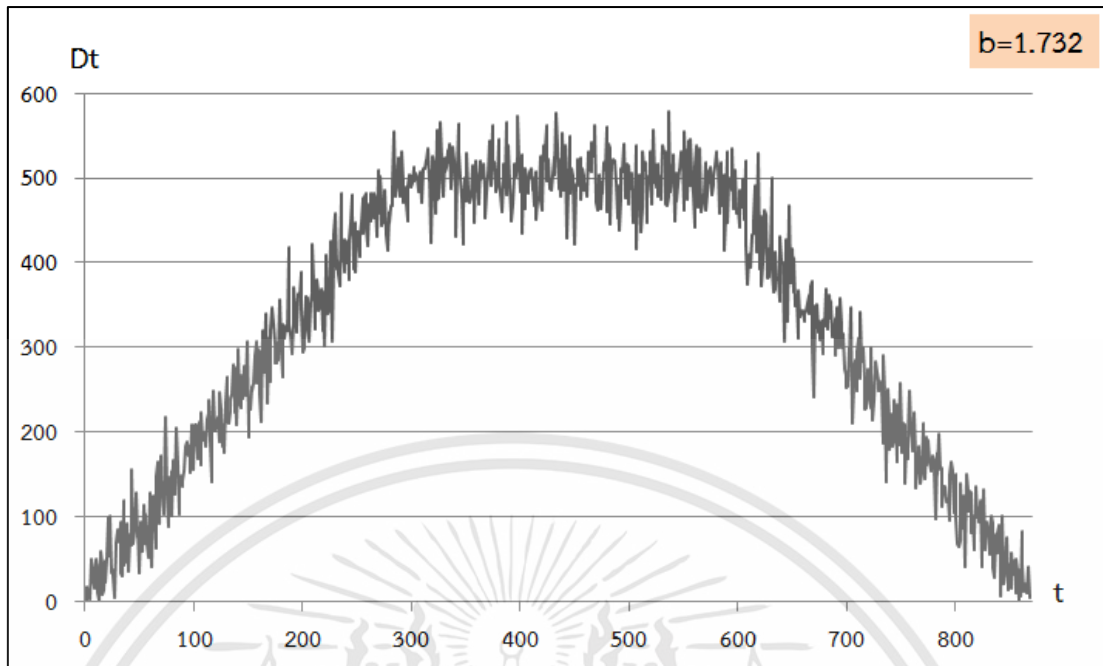
รูปที่ 3.6 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

เมื่อ b หรือ $\beta_1 = 1.732$ และ $\sigma_\varepsilon^2 = 1000$

7. ตัวอย่างการคำนวณความต้องการสินค้าของลูกค้า

ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการคำนวณความต้องการสินค้าของลูกค้าในเซลล์ที่ C10 ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$D_5 = (1.732)(5) + 41.21199311 = 49.87199311$$



รูปที่ 3.7 กราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้า

ที่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เมื่อ b หรือ $\beta_1 = 1.732$ และ $\sigma_\varepsilon^2 = 1000$

เมื่อสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้าครบทั้ง 3 ช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แล้ว จะได้ค่าเฉลี่ย $D_t = 333.755$ และ ความแปรปรวนของ $D_t = 28564.479$ ซึ่งจะได้ลักษณะกราฟของความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะคล้ายกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 3.7

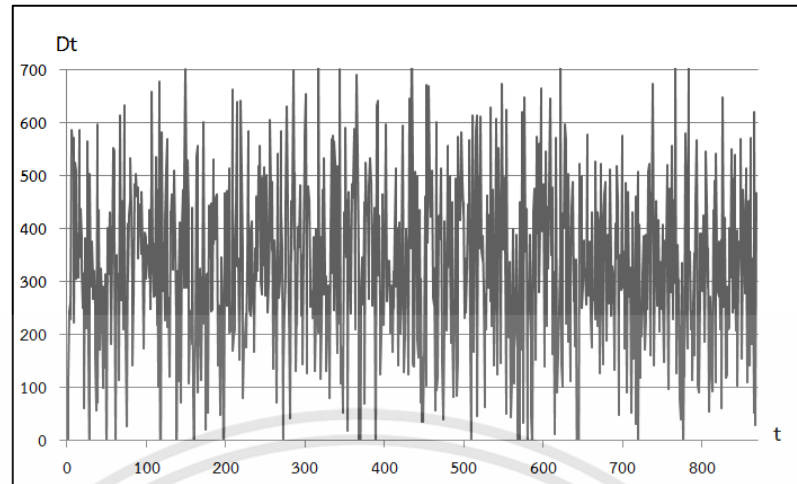
3.3.3 การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ

การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้า จำนวน 867 วัน ให้มีลักษณะของการแจกแจงเป็นแบบการแจกแจงแบบปกติ โดยให้มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนใกล้เคียงกับรูปแบบความต้องการตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
2. เมื่อทำการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะตามลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ ทั้ง 867 วัน จะได้ดังรูปที่ 3.8 คอลัมน์ B

	A	B
1	Dt (t=0)	0
2	t (time)	Dt (Real demand by Normal dist.)
3	0	0
4	1	119.7619995
5	2	243.2775527
6	3	259.0103173
7	4	227.7941556
8	5	585.0528423
9	6	557.9706042
10	7	570.1609944
11	8	220.6321527
12	9	524.6229053
13	10	507.2658457
	⋮	
	⋮	
	⋮	
868	863	344.0076231
870	864	52.26203851
871	865	618.6118774
872	866	27.64912567
873	867	466.483865

รูปที่ 3.8 การสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าตามลักษณะการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)



รูปที่ 3.9 ลักษณะกราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบปกติ

เมื่อสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้าครบทั้ง 867 ค่า จะได้ค่าเฉลี่ยของ $D_t = 333.31245$ และ ความแปรปรวนของ $D_t = 28490.97517$ ซึ่งจะได้ลักษณะกราฟของความต้องการของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ที่ข้อมูลส่วนใหญ่มีลักษณะจะอยู่ใกล้กับค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้า

3.3.4 ขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า ตามลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า ตามลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้า จำนวน 867 วัน ให้มีลักษณะของการแจกแจงเป็นแบบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม โดยให้มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนใกล้เคียงกับรูปแบบความต้องการตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

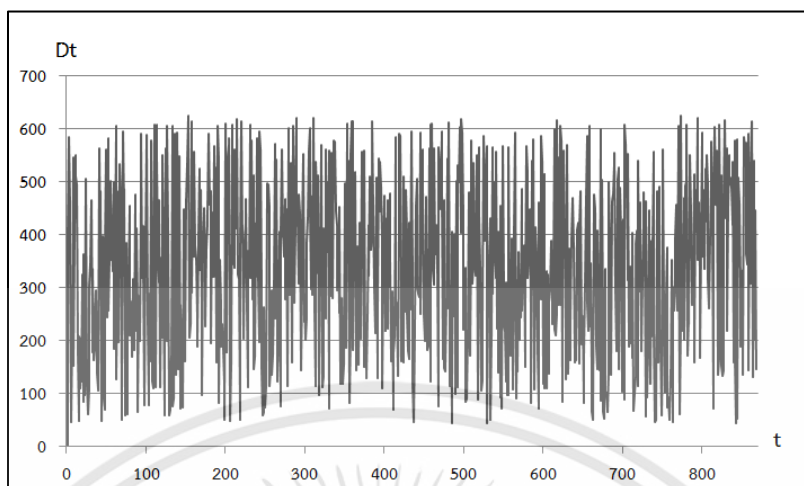
2. เมื่อทำการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะตามลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ทั้ง 867 วัน จะได้ดังรูปที่ 3.10 คอลัมน์ B

	A	B
1	Dt (t=0)	0
2	t (time)	Dt (Real demand by Uniform dist.)
3	0	0
4	1	413.6016728
5	2	584.268987
6	3	456.5232457
7	4	343.8904276
8	5	44.64173928
9	6	219.6607142
10	7	545.4217353
11	8	151.0307993
12	9	402.1910939
13	10	549.8025416
	⋮	
	⋮	
	⋮	
869	863	129.6471298
870	864	538.8935134
871	865	201.2197942
872	866	444.2968501
873	867	145.0660516

รูปที่ 3.10 การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า ตามลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution)

เมื่อสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้าครบทั้ง 867 ค่า จะได้ค่าเฉลี่ยของ $D_t = 334.6429161$ และความแปรปรวนของ $D_t = 28485.82013$ ซึ่งจะได้ลักษณะกราฟของความต้องการของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ที่มีลักษณะข้อมูลจะกระจายกันอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ลักษณะกราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

3.3.5 ขั้นตอนการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของตัวแบบออเทอรีเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1))

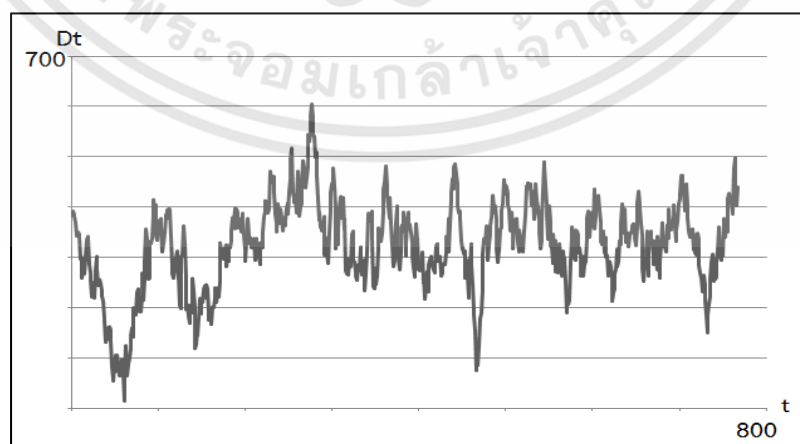
การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะของตัวแบบออเทอรีเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้า จำนวน 867 วัน ให้มีลักษณะของตัวแบบออเทอรีเกรสชันอันดับที่หนึ่ง โดยให้มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนใกล้เคียงกับรูปแบบความต้องการตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
2. เมื่อทำการสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้าตามลักษณะตามลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ทั้ง 867 วัน จะได้ดังรูปที่ 3.12 คอลัมน์ B

	A	B
1	Dt (t=0)	0
2	t (time)	Dt (Real demand by AR(1))
3	0	0
4	1	4.457
5	2	17.2158889
6	3	34.99783233
7	4	3.029629299
8	5	19.92200486
9	6	26.49538537
10	7	44.94741705
11	8	44.16115223
12	9	86.46249983
13	10	59.52611359
	⋮	
	⋮	
869	863	480.3202482
870	864	500.6725798
871	865	439.8276751
872	866	403.3977253
873	867	442.2845856

รูปที่ 3.12 การสร้างรูปแบบความต้องการของลูกค้า
ตามลักษณะของตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1))

เมื่อสร้างข้อมูลความต้องการของลูกค้าครบทั้ง 867 ค่า จะได้ลักษณะกราฟของความ
ต้องการของลูกค้าตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ลักษณะกราฟของความต้องการสินค้าของลูกค้าตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการจำลองการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าโดยผู้ค้าปลีก โดยจะแสดงการจำลองเมื่อรูปแบบความต้องการเป็นแบบลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น ที่ $\beta_1 = 1.732$, $\sigma_\varepsilon^2 = 1000$, $\mu_d = 333$, $\sigma_d^2 = 28500$ และ $t=867$ ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบปกติและยูนิฟอร์มจะมีวิธีการจำลองเช่นเดียวกันกับรูปแบบความต้องการเป็นแบบลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

ในห่วงโซ่อุปทาน ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการเตรียมสินค้าไว้ให้เพียงพอสำหรับความต้องการสินค้าของลูกค้า ซึ่งผู้ค้าปลีกไม่สามารถทราบถึงความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แท้จริงได้ ผู้ค้าปลีกจึงต้องทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าเพื่อให้สามารถเตรียมสินค้าไว้ตอบสนองความต้องการสินค้าของลูกค้าได้อย่างเพียงพอ โดยเทคนิคที่นำมาใช้พยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าคือเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่ใช้จำนวนข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของความต้องการสินค้าของลูกค้าในปัจจุบัน โดยมีสมการในพยากรณ์ ดังสมการที่ 1.5 และใช้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยเท่ากับ 2 ซึ่งจะแสดงตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.14 คอลัมน์ D

$$F_t = \left(\frac{1}{p}\right) \sum_{i=1}^p D_{t-i}$$

	A	B	C	D
1			L (Lead time)	1
2	b	1.732	z (Service level)	0
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2
4	Dt (t=0)			
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)	Ft (Forecasting demand) MA(2)
6	0		0	
7	1	-18.69040757	16.95840757	
8	2	-12.26909058	8.805090577	
9	3	-8.517823635	3.321823635	12.88174907
10	4	-4.47693539	2.45106461	6.063457106
11	5	41.21199311	49.87199311	2.886444123
12	6	-35.62371592	25.23171592	26.16152886
13	7	-26.68772399	14.56372399	37.55185452
14	8	19.31112747	33.16712747	19.89771996
15	9	34.33729	49.92529	23.86542573
16	10	18.52347413	35.84347413	41.54620874
	•			
	•			
	•			
872	863	13.23494401	19.61494401	26.77608599
873	864	-15.18711546	10.53911546	15.66607525
874	865	7.096183737	10.01218374	15.07702973
875	866	-41.46694006	40.28294006	10.2756496
876	867	-3.073451482	3.621451482	25.1475619

รูปที่ 3.14 การพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า

โดยใช้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยเท่ากับ 2

ตัวอย่างการคำนวณค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า ผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าในเซลล์ที่ D10

$$F_4 = \left(\frac{1}{2}\right)(16.958 + 8.805) = 6.063$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้า

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีกโดยจะแสดงการจำลองเมื่อรูปแบบความต้องการเป็นแบบลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น ที่ $\beta_1=1.732$, $\sigma_\epsilon^2=1000$, $\mu_d=333$, $\sigma_d^2=28500$ และ $t=867$ ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบปกติและยูนิฟอร์ม จะมีวิธีการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเช่นเดียวกันกับรูปแบบความต้องการเป็นแบบลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้านั้นในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ แต่ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ผู้ค้าปลีกทำการสั่งซื้อสินค้าโดยใช้นโยบายสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม (Order up to level) หมายถึง เป็นการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้สินค้ามีระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม โดยในแต่ละช่วงเวลาถ้าปริมาณสินค้าในคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม จะทำการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม แต่ถ้าปริมาณสินค้าในคลังสูงกว่าระดับสินค้าคลังที่เหมาะสมจะไม่ทำการสั่งซื้อสินค้า โดยสามารถคำนวณหาระดับสินค้าคงคลังสูงสุดได้ดังสมการที่ 1.4 และตัวอย่างการคำนวณหาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ดังรูปที่ 3.15

$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\hat{\sigma}_t^L$$

	A	B	C	D	E	F
1			L (Lead time)	1	Standard deviation of error	38.19890036
2	b	1.732	z (Service level)	0		
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2		
4	Dt (t=0)					
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)	Ft (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting	St (ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด)
6	0		0			
7	1	-18.69040757	16.95840757			
8	2	-12.26909058	8.805090577			
9	3	-8.517823635	3.321823635	12.88174907	9.559925437	12.88174907
10	4	-4.47693539	2.45106461	6.063457106	3.612392496	6.063457106
11	5	41.21199311	49.87199311	2.886444123	-46.98554899	2.886444123
12	6	-35.62371592	25.23171592	26.16152886	0.929812934	26.16152886
13	7	-26.68772399	14.56372399	37.55185452	22.98813053	37.55185452
14	8	19.31112747	33.16712747	19.89771996	-13.26940751	19.89771996
15	9	34.33729	49.92529	23.86542573	-26.05986427	23.86542573
16	10	18.52347413	35.84347413	41.54620874	5.702734602	41.54620874
	⋮					
	⋮					
872	863	13.23494401	19.61494401	26.77608599	7.161141988	26.77608599
873	864	-15.18711546	10.53911546	15.66607525	5.126959789	15.66607525
874	865	7.096183737	10.01218374	15.07702973	5.064845996	15.07702973
875	866	-41.46694006	40.28294006	10.2756496	-30.00729047	10.2756496
876	867	-3.073451482	3.621451482	25.1475619	21.52611042	25.1475619

รูปที่ 3.15 การคำนวณหาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด

การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีก สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1.3 และตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้า ดังรูปที่ 3.16 คอลัมน์ G

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G
1			L (Lead time)	1	Standard deviation of error	38.19890036	
2	b	1.732	z (Service level)	0			
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2			
4	Dt (t=0)						
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)	Ft (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting (ค่าพยากรณ์-ค่าจริง)	St (ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด)	Qt (ปริมาณสั่งซื้อ)
6	0		0				
7	1	-18.69040757	16.95840757				
8	2	-12.26909058	8.805090577				
9	3	-8.517823635	3.321823635	12.88174907	9.559925437	12.88174907	
10	4	-4.47693539	2.45106461	6.063457106	3.612392496	6.063457106	-3.496468331
11	5	41.21199311	49.87199311	2.886444123	-46.98554899	2.886444123	-0.725948373
12	6	-35.62371592	25.23171592	26.16152886	0.929812934	26.16152886	73.14707784
13	7	-26.68772399	14.56372399	37.55185452	22.98813053	37.55185452	36.62204158
14	8	19.31112747	33.16712747	19.89771996	-13.26940751	19.89771996	-3.090410572
15	9	34.33729	49.92529	23.86542573	-26.05986427	23.86542573	37.13483324
16	10	18.52347413	35.84347413	41.54620874	5.702734602	41.54620874	67.60607301
	.						
	.						
	.						
872	863	13.23494401	19.61494401	26.77608599	7.161141988	26.77608599	-23.79449829
873	864	-15.18711546	10.53911546	15.66607525	5.126959789	15.66607525	8.50493326
874	865	7.096183737	10.01218374	15.07702973	5.064845996	15.07702973	9.950069944
875	866	-41.46694006	40.28294006	10.2756496	-30.00729047	10.2756496	5.210803602
876	867	-3.073451482	3.621451482	25.1475619	21.52611042	25.1475619	55.15485237

รูปที่ 3.16 การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้า

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีก ผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีก ในเซลล์ที่ G10

$$Q_4 = 6.063 - 12.881 + 3.321 = -3.497$$

3.6 การคำนวณหาค่าบูลิปเอฟเฟค

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าบูลิปเอฟเฟค โดยจะแสดงการจำลองเมื่อรูปแบบความต้องการเป็นแบบลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น ที่ $\beta_1 = 1.732, \sigma_e^2 = 1000, \mu_d = 333, \sigma_d^2 = 28500$ และ $t = 867$ ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีการแจกแจงแบบปกติและยูนิฟอร์ม จะมีวิธีการคำนวณหาค่าบูลิปเอฟเฟคเช่นเดียวกันกับรูปแบบความต้องการเป็นแบบลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

เมื่อผู้ผลิตได้รับคำสั่งซื้อสินค้าจากผู้ค้าปลีก ทำให้ผู้ผลิตทราบปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของผู้ค้าปลีก ดังรูปที่ 3.17 คอลัมน์ G ซึ่งคอลัมน์นี้จะสามารถคำนวณหาค่าความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของผู้ค้าปลีก ได้ดังรูปที่ 3.17 เซลล์ที่ I1 จะมีค่าเท่ากับ 29056.54 และที่ปลายสุดของห่วงโซ่อุปทาน ความต้องการสินค้าของลูกค้า (D_t) ถูกจำลองขึ้นตามรูปแบบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 3.17 คอลัมน์ C ซึ่งคอลัมน์นี้จะสามารถคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ดังรูปที่ 3.17 เซลล์ที่ I2 จะมีค่าเท่ากับ 27592.64 สามารถหาค่าบูลิปเอฟเฟคของระบบการสั่งซื้อสินค้าของโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานแบบง่ายได้ ดังสมการที่ 1.6 ดังรูปที่ 3.18 เซลล์ที่ I3

$$BW = \frac{VAR(Q_t)}{VAR(D_t)}$$

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		L (Lead time)	1	Standard deviation of error	38.19890036		VAR(Qt)	29056.5437
2	b	z (Service level)	0				VAR(Dt)	27592.6442
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2			BW	1.05305398
4	Dt (t-0)							
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)	Ft (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting (ค่าขาดสินค้าจริง)	St	Qt	
6	0		0					
7	1	-18.69040757	16.95840757					
8	2	-12.26909058	8.805090577					
9	3	-8.517823635	3.321823635	12.88174907	9.559925437	12.88174907		
10	4	-4.47693539	2.45106461	6.063457106	3.612392496	6.063457106	-3.496468331	
11	5	41.21199311	49.87199311	2.886444123	-46.98554899	2.886444123	-0.725948373	
12	6	-35.62371592	25.23171592	26.16152886	0.929812934	26.16152886	73.14707784	
13	7	-26.68772399	14.56372399	37.55185452	22.98813053	37.55185452	36.62204158	
14	8	19.31112747	33.16712747	19.89771996	-13.26940751	19.89771996	-3.090410572	
15	9	34.33729	49.92529	23.86542573	-26.05986427	23.86542573	37.13483324	
16	10	18.52347413	35.84347413	41.54620874	5.702734602	41.54620874	67.60607301	
...								
872	863	13.23494401	19.61494401	26.77608599	7.161141988	26.77608599	-23.79449829	
873	864	-15.18711546	10.53911546	15.66607525	5.126959789	15.66607525	8.50493326	
874	865	7.096183737	10.01218374	15.07702973	5.064845996	15.07702973	9.950069944	
875	866	-41.46694006	40.28294006	10.2756496	-30.00729047	10.2756496	5.210803602	
876	867	-3.073451482	3.621451482	25.1475619	21.52611042	25.1475619	55.15485237	

รูปที่ 3.17 การคำนวณค่าความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีก และความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		L (Lead time)	1	Standard deviation of error	38.19890036		VAR(Qt)	29056.5437
2	b	z (Service level)	0				VAR(Dt)	27592.6442
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2			BW	1.05305398
4	Dt (t-0)							
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)	Ft (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting (ค่าขาดสินค้าจริง)	St	Qt	
6	0		0					
7	1	-18.69040757	16.95840757					
8	2	-12.26909058	8.805090577					
9	3	-8.517823635	3.321823635	12.88174907	9.559925437	12.88174907		
10	4	-4.47693539	2.45106461	6.063457106	3.612392496	6.063457106	-3.496468331	
11	5	41.21199311	49.87199311	2.886444123	-46.98554899	2.886444123	-0.725948373	
12	6	-35.62371592	25.23171592	26.16152886	0.929812934	26.16152886	73.14707784	
13	7	-26.68772399	14.56372399	37.55185452	22.98813053	37.55185452	36.62204158	
14	8	19.31112747	33.16712747	19.89771996	-13.26940751	19.89771996	-3.090410572	
15	9	34.33729	49.92529	23.86542573	-26.05986427	23.86542573	37.13483324	
16	10	18.52347413	35.84347413	41.54620874	5.702734602	41.54620874	67.60607301	
...								
872	863	13.23494401	19.61494401	26.77608599	7.161141988	26.77608599	-23.79449829	
873	864	-15.18711546	10.53911546	15.66607525	5.126959789	15.66607525	8.50493326	
874	865	7.096183737	10.01218374	15.07702973	5.064845996	15.07702973	9.950069944	
875	866	-41.46694006	40.28294006	10.2756496	-30.00729047	10.2756496	5.210803602	
876	867	-3.073451482	3.621451482	25.1475619	21.52611042	25.1475619	55.15485237	

รูปที่ 3.18 การคำนวณค่าบูลิโอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างการคำนวณค่าบูลิโอฟเฟค ผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างการคำนวณหาค่าบูลิโอฟเฟคในเซลล์ที่ 13

$$BW = \frac{29056.54}{27592.64} = 1.053$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าบูลิปีเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นตัวแทนออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) จะทำการคำนวณตามสูตรของ Chen et al. (2000) ดังสมการที่ 3.4

$$D_t = \delta + \phi D_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$BW = 1 + \left(\frac{2L}{p} + \frac{2L^2}{p^2} \right) (1 - \phi^p) \quad (3.4)$$

เมื่อ ϕ คือ พารามิเตอร์ของตัวแทนออเทอริเกรสชัน

δ คือ พารามิเตอร์คงที่ของตัวแทนออเทอริเกรสชัน

ตัวอย่างการคำนวณค่าบูลิปีเอฟเฟครูปแบบความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นตัวแทนออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ตามสมการที่ 3.4

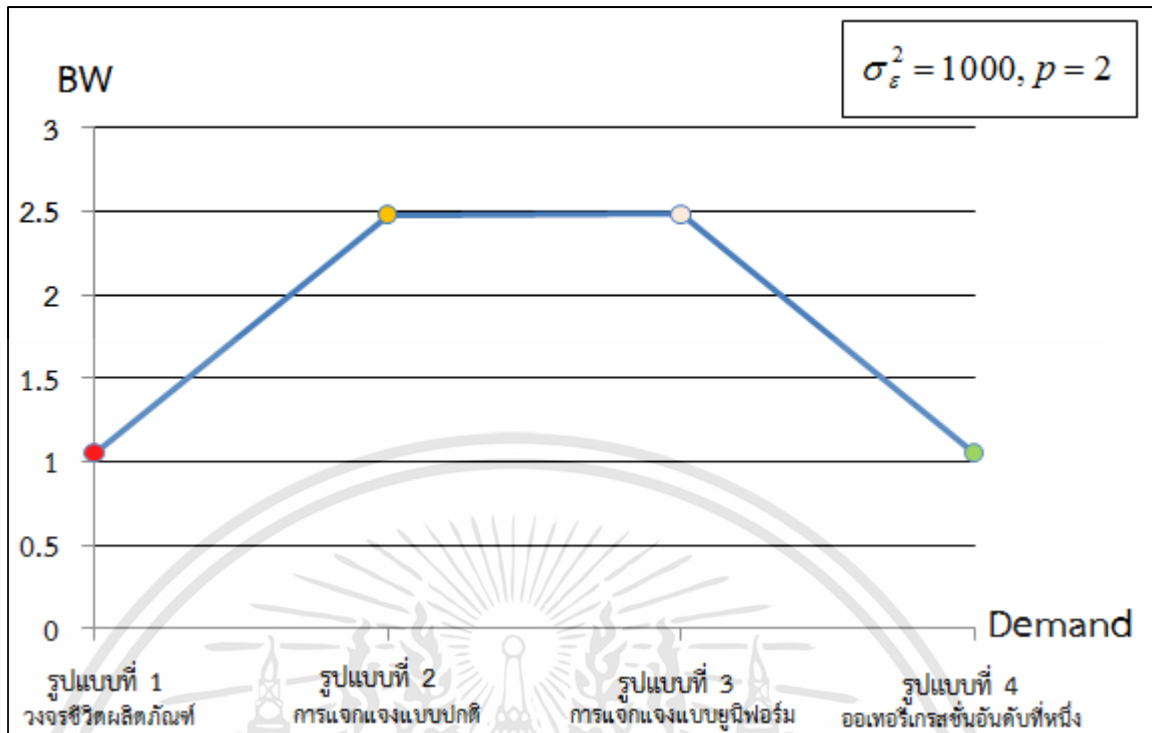
$$BW = 1 + \left(\frac{(2)(1)}{2} + \frac{2(1)^2}{2^2} \right) (1 - 0.9823^2) = 1.0526$$

3.7 การเปรียบเทียบเบื้องต้น

จากการจำลองการเกิดค่าบูลิปีเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการถัวเฉลี่ยเท่ากับ 2 และระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณค่าบูลิปีเอฟเฟคเท่ากับ 867 วัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.3 และแสดงผลการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 2 และแบบที่ 3 มีค่าบูลิปีเอฟเฟคใกล้เคียงกันมากและให้ค่าบูลิปีมากกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 1 และแบบที่ 4

ตารางที่ 3.3 ค่าบูลิปีเอฟเฟคทั้ง 4 ค่า

รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า	ค่าบูลิปีเอฟเฟค
รูปแบบที่ 1 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์	1.053053976
รูปแบบที่ 2 การแจกแจงแบบปกติ	2.479828189
รูปแบบที่ 3 การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม	2.484231632
รูปแบบที่ 4 ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง	1.052630065



รูปที่ 3.19 ผลการเปรียบเทียบค่าบูลิฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\beta_1 = 1.732$, $p = 2$, $t = 867$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า ต่อค่าบูลิวิเปฟเฟค

จากบทที่ 3 เป็นการศึกษาเบื้องต้นในเรื่องของการสร้าง และ จำลองปรากฏการณ์บูลิวิเปฟเฟค โดยทำการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ และ ทำการคำนวณค่าบูลิวิเปฟเฟคออกมาเพียงรูปแบบละ 1 ค่าเท่านั้น และ ทำการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคเบื้องต้น ซึ่งจะเห็นว่า ได้เมื่อรูปแบบความต้องการสินค้าที่ต่างกันจะทำให้ค่าบูลิวิเปฟเฟคแตกต่างกันด้วย จึงนำมาสู่ การวิเคราะห์ต่อในบทที่ 4 ซึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อ ค่าบูลิวิเปฟเฟคที่ละเอียดมากขึ้นกว่าบทที่ 3

ในบทนี้จะจำลองและเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคของทั้ง 4 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle (PLC)), รูปแบบที่ 2 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution (N)), รูปแบบที่ 3 การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution (U)) และ รูปแบบที่ 4 ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (The First-Order Autoregressive Model (AR(1))) ซึ่ง จะตอบสนองกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยข้อแรกของงานวิจัยนี้ โดยที่รูปแบบที่ 2, 3 และ 4 จะเป็น รูปแบบที่ไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยที่กรอบหรือขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เป็นไปตามรูปที่ 4.1

เกณฑ์ในการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคของทั้ง 4 รูปแบบคือ ค่าเฉลี่ยของความต้องการ สินค้าของลูกค้า, ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้ามีค่าเท่ากันในทั้ง 4 รูปแบบ โดยสามารถแบ่งหัวข้อการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

- 4.1 การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 1
- 4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (ของกรอบงานวิจัยที่ 1)
- 4.3 การจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟค และการเก็บข้อมูล
- 4.4 ผลกระทบของความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเปฟเฟค
- 4.5 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยต่อค่าบูลิวิเปฟเฟค
- 4.6 การวิเคราะห์ความผิดพลาดของการพยากรณ์

4.1 การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 1

การออกแบบการทดลองของกรอบการวิจัยที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและจำลองค่าบูลิวิปเอฟเฟค ภายใต้ความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามตัวแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และแบบไม่เป็นไปตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยที่รูปแบบที่ 1 คือความต้องการสินค้าเป็นไปตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC) นั้นจะเป็นการจำลองการเกิดบูลิวิปเอฟเฟคเมื่อค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา หรือค่าความชัน (β_1) เปลี่ยนไป

กำหนดให้ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือ ค่าบูลิวิปเอฟเฟค และกำหนดให้มี 3 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า (D_i) แบ่งได้ 4 ระดับ คือ แบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC), แบบการแจกแจงแบบปกติ (N), แบบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (U) และ แบบออเทอริเกอรัสอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) ดังตัวอย่างรูปที่ 4.2

ปัจจัยที่ 2 คือ ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC) แบ่งเป็น 8 ระดับ คือ 0.01 (มุม 0.5 องศา), 0.176 (มุม 10 องศา), 0.364 (มุม 20 องศา), 0.577 (มุม 30 องศา), 0.839 (มุม 40 องศา), 1.192 (มุม 50 องศา), 1.732 (มุม 60 องศา) และ 2.747 (มุม 70 องศา) ซึ่งค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลานี้จะทำให้ค่าเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (t) เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ค่า μ_d และ σ_d^2 คงที่ โดยที่ค่า σ_ϵ^2 ถูกกำหนดให้คงที่ เมื่อ μ_d = ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้า

σ_d^2 = ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า

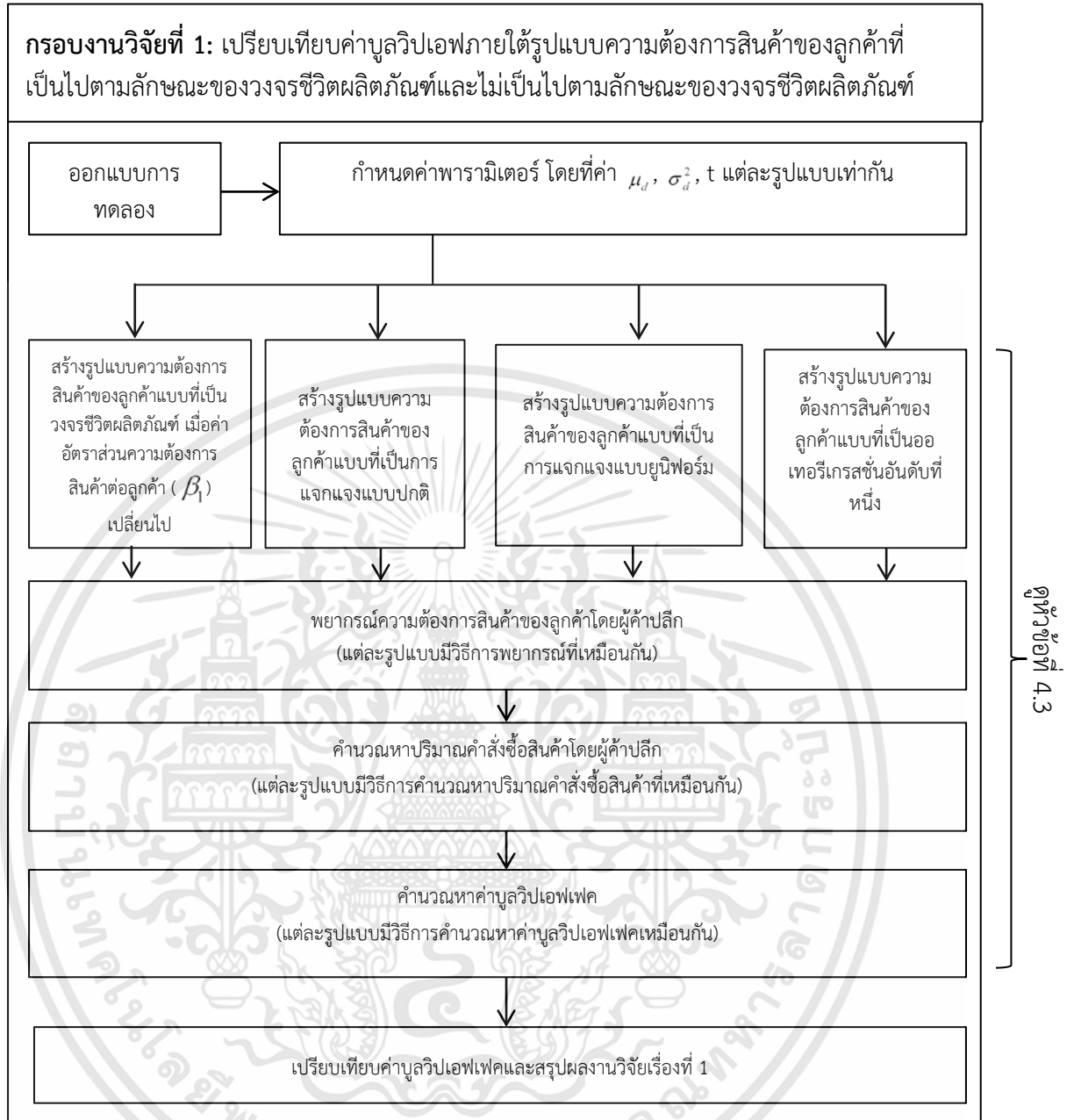
σ_ϵ^2 = ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

ปัจจัยที่ 3 คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) แบ่งได้ 6 ระดับ คือ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

หมายเหตุ -กำหนดการทำซ้ำ 2 ครั้ง

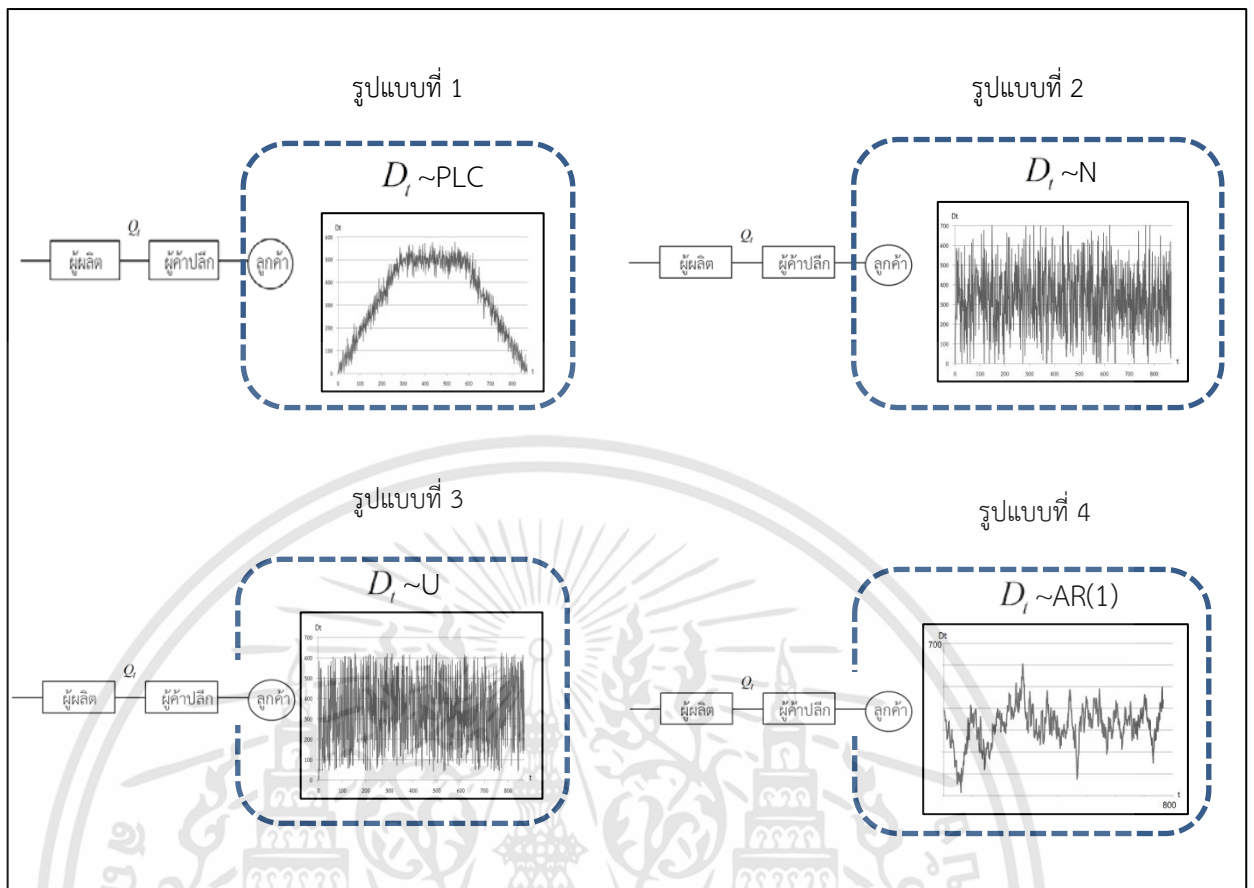
-ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_ϵ^2) แบ่งได้ 4 ระดับ คือ 1000, 3000, 5000 และ 7000 ซึ่งค่า σ_ϵ^2 จะนำไปสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC)

-กำหนดค่า μ_d และ σ_d^2 ของความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต้องเท่ากัน เพื่อลดความลำเอียงในการเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.1 กรอบการวิจัยที่ 1 เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเอฟเค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ PLC คือ แบบวงจรกิจชีวิตผลิตภัณฑ์
 N คือ แบบการแจกแจงแบบปกติ
 U คือ แบบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม
 AR(1) คือ แบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

จากรูป 4.2 ในงานวิจัยนี้แบ่งความต้องการสินค้าของลูกค้าออกเป็น 4 กรณี (คือ PLC, N, U และ AR(1)) โดยที่ในแต่ละรูปแบบจะถูกจำลองเป็นความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริง แต่ผู้ค้าปลีกจะไม่ทราบค่าล่วงหน้า จึงต้องมีการพยากรณ์คาดคะเนโดยผู้ค้าปลีก จนคำนวณหาค่าปริมาณคำสั่งซื้อออกมาของแต่ละรูปแบบ สุดท้ายจะสามารถหาค่าบูลิวิเอฟเฟคของแต่ละรูปแบบออกมา จากนั้นค่าบูลิวิเอฟเฟคทั้ง 4 ค่าจะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน

แต่เนื่องจากรูปแบบที่ 1 (PLC) จะมีการกำหนดค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ทั้งหมด 8 ค่า จึงจะมีการสร้างรูปแบบที่ 2, 3 และ 4 เพิ่มขึ้นตามมาอย่างละ 8 ชุดด้วย เพื่อไปทำการเปรียบเทียบที่ครอบคลุม PLC ที่มากขึ้น นี่จึงเป็นเหตุผลที่เลือกใช้การซ้ำเพียง 2 ครั้งเท่านั้น เพราะถือว่ามีบทลงโทษที่มากในระดับหนึ่งอยู่แล้ว

อนึ่งจากรูปที่ 4.2 จะสังเกตเห็นว่า รูปแบบที่ 2 (N) ค่าความต้องการสินค้าจะค่อนข้างจะกระจุกตัวที่ค่ากึ่งกลาง แต่รูปแบบที่ 3 (U) ค่าความต้องการสินค้าจะกระจายตัวแบบเท่ากันตลอดช่วงเวลา t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (ของกรอบงานวิจัยที่ 1)

กลไกการจำลองบูลิวิปเอฟเฟคของกรอบงานวิจัยที่ 1 จะกำหนดค่าอัตราความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ทั้งหมด 8 ค่า คือ 0.01 (0.5 องศา), 0.176 (10 องศา), 0.364 (20 องศา), 0.577 (30 องศา), 0.839 (40 องศา), 1.192 (50 องศา), 1.732 (60 องศา), และ 2.747 (70 องศา) และมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นดังตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ามีรูปแบบความต้องการสินค้าทั้งหมด 4 รูปแบบที่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าบูลิวิปเอฟเฟค เพื่อป้องกันความลำเอียงที่จะเกิดขึ้นในการเปรียบเทียบ งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าเฉลี่ย (μ_d) และความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า (σ_d^2) ต้องเท่ากันในแต่ละรูปแบบก่อนการเปรียบเทียบ เช่น

เมื่อ σ_d^2 ของ PLC มีค่าเป็น 1000 และ กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าแบบ PLC ($a=1500, c=500$), $N(333, 28500)$, $U(42.68, 623.32)$ และ $AR(1)(5.841, 0.9823)$ จะได้ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 333 และค่าความแปรปรวนความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 28500

เมื่อ σ_d^2 ของ PLC มีค่าเป็น 3000 และ กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าแบบ PLC ($a=1500, c=500$), $N(336.729, 29170)$, $U(34.20, 625.79)$ และ $AR(1)(11.75, 0.965)$ จะได้ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 336.729 และค่าความแปรปรวนความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 29170

เมื่อ σ_d^2 ของ PLC มีค่าเป็น 5000 และ กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าแบบ PLC ($a=1500, c=500$), $N(338, 30400)$, $U(35.03, 638.97)$ และ $AR(1)(70.711, 0.914)$ จะได้ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 338 และค่าความแปรปรวนความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 30400

เมื่อ σ_d^2 ของ PLC มีค่าเป็น 7000 และ กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าแบบ PLC ($a=1500, c=500$), $N(340, 32000)$, $U(30.188, 649.81)$ และ $AR(1)(39.474, 0.8839)$ จะได้ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 340 และค่าความแปรปรวนความต้องการสินค้าของ PLC, N, U และ $AR(1)$ จะเท่ากับ 32000

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์เบื้องต้นของกรอบการวิจัยที่ 1

กรณี	เวลาการศึกษา	รูปแบบที่ 1			รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3		รูปแบบที่ 4					
		ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	D_i -PLC	ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	D_i -Normal	ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	D_i -Uniform	ผู้ผลิต	ผู้ค้าปลีก	D_i -AR(1)	
กรณีที่ 1 σ_ε^2 ของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ = 1000	t	มุมมอง	ค่า b	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.1 $\alpha = 1500$ $c = 500$ $\varepsilon_i \sim \text{Normal}(0, 1000)$	$D_i \sim \text{Normal}(333, 28500)$	$D_i \sim \text{Uniform}(42.68, 623.32)$	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.2 $\delta = 5.841$ $\phi = 0.9823$ $\sigma_\varepsilon = 31.623$	150000	0.5	0.01	8520	10	0.176	
	พื้นฐานของการเปรียบเทียบ คือ $\mu_d = 333$ $\sigma_d^2 = 28500$	4119	20											0.364
		2601	30											0.577
		1788	40											0.839
		1257	50											1.192
		867	60											1.732
		546	70											2.747
กรณีที่ 2 σ_ε^2 ของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ = 3000	t	มุมมอง	ค่า b	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.1 $\alpha = 1500$ $c = 500$ $\varepsilon_i \sim \text{Normal}(0, 1000)$	$D_i \sim \text{Normal}(336.729, 29170)$	$D_i \sim \text{Uniform}(34.20, 625.79)$	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.2 $\delta = 11.7518$ $\phi = 0.9651$ $\sigma_\varepsilon = 54.772$	150000	0.5	0.01	8520	10	0.176	
	พื้นฐานของการเปรียบเทียบ คือ $\mu_d = 336.729$ $\sigma_d^2 = 29170$	4119	20											0.364
		2601	30											0.577
		1788	40											0.839
		1257	50											1.192
		867	60											1.732
		546	70											2.747
กรณีที่ 3 σ_ε^2 ของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ = 5000	t	มุมมอง	ค่า b	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.1 $\alpha = 1500$ $c = 500$ $\varepsilon_i \sim \text{Normal}(0, 1000)$	$D_i \sim \text{Normal}(338, 30400)$	$D_i \sim \text{Uniform}(35.03, 638.97)$	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.2 $\delta = 70.711$ $\phi = 0.9141$ $\sigma_\varepsilon = 54.772$	150000	0.5	0.01	8520	10	0.176	
	พื้นฐานของการเปรียบเทียบ คือ $\mu_d = 338$ $\sigma_d^2 = 30400$	4119	20											0.364
		2601	30											0.577
		1788	40											0.839
		1257	50											1.192
		867	60											1.732
		546	70											2.747
กรณีที่ 4 σ_ε^2 ของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ = 7000	t	มุมมอง	ค่า b	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.1 $\alpha = 1500$ $c = 500$ $\varepsilon_i \sim \text{Normal}(0, 1000)$	$D_i \sim \text{Normal}(340, 32000)$	$D_i \sim \text{Uniform}(30.188, 649.812)$	D_i เป็นไปตามสมการที่ 1.2 $\delta = 39.474$ $\phi = 0.8839$ $\sigma_\varepsilon = 83.666$	150000	0.5	0.01	8520	10	0.176	
	พื้นฐานของการเปรียบเทียบ คือ $\mu_d = 340$ $\sigma_d^2 = 32000$	4119	20											0.364
		2601	30											0.577
		1788	40											0.839
		1257	50											1.192
		867	60											1.732
		546	70											2.747

4.3 การจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟค และการเก็บข้อมูล

กลไกการจำลองบูลิวิเปฟเฟคจะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นดังตารางที่ 4.1 และเริ่มจากการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า โดยรูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC) นั้นจะจำลองตามสมการที่ 1.1 ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าแบบการแจกแจงแบบปกติ (N) และการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (U) สามารถสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าโดยให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของความต้องการสินค้ามีค่าเท่ากับของรูปแบบ PLC ตามตารางที่ 4.1 ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) จะทำการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าตามสูตรของ Chen et al. (2000)

$$D_i = \begin{cases} \beta_1 t + \varepsilon_i & : 0 < t \leq t_1 \\ \beta_2 + \varepsilon_i & : t_1 < t \leq t_2 \\ \beta_0 - \beta_1 t + \varepsilon_i & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases}$$

สามารถดูวิธีการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ในหัวข้อที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นในบทบาทของผู้ค้าปลีก ผู้ค้าปลีกจะไม่สามารถรับรู้ถึงความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แท้จริงได้ในเวลาเริ่มต้น ผู้ค้าปลีกจึงต้องทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าว่าลูกค้ามีความต้องการสินค้าเท่าใด เพื่อที่จะเตรียมสินค้าไว้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (สามารถดูวิธีขั้นตอนการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ในหัวข้อที่ 3.4)

$$F_t = \left(\frac{1}{p} \right) \sum_{i=1}^p D_{t-i}$$

เมื่อผู้ค้าปลีกได้ทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าแล้ว กลไกต่อไป คือ ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเพื่อที่จะส่งคำสั่งไปยังผู้ผลิต โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้การคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีก ใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม (สามารถดูการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีกได้ในหัวข้อที่ 3.5)

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1}$$

เมื่อ

$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\sigma_t^L$$

จากนั้นทำการคำนวณค่าบูลิปเอฟเฟคโดยการนำความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีกหารด้วยความแปรปรวนของความต้องการของลูกค้า

$$BW = \frac{VAR(Q_t)}{VAR(D_t)}$$

กำหนดตารางเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.1 แต่ในบทนี้จะปรับเปลี่ยนตารางเก็บข้อมูลค่าบูลิปเอฟเฟคให้เป็นดังตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 เนื่องจากสะดวกต่อการจัดรูปแบบ จากนั้นทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของบูลิปเอฟเฟคได้ดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.9 เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.2 ค่าบูลิวิเปเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 1000$

p		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 1000$											
		2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.051393744	1.051330541	1.030390794	1.030410871	1.021404702	1.021385693	1.01638189	1.016347234	1.013333925	1.013312859	1.010999289	1.011067344
	รูปแบบที่ 2	2.504584611	2.499323102	1.890356129	1.885540826	1.621861609	1.626230987	1.478204181	1.478154968	1.389521418	1.389319347	1.326664235	1.325840393
	รูปแบบที่ 3	2.505024507	2.495012471	1.886256845	1.892342478	1.622692212	1.623757091	1.480714018	1.481037171	1.389517571	1.389357508	1.326717804	1.326736617
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.052315598	1.051086542	1.031476005	1.030049372	1.021477809	1.020856258	1.016896051	1.016228679	1.013694502	1.013431389	1.011225759	1.011167152
	รูปแบบที่ 2	2.512532886	2.495175521	1.900378305	1.893884334	1.623856894	1.627321477	1.472836809	1.479642922	1.392826	1.385245152	1.327007703	1.326824172
	รูปแบบที่ 3	2.513274384	2.509922851	1.899131501	1.87995623	1.627576806	1.629229807	1.473012684	1.474282436	1.396405364	1.389195064	1.33363435	1.327370509
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.053937043	1.053880757	1.031581022	1.03173586	1.022534988	1.02261189	1.017215734	1.017377874	1.013782884	1.014036961	1.011615883	1.011790725
	รูปแบบที่ 2	2.522670404	2.514813976	1.875698708	1.873859922	1.611559452	1.644364933	1.477877803	1.484928233	1.392205488	1.39233123	1.328357825	1.331231047
	รูปแบบที่ 3	2.523065463	2.509016287	1.875803541	1.875401449	1.635998218	1.624624158	1.476726409	1.471226637	1.395945519	1.384096375	1.32508924	1.322931366
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.053807363	1.05370166	1.031820745	1.031870568	1.022683019	1.02229399	1.017661914	1.016746169	1.014990485	1.014584592	1.011767768	1.0117219
	รูปแบบที่ 2	2.534348839	2.492907566	1.885228614	1.863937143	1.607754698	1.613179737	1.475986211	1.490854423	1.38901965	1.386770981	1.335015842	1.33527454
	รูปแบบที่ 3	2.480319918	2.54899803	1.887122075	1.905749393	1.630508507	1.635054949	1.469637059	1.489394311	1.387987721	1.386523724	1.325116092	1.329870553
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.054584497	1.055201203	1.030414491	1.032438467	1.022337999	1.022029987	1.018118811	1.016748005	1.013314836	1.014615235	1.011814171	1.012010059
	รูปแบบที่ 2	2.519856699	2.571177165	1.892922347	1.914106195	1.621796648	1.611004906	1.479351861	1.46332043	1.391054225	1.388594452	1.341327888	1.341320467
	รูปแบบที่ 3	2.518269089	2.497534852	1.911832817	1.868930065	1.619859931	1.632198939	1.485606095	1.485861969	1.390538625	1.385311665	1.328505351	1.329157886
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.05489613	1.057922509	1.032433211	1.032071668	1.021858182	1.022921512	1.017645099	1.017952531	1.014366419	1.015104687	1.012573671	1.012184226
	รูปแบบที่ 2	2.577152072	2.476740049	1.913314656	1.867039116	1.595229618	1.646858249	1.467616717	1.492271298	1.384600257	1.379233858	1.34261894	1.342783133
	รูปแบบที่ 3	2.52916819	2.512251368	1.888200406	1.867696179	1.632419691	1.606113958	1.461395165	1.45774318	1.414269366	1.390110089	1.319068261	1.329779767
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.054305398	1.055094978	1.031780677	1.033615094	1.021198179	1.022727226	1.016332382	1.018820471	1.014366419	1.015104687	1.012608981	1.012764843
	รูปแบบที่ 2	2.579828189	2.545820558	1.887418834	1.941712705	1.647933096	1.623385095	1.461158884	1.483369534	1.398131614	1.394355113	1.344522872	1.344488946
	รูปแบบที่ 3	2.484231632	2.545013451	1.847585161	1.908840628	1.621102748	1.626540285	1.473523071	1.476788004	1.372697555	1.410398382	1.311833791	1.335363025
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.055078937	1.055200721	1.034124756	1.032948683	1.023313471	1.023550362	1.018537626	1.01890884	1.0158077	1.016486304	1.013775859	1.014839651
	รูปแบบที่ 2	2.531439246	2.539933166	1.903132274	1.914773354	1.556982271	1.631832656	1.469254282	1.470869094	1.379760948	1.387238295	1.346650748	1.347045181
	รูปแบบที่ 3	2.497809345	2.5538552	1.876974085	1.909813016	1.613345283	1.604264519	1.517747514	1.480140664	1.369690859	1.360288141	1.326746038	1.339700895
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.052630065	1.046369489	1.046369489	1.043088964	1.043088964	1.04100259	1.04100259	1.039515036	1.039515036	1.038371133	1.038371133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 3000$

p		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 3000$											
		2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.144844648	1.14369189	1.086070202	1.085796301	1.0603128	1.060151802	1.046371687	1.04638353	1.037490759	1.037607173	1.031565939	1.031347697
	รูปแบบที่ 2	2.507922367	2.500277756	1.889664803	1.888348682	1.625050052	1.626473401	1.480589319	1.480416791	1.388048189	1.389925993	1.326354854	1.327659638
	รูปแบบที่ 3	2.496665447	2.497818535	1.889633364	1.887298031	1.623766096	1.624336193	1.479324892	1.478494851	1.389188055	1.39081757	1.326498302	1.325640868
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.146988514	1.144904482	1.08653986	1.084718292	1.060567522	1.060923931	1.047437091	1.046142094	1.037873087	1.038045982	1.031975606	1.031966323
	รูปแบบที่ 2	2.500230175	2.491257864	1.877797877	1.881209245	1.620984252	1.624038731	1.48136913	1.482268834	1.383197239	1.385262889	1.322501607	1.326124935
	รูปแบบที่ 3	2.476277088	2.500865108	1.882605707	1.894712859	1.628892918	1.624384602	1.475744195	1.477428147	1.394481122	1.389609934	1.322164231	1.32517172
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.149203646	1.147708863	1.088070227	1.090287373	1.062597879	1.06137852	1.048290475	1.047682381	1.038978542	1.038296037	1.032302206	1.03236629
	รูปแบบที่ 2	2.509529117	2.486578228	1.873605762	1.900646878	1.638354188	1.632491357	1.484605494	1.476374753	1.380390887	1.389473348	1.329970313	1.323040379
	รูปแบบที่ 3	2.513414885	2.507461934	1.887730043	1.921503198	1.623984148	1.614385566	1.486220153	1.478421183	1.377179792	1.387571991	1.327229986	1.322262131
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.145272255	1.144510471	1.085667004	1.090211645	1.058272554	1.061359353	1.048001327	1.045720892	1.038710225	1.037003631	1.03262931	1.032821103
	รูปแบบที่ 2	2.528471606	2.478978546	1.917838699	1.898758292	1.643126679	1.63252847	1.475799711	1.473976402	1.380022326	1.40322341	1.331296107	1.323207869
	รูปแบบที่ 3	2.448668004	2.523602873	1.879175182	1.90608538	1.620111411	1.605403871	1.492094329	1.494358154	1.395957232	1.381953925	1.326919934	1.331063148
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.1452287	1.144592504	1.088280042	1.083681187	1.061733018	1.061144521	1.046997951	1.046585429	1.037760631	1.038867611	1.033554118	1.03344834
	รูปแบบที่ 2	2.556257076	2.584586468	1.904211184	1.891933375	1.635293506	1.627755898	1.493838782	1.464669977	1.392837352	1.389227119	1.31335742	1.330962511
	รูปแบบที่ 3	2.513085549	2.471946276	1.937860628	1.933433923	1.630619111	1.630619868	1.490519472	1.453612162	1.397221041	1.380507634	1.314434462	1.319272712
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.154733213	1.149042629	1.089395619	1.087791803	1.061593694	1.063642953	1.048514358	1.052424424	1.038096978	1.042504626	1.033855269	1.034653186
	รูปแบบที่ 2	2.564445235	2.502346243	1.880539662	1.945663269	1.613816078	1.619516939	1.444967674	1.483836311	1.380999861	1.389329069	1.31984285	1.327467894
	รูปแบบที่ 3	2.465369506	2.485803569	1.885695306	1.921442814	1.626309063	1.594179547	1.47460592	1.488805719	1.388966693	1.387306521	1.325801932	1.339730939
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.14855172	1.150268523	1.087076651	1.089191389	1.061632883	1.06503882	1.046758878	1.05049884	1.040825217	1.040532021	1.034786289	1.034687038
	รูปแบบที่ 2	2.567403448	2.506714768	1.926377906	1.922911251	1.647056843	1.62811822	1.473249219	1.461568421	1.400210591	1.385600354	1.341383239	1.313154595
	รูปแบบที่ 3	2.523405653	2.487881713	1.876120158	1.858736667	1.587663416	1.621336571	1.495151741	1.465134013	1.391590647	1.398680101	1.325598801	1.330394432
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.146305077	1.153446149	1.093797229	1.087419383	1.067708033	1.064651943	1.053995252	1.049754544	1.039265424	1.040787081	1.036353156	1.035833169
	รูปแบบที่ 2	2.542404862	2.41328841	1.899657709	1.910291108	1.642602586	1.546559486	1.552917772	1.508370871	1.387536829	1.378574618	1.338328096	1.326151654
	รูปแบบที่ 3	2.440267385	2.555385504	1.845146675	1.82465511	1.626402519	1.611789479	1.482745409	1.497795834	1.382431232	1.389301734	1.328025715	1.345548097
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.102872985	1.089856425	1.089856425	1.082787807	1.082787807	1.078114057	1.078114057	1.074650363	1.074650363	1.071888568	1.071888568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 5000$

p		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 5000$											
		2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.228897683	1.226514304	1.135222638	1.133853951	1.095936728	1.093812135	1.073053371	1.072194848	1.059367782	1.058516093	1.049671104	1.049472271
	รูปแบบที่ 2	2.503973892	2.499184011	1.885272327	1.883555704	1.623944156	1.624902473	1.48050788	1.479204196	1.387159221	1.38857158	1.325298098	1.327424566
	รูปแบบที่ 3	2.501912781	2.501054531	1.886577681	1.887590105	1.626553293	1.624154925	1.481723538	1.476741621	1.388824182	1.386528478	1.327959971	1.327738399
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.231321806	1.231754058	1.138265875	1.13747364	1.095742763	1.095126042	1.073062724	1.073077802	1.059503839	1.061338671	1.050664745	1.050843942
	รูปแบบที่ 2	2.500230175	2.502335904	1.877797877	1.896077226	1.620984252	1.624553061	1.480754644	1.481401391	1.387719773	1.392671597	1.324831121	1.326108639
	รูปแบบที่ 3	2.49008654	2.491108318	1.88828942	1.899149283	1.629923982	1.615849295	1.479590617	1.477126417	1.389612266	1.381224843	1.321365711	1.327959532
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.240021506	1.229656672	1.137080391	1.13905866	1.095167744	1.093066128	1.076136234	1.074574739	1.058979814	1.061014117	1.05135189	1.051143769
	รูปแบบที่ 2	2.511048405	2.503961653	1.853228563	1.882615508	1.627557599	1.616904419	1.483171848	1.468685961	1.38940674	1.387709317	1.325160352	1.324198027
	รูปแบบที่ 3	2.514328733	2.518452492	1.875573433	1.865090952	1.646637162	1.62200404	1.472274103	1.471299508	1.389819729	1.382617499	1.327915616	1.329863061
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.243877783	1.242054468	1.1415159	1.14209549	1.097432264	1.098566737	1.078327399	1.075600503	1.06148826	1.061612041	1.052125799	1.053195152
	รูปแบบที่ 2	2.519055243	2.474182057	1.886613815	1.898532533	1.623915673	1.62725106	1.471186235	1.48322345	1.39248006	1.387234929	1.326610073	1.330929644
	รูปแบบที่ 3	2.53959631	2.486329951	1.88363906	1.905798479	1.633207535	1.625823776	1.47885848	1.472757643	1.383116553	1.395144085	1.321763361	1.330160336
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.244539624	1.252523981	1.142497479	1.148473641	1.106737649	1.100805426	1.075945209	1.08060693	1.06138498	1.066144156	1.054247069	1.054334288
	รูปแบบที่ 2	2.451879614	2.49930352	1.861981771	1.884883691	1.589969663	1.626137722	1.457227526	1.473012299	1.400463244	1.393815065	1.328060663	1.318587551
	รูปแบบที่ 3	2.451879614	2.498524078	1.861981771	1.90578401	1.589969663	1.622580535	1.457227526	1.488682712	1.400463244	1.381582734	1.328060663	1.331531423
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.245368056	1.241315191	1.145387532	1.14655334	1.103800048	1.10743263	1.079400758	1.079128108	1.064747985	1.067745944	1.056368863	1.056259403
	รูปแบบที่ 2	2.470616786	2.5089626	1.902489234	1.887650419	1.615003568	1.650333768	1.494098262	1.466419539	1.38121406	1.38352011	1.325447554	1.32135115
	รูปแบบที่ 3	2.530109821	2.52566343	1.921230035	1.870860745	1.63046784	1.61589943	1.470399019	1.48897382	1.387531199	1.388094711	1.322293106	1.320656328
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.257168689	1.253095169	1.156338358	1.146765242	1.103591032	1.103969264	1.084630647	1.078494131	1.065165684	1.066055581	1.057199417	1.056869272
	รูปแบบที่ 2	2.475423341	2.602837182	1.866480831	1.881796447	1.63225067	1.619805057	1.474252645	1.4656413	1.361143844	1.406180103	1.328562076	1.347205275
	รูปแบบที่ 3	2.632347686	2.504464693	1.90264576	1.861552609	1.619797522	1.622265342	1.480821175	1.493893698	1.366182071	1.40666474	1.323712397	1.352510851
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.248646978	1.258708488	1.156640943	1.147925433	1.110262791	1.10444788	1.087386195	1.081582053	1.06751898	1.067425711	1.057764999	1.059659417
	รูปแบบที่ 2	2.528122533	2.521697294	1.865066509	1.949933969	1.604667123	1.627827252	1.518809571	1.491298907	1.403280671	1.379024289	1.320744674	1.344127229
	รูปแบบที่ 3	2.554531186	2.416321886	1.836808629	1.959349386	1.641897727	1.598928189	1.453480924	1.519496384	1.424891045	1.390638672	1.319555868	1.34932232
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.246714053	1.210020097	1.210020097	1.188687315	1.188687315	1.173705982	1.173705982	1.162057962	1.162057962	1.1524381	1.1524381

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าบูลิวิเปเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 7000$

p		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 7000$											
		2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.302841429	1.302026075	1.179880147	1.178596229	1.126987092	1.125619069	1.097035957	1.097160533	1.078704184	1.078384513	1.065088086	1.065707603
	รูปแบบที่ 2	2.497481077	2.502668013	1.891599347	1.889321244	1.62635811	1.627370693	1.478908231	1.480633709	1.389095542	1.388399291	1.326089246	1.328207205
	รูปแบบที่ 3	2.494571668	2.494758346	1.886428781	1.888484361	1.624325533	1.62603299	1.478439401	1.4821115	1.388471859	1.390922461	1.326781803	1.326621592
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.306660921	1.306923967	1.181313626	1.181553031	1.12894591	1.127773247	1.09940765	1.097718112	1.080554563	1.079966775	1.06739814	1.067951739
	รูปแบบที่ 2	2.463340372	2.51194638	1.893018425	1.882619303	1.609909278	1.618473912	1.482042929	1.48247838	1.381742692	1.387922863	1.326706074	1.324146791
	รูปแบบที่ 3	2.484866226	2.503836828	1.907898685	1.886981966	1.617097384	1.618423718	1.482612917	1.482843762	1.393400882	1.389409506	1.326014456	1.327534673
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.3086135	1.303752772	1.184783421	1.176752959	1.126671432	1.122344872	1.100486099	1.093965354	1.081836585	1.078395147	1.067801641	1.06805339
	รูปแบบที่ 2	2.506856094	2.492651079	1.909150857	1.873707012	1.63887985	1.632968588	1.478117855	1.476353416	1.388354593	1.401249535	1.318430736	1.323576798
	รูปแบบที่ 3	2.489313027	2.480578691	1.874797179	1.91967636	1.62070178	1.635519381	1.485265473	1.478331634	1.387103324	1.381122461	1.315162542	1.324210526
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.30907369	1.3101014202	1.179068547	1.183103689	1.125619271	1.124937459	1.095289223	1.0989187	1.077161348	1.077111927	1.068268348	1.068215231
	รูปแบบที่ 2	2.49650888	2.516076099	1.910845545	1.889855487	1.624416086	1.629730911	1.476568649	1.473392583	1.38465144	1.382559783	1.314906213	1.329176295
	รูปแบบที่ 3	2.506399911	2.434933375	1.844968973	1.907603722	1.617191071	1.643544766	1.494525747	1.471215444	1.376876515	1.390690173	1.334987816	1.329439501
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.307653076	1.311974241	1.177653076	1.186921382	1.12755078	1.125988764	1.094833077	1.099494183	1.078848273	1.080685409	1.070879341	1.071283836
	รูปแบบที่ 2	2.512484018	2.499263861	1.895435165	1.85703042	1.632354128	1.611386279	1.485197608	1.498225839	1.387585046	1.398443608	1.326312113	1.31450387
	รูปแบบที่ 3	2.485139897	2.537025067	1.869136356	1.914680744	1.646518731	1.626977488	1.488973498	1.503379079	1.388270428	1.39010886	1.31891265	1.338317279
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.304249823	1.313462558	1.1847853	1.186734514	1.128638224	1.126111057	1.099920702	1.099105688	1.082784409	1.084778716	1.072627477	1.072935209
	รูปแบบที่ 2	2.557170249	2.495324847	1.901203047	1.91782308	1.609725473	1.603642968	1.467379429	1.493868037	1.387656311	1.383336435	1.328479662	1.313305291
	รูปแบบที่ 3	2.508403082	2.538312382	1.943746334	1.90825693	1.630195843	1.608378625	1.461130119	1.478065016	1.388461227	1.393321836	1.336829965	1.340268733
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.316583151	1.317138677	1.184498935	1.183810657	1.129866898	1.135221187	1.103846493	1.097439726	1.084100924	1.080279112	1.074183455	1.074477684
	รูปแบบที่ 2	2.415102244	2.49586603	1.944429178	1.891666711	1.632648285	1.621826478	1.472946605	1.483136296	1.395535891	1.380701833	1.325010583	1.338599566
	รูปแบบที่ 3	2.4046325	2.499648707	1.940832758	1.932416046	1.655350026	1.599099441	1.477885027	1.467433211	1.382672924	1.390296953	1.338174379	1.337335331
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.315299088	1.315634078	1.181406258	1.197986007	1.141457465	1.133768418	1.101903999	1.100467246	1.085967191	1.08154632	1.074652909	1.074962613
	รูปแบบที่ 2	2.439770408	2.529333428	1.94074221	1.910589999	1.593092621	1.541703249	1.50078337	1.493239771	1.392920043	1.385159841	1.316587696	1.315081435
	รูปแบบที่ 3	2.458020964	2.42541969	1.866348193	1.872338008	1.598083207	1.634061689	1.472769735	1.455309186	1.400206884	1.409044959	1.348733918	1.319259788
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.328081185	1.275046494	1.275046494	1.243501748	1.243501748	1.221025557	1.221025557	1.203431416	1.203431416	1.18889024	1.18889024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$

p		$\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$					
		2	3	4	5	6	7
b		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.051362142	1.030400833	1.021395197	1.016364562	1.013323392	1.011033316
	รูปแบบที่ 2	2.501953857	1.887948478	1.624046298	1.478179574	1.389420383	1.326252314
	รูปแบบที่ 3	2.500018489	1.889299662	1.623224652	1.480875595	1.389437539	1.32672721
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.05170107	1.030762689	1.021167033	1.016562365	1.013562946	1.011196456
	รูปแบบที่ 2	2.503854204	1.89713132	1.625589186	1.476239865	1.389035576	1.326915937
	รูปแบบที่ 3	2.511598618	1.889543866	1.628403307	1.47364756	1.392800214	1.33050243
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.0539089	1.031658441	1.022573439	1.017296804	1.013909922	1.011703304
	รูปแบบที่ 2	2.51874219	1.874779315	1.627962193	1.481403018	1.392268359	1.329794436
	รูปแบบที่ 3	2.516040875	1.875602495	1.630311188	1.473976523	1.390020947	1.324010303
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.053754512	1.031845657	1.022488504	1.017204041	1.014787539	1.011744834
	รูปแบบที่ 2	2.513628203	1.874582879	1.610467217	1.483420317	1.387895316	1.335145191
	รูปแบบที่ 3	2.514658974	1.896435734	1.632781728	1.479515685	1.387255722	1.327493323
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.05489285	1.031426479	1.022183993	1.017433408	1.013965035	1.011912115
	รูปแบบที่ 2	2.545516932	1.903514271	1.616400777	1.471336145	1.389824339	1.341324178
	รูปแบบที่ 3	2.507901971	1.890381441	1.626029435	1.485734032	1.387925145	1.328831619
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.05640932	1.03225244	1.022389847	1.017798815	1.014735553	1.012378948
	รูปแบบที่ 2	2.526946061	1.890176886	1.621043934	1.479944007	1.381917058	1.342701036
	รูปแบบที่ 3	2.520709779	1.877948292	1.619266824	1.459569173	1.402189727	1.324424014
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.054700188	1.032697886	1.021962703	1.017576427	1.014735553	1.012686912
	รูปแบบที่ 2	2.562824373	1.914565769	1.635659096	1.472264209	1.396243364	1.344505909
	รูปแบบที่ 3	2.514622541	1.878212895	1.623821516	1.475155538	1.391547968	1.323598408
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.055139829	1.033536719	1.023431917	1.018723233	1.016147002	1.014307755
	รูปแบบที่ 2	2.535686206	1.908952814	1.594407463	1.470061688	1.383499622	1.346847964
	รูปแบบที่ 3	2.525832272	1.893393551	1.608804901	1.498944089	1.3649895	1.333223467
	รูปแบบที่ 4	1.052630065	1.046369489	1.043088964	1.04100259	1.039515036	1.038371133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของบูลวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 3000$

p		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 3000$					
		2	3	4	5	6	7
b		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.144268269	1.085933252	1.060232301	1.046377609	1.037548966	1.031456818
	รูปแบบที่ 2	2.504100062	1.889006742	1.625761726	1.480503055	1.388987091	1.327007246
	รูปแบบที่ 3	2.497241991	1.888465698	1.624051144	1.478909871	1.390002812	1.326069585
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.145946498	1.085629076	1.060745727	1.046789592	1.037959534	1.031970965
	รูปแบบที่ 2	2.495744019	1.879503561	1.622511492	1.481818982	1.384230064	1.324313271
	รูปแบบที่ 3	2.488571098	1.888659283	1.62663876	1.476586171	1.392045528	1.323667976
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.148456255	1.0891788	1.0619882	1.047986428	1.038637289	1.032334248
	รูปแบบที่ 2	2.498053672	1.88712632	1.635422773	1.480490124	1.384932118	1.326505346
	รูปแบบที่ 3	2.51043841	1.90461662	1.619184857	1.482320668	1.382375891	1.324746059
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.144893863	1.087939324	1.059815953	1.046861109	1.037856928	1.032725206
	รูปแบบที่ 2	2.503725076	1.908298495	1.637827574	1.474888056	1.391622868	1.327251988
	รูปแบบที่ 3	2.486135438	1.892630281	1.612757641	1.493226242	1.388955578	1.328991541
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.144910602	1.085980615	1.06143877	1.04679169	1.038314121	1.033501229
	รูปแบบที่ 2	2.570421772	1.898072279	1.631524702	1.479254379	1.391032236	1.322159966
	รูปแบบที่ 3	2.492515912	1.935647276	1.630619489	1.472065817	1.388864337	1.316853587
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.151887921	1.088593711	1.062618324	1.050469391	1.040300802	1.034254227
	รูปแบบที่ 2	2.533395739	1.913101466	1.616666508	1.464401993	1.385164465	1.323655372
	รูปแบบที่ 3	2.475586537	1.90356906	1.610244305	1.46670582	1.388151607	1.332766436
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.149410122	1.08813402	1.063335851	1.048628859	1.040678619	1.034736663
	รูปแบบที่ 2	2.537059108	1.924644578	1.637587532	1.46740882	1.392905472	1.327268917
	รูปแบบที่ 3	2.505643683	1.867428412	1.604499993	1.480142877	1.395135374	1.327996616
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.149875613	1.090608306	1.066179988	1.051874898	1.040026253	1.036093162
	รูปแบบที่ 2	2.477846636	1.904974408	1.594581036	1.530644321	1.383055724	1.332239875
	รูปแบบที่ 3	2.497826445	1.834900893	1.619095999	1.490270622	1.385866483	1.336786906
	รูปแบบที่ 4	1.102872985	1.089856425	1.082787807	1.078114057	1.074650363	1.071888568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของบูลวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 5000$

p		$\sigma_{\epsilon}^2 = 5000$					
		2	3	4	5	6	7
b		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.227705994	1.134538294	1.094874431	1.07262411	1.058941937	1.049571687
	รูปแบบที่ 2	2.501578952	1.884414016	1.624123314	1.479856038	1.3878654	1.326361332
	รูปแบบที่ 3	2.501483656	1.887083893	1.625354109	1.47923258	1.38767633	1.327849185
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.231537932	1.137869757	1.095434402	1.073070263	1.060421255	1.050754344
	รูปแบบที่ 2	2.501283039	1.886937551	1.623218657	1.481078018	1.390195685	1.32546988
	รูปแบบที่ 3	2.490597429	1.893719351	1.622886638	1.478358517	1.385418555	1.324662622
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.234839089	1.138069525	1.094116936	1.075355486	1.059996966	1.05124783
	รูปแบบที่ 2	2.507505029	1.867922036	1.622231009	1.475928904	1.388558029	1.32467919
	รูปแบบที่ 3	2.516390612	1.870332193	1.634320601	1.471786806	1.386218614	1.328889339
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.242966126	1.141805695	1.0979995	1.076963951	1.06155015	1.052660476
	รูปแบบที่ 2	2.49661865	1.892573174	1.625583367	1.477204842	1.389857494	1.328769859
	รูปแบบที่ 3	2.512963131	1.894718769	1.629515656	1.475808061	1.389130319	1.325961849
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.248531803	1.14548556	1.103771537	1.07827607	1.063764568	1.054290679
	รูปแบบที่ 2	2.475591567	1.873432731	1.608053692	1.465119913	1.397139155	1.323324107
	รูปแบบที่ 3	2.475201846	1.88388289	1.606275099	1.472955119	1.391022989	1.329796043
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.243341623	1.145961436	1.105616339	1.079264433	1.066246964	1.056314133
	รูปแบบที่ 2	2.489789693	1.895069827	1.632668668	1.4802589	1.382367085	1.323399352
	รูปแบบที่ 3	2.527886626	1.89604539	1.623183635	1.479686419	1.387812955	1.321474717
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.255131929	1.1515518	1.103780148	1.081562389	1.065610632	1.057034344
	รูปแบบที่ 2	2.539130261	1.874138639	1.626027864	1.469946972	1.383661973	1.337883676
	รูปแบบที่ 3	2.56840619	1.882099184	1.621031432	1.487357436	1.386423405	1.338111624
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.253677733	1.152283188	1.107355336	1.084484124	1.067472345	1.058712208
	รูปแบบที่ 2	2.524909913	1.907500239	1.616247187	1.505054239	1.39115248	1.332435952
	รูปแบบที่ 3	2.485426536	1.898079007	1.620412958	1.486488654	1.407764859	1.334439094
	รูปแบบที่ 4	1.246714053	1.210020097	1.188687315	1.173705982	1.162057962	1.1524381

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิปเอฟเฟคทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 7000$

p		$\sigma_{\epsilon}^2 = 7000$					
		2	3	4	5	6	7
b		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01 (0.5 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.302433752	1.179238188	1.126303081	1.097098245	1.078544348	1.065397845
	รูปแบบที่ 2	2.500074545	1.890460296	1.626864402	1.47977097	1.388747416	1.327148225
	รูปแบบที่ 3	2.494665007	1.887456571	1.625179261	1.480275451	1.38969716	1.326701698
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
0.176 (10 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.306792444	1.181433328	1.128359578	1.098562881	1.080260669	1.06767494
	รูปแบบที่ 2	2.487643376	1.887818864	1.614191595	1.482260655	1.384832777	1.325426433
	รูปแบบที่ 3	2.494351527	1.897440326	1.617760551	1.482728339	1.391405194	1.326774564
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
0.364 (20 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.306183136	1.18076819	1.124508152	1.097225726	1.080115866	1.067927516
	รูปแบบที่ 2	2.499753586	1.891428935	1.635924219	1.477235635	1.394802064	1.321003767
	รูปแบบที่ 3	2.484945859	1.89723677	1.62811058	1.481798554	1.384112892	1.319686534
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
0.577 (30 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.305043946	1.181086118	1.125278365	1.097103962	1.077136638	1.068241789
	รูปแบบที่ 2	2.50629249	1.900350516	1.627073498	1.474980616	1.383605612	1.322041254
	รูปแบบที่ 3	2.470666643	1.876286347	1.630367919	1.482870596	1.383783344	1.332213659
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
0.839 (40 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.309813659	1.182287229	1.126769772	1.09716363	1.079766841	1.071081589
	รูปแบบที่ 2	2.505873939	1.876232793	1.621870203	1.491711724	1.393014327	1.320407991
	รูปแบบที่ 3	2.511082482	1.89190855	1.636748109	1.496176288	1.389189644	1.328614965
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
1.192 (50 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.308856191	1.185759907	1.127374641	1.099513195	1.083781562	1.072781343
	รูปแบบที่ 2	2.526247548	1.909513063	1.60668422	1.480623733	1.385496373	1.320892476
	รูปแบบที่ 3	2.523357732	1.926001632	1.619287234	1.469597567	1.390891532	1.338549349
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
1.732 (60 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.316860914	1.184154796	1.132544043	1.10064311	1.082190018	1.07433057
	รูปแบบที่ 2	2.455484137	1.918047945	1.627237381	1.47804145	1.388118862	1.331805075
	รูปแบบที่ 3	2.452140603	1.936624402	1.627224734	1.472659119	1.386484938	1.337754855
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024
2.747 (70 องศา)	รูปแบบที่ 1	1.315466583	1.189696133	1.137612941	1.101185622	1.083756756	1.074807761
	รูปแบบที่ 2	2.484551918	1.925666104	1.567397935	1.497011571	1.389039942	1.315834565
	รูปแบบที่ 3	2.441720327	1.869343101	1.616072448	1.46403946	1.404625921	1.333996853
	รูปแบบที่ 4	1.328081185	1.275046494	1.243501748	1.221025557	1.203431416	1.18889024

หมายเหตุ -ตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 จะใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
 -ตารางที่ 4.6 ถึง 4.9 จะใช้ในการสร้างกราฟแท่งในการเปรียบเทียบ
 -ค่า b ในตาราง คือ ค่า β_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลกระทบของความต้อการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

การศึกษาผลกระทบของความต้อการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเอฟเฟคนั้น จะมีปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย คือ 1) รูปแบบความต้อการสินค้า 2) ค่าอัตราส่วนความต้อการสินค้าต่อเวลา (β_1) และ 3) ค่าจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) และ กำหนดตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าบูลิวิเอฟเฟค

ในการทดสอบความแตกต่างของค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้อการสินค้าที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) มาช่วยในการตัดสินใจถึงผลกระทบของรูปแบบความต้อการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค เนื่องจากว่าค่า σ_ϵ^2 มีทั้งหมด 4 แบบ จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ทั้งหมด 4 กรณี

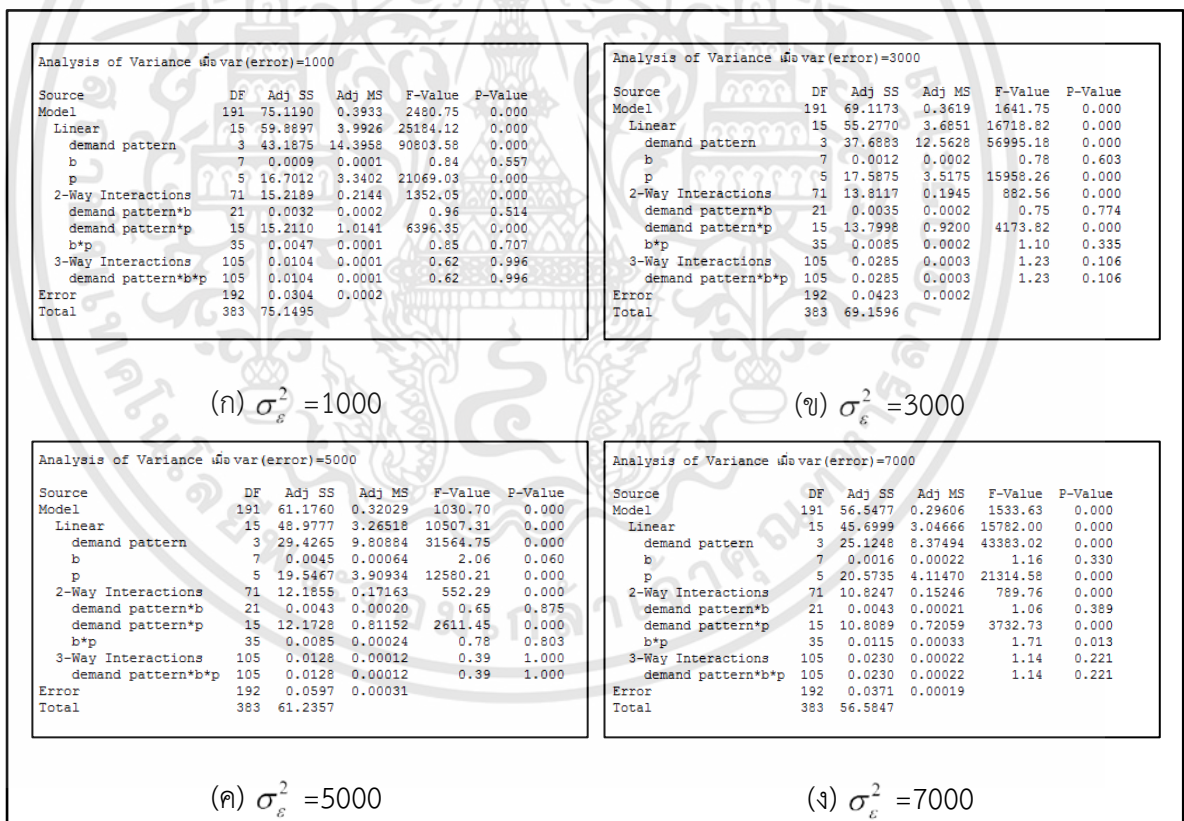
กรณีที่ 1 $\sigma_\epsilon^2=1000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 333$ และ $\sigma_d^2 = 28500$

กรณีที่ 2 $\sigma_\epsilon^2=3000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 336.729$ และ $\sigma_d^2 = 29170$

กรณีที่ 3 $\sigma_\epsilon^2=5000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 338$ และ $\sigma_d^2 = 30400$

กรณีที่ 4 $\sigma_\epsilon^2=7000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 340$ และ $\sigma_d^2 = 32000$

สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์สำหรับการเปรียบเทียบรูปแบบความต้อการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

จากรูปที่ 4.3 อิทธิพลร่วม หรือ ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างรูปแบบความต้อการสินค้า (Demand Pattern) ค่าอัตราส่วนความต้อการสินค้าต่อเวลา (b) และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

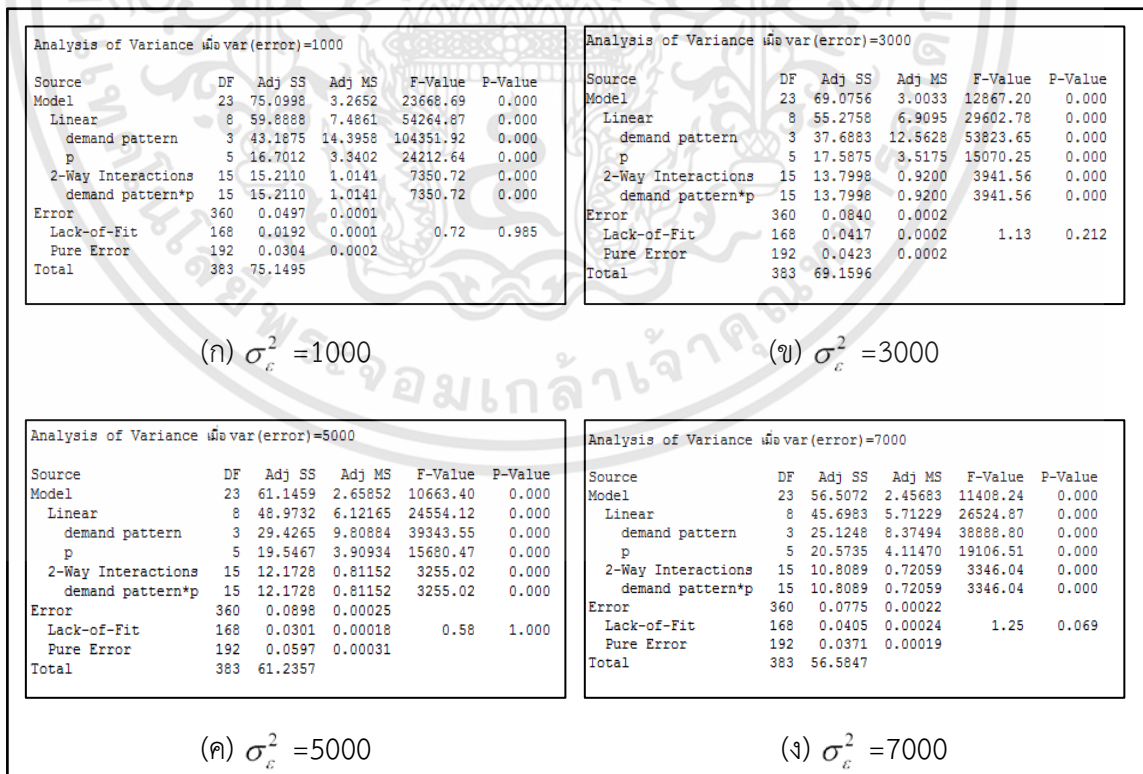
ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) มีค่า p-value มากกว่า $\alpha=0.05$ ซึ่งหมายความว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 3 ปัจจัยนี้

อิทธิพลร่วมระหว่างค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b) และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) ในรูป ก, ข และ ค มีค่า p-value มากกว่า $\alpha=0.05$ ส่วนรูป ง อิทธิพลร่วมระหว่างค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ยมีค่า p-value น้อยกว่า $\alpha=0.05$ ในภาพรวมจึงสรุปได้ว่าแทบจะไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย

อิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) กับ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) มีค่า p-value น้อยกว่า $\alpha=0.05$ ซึ่งหมายความว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) กับ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p)

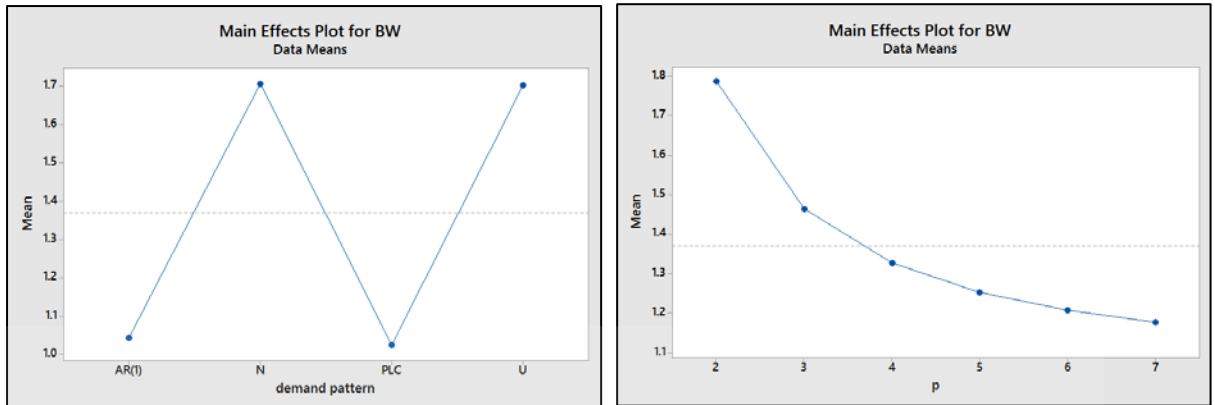
อิทธิพลร่วมระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) กับ ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b) มีค่า p-value มากกว่า $\alpha=0.05$ ซึ่งหมายความว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) กับ ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b)

ส่วนปัจจัยหลักค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b) หรือ β_1 มีค่า p-value มากกว่า $\alpha=0.05$ หรือ ปัจจัยนี้มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำการตัดปัจจัยนี้ออกแล้วการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ใหม่อีกครั้งได้ดังรูปที่ 4.4 และมีกราฟของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์สำหรับการเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลิปีเอฟเฟค เมื่อใช้ 2 ปัจจัยหลักในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของรูปแบบความต้องการสินค้าต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 4.4 เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) ต่อค่าบูลิวิเอฟเฟคที่ทำการตัดปัจจัยค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b) หรือ β_1 ที่มีค่า p-value มากกว่า $\alpha=0.05$ ออกไปแล้ว เมื่อทำการตัดปัจจัยหลักค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b) ออกไปแล้ว ผลการวิเคราะห์ของปัจจัยรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) ต่อค่าบูลิวิเอฟเฟคยังคงให้ค่า P-Value =0.000 ทุกกรณี ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha =0.05$ จึงสรุปได้ว่ารูปแบบความต้องการสินค้าจะส่งผลให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกัน และจากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้บ่งบอกอีกว่าปัจจัยรูปแบบความต้องการสินค้ามีผลต่อค่าบูลิวิเอฟเฟคมากกว่าปัจจัยจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย

ส่วนอิทธิพลร่วม หรือ ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) กับ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) ยังคงมีค่า p-value น้อยกว่า $\alpha=0.05$ ซึ่งหมายความว่าอิทธิพลร่วมกันระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้า (Demand Pattern) กับ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p)

เมื่อทำการวิเคราะห์ต่อเพื่อหาว่ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบไหนที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ภายในกลุ่มเดียวกัน จะได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.6 คือ รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (PLC) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่กลุ่มเดียวกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 4 (AR(1)) และ รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 (N) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่กลุ่มเดียวกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 3 (U)

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
Demand	N	Mean	Grouping
2	384	1.70387	A
3	384	1.70175	A
4	384	1.13978	B
1	384	1.08841	B

Means that do not share a letter are significantly different.

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

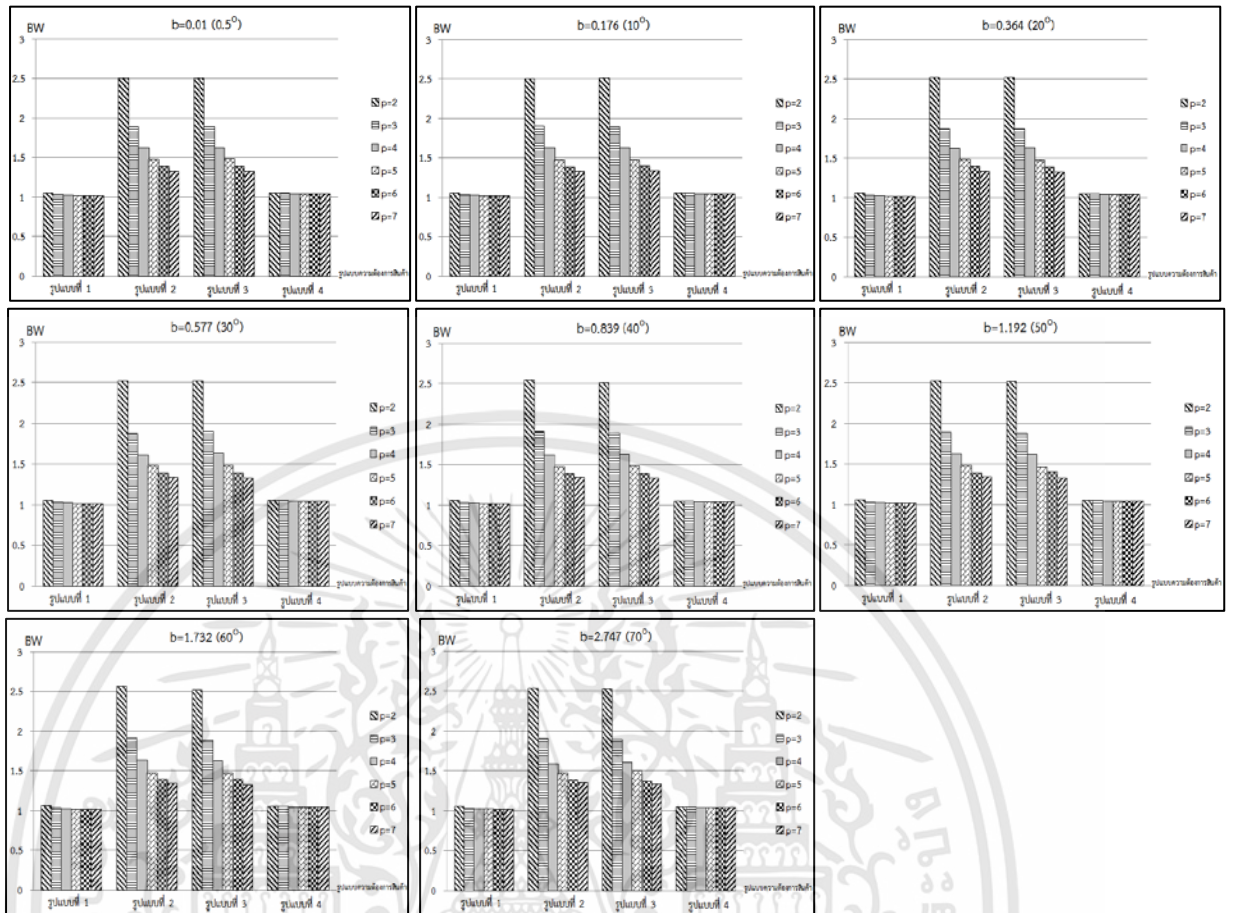
เมื่อผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 4.4 บ่งบอกว่ารูปแบบความต้องการสินค้ามีผลทำให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกัน จากนั้นจึงต้องมาศึกษาและทำการเปรียบเทียบว่ารูปแบบความต้องการสินค้ามีผลทำให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกันอย่างไร

หัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคระหว่างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อใช้ค่า $\beta_1 = 0.01, 0.176, 0.364, 0.577, 0.839, 1.192, 1.732$ และ 2.747 ค่า $p = 2, 3, 4, 5, 6$ และ 7 และใช้ $\sigma_e^2 = 1000, 3000, 5000$ และ 7000 ได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.10

จากรูปที่ 4.7 ถึง 4.10 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบนั้น รูปแบบความต้องการสินค้าให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคที่ต่างกันนั้นคือ รูปแบบที่ 2 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ) และรูปแบบที่ 3 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม) มีค่าบูลิวิเอฟเฟคมากกว่ารูปแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) และรูปแบบที่ 4 (รูปแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง) ซึ่งเมื่อใช้ค่า $\sigma_e^2 = 1000, 3000, 5000$ และ 7000 ผลการเปรียบเทียบยังคงให้ผลเช่นเดียวกัน

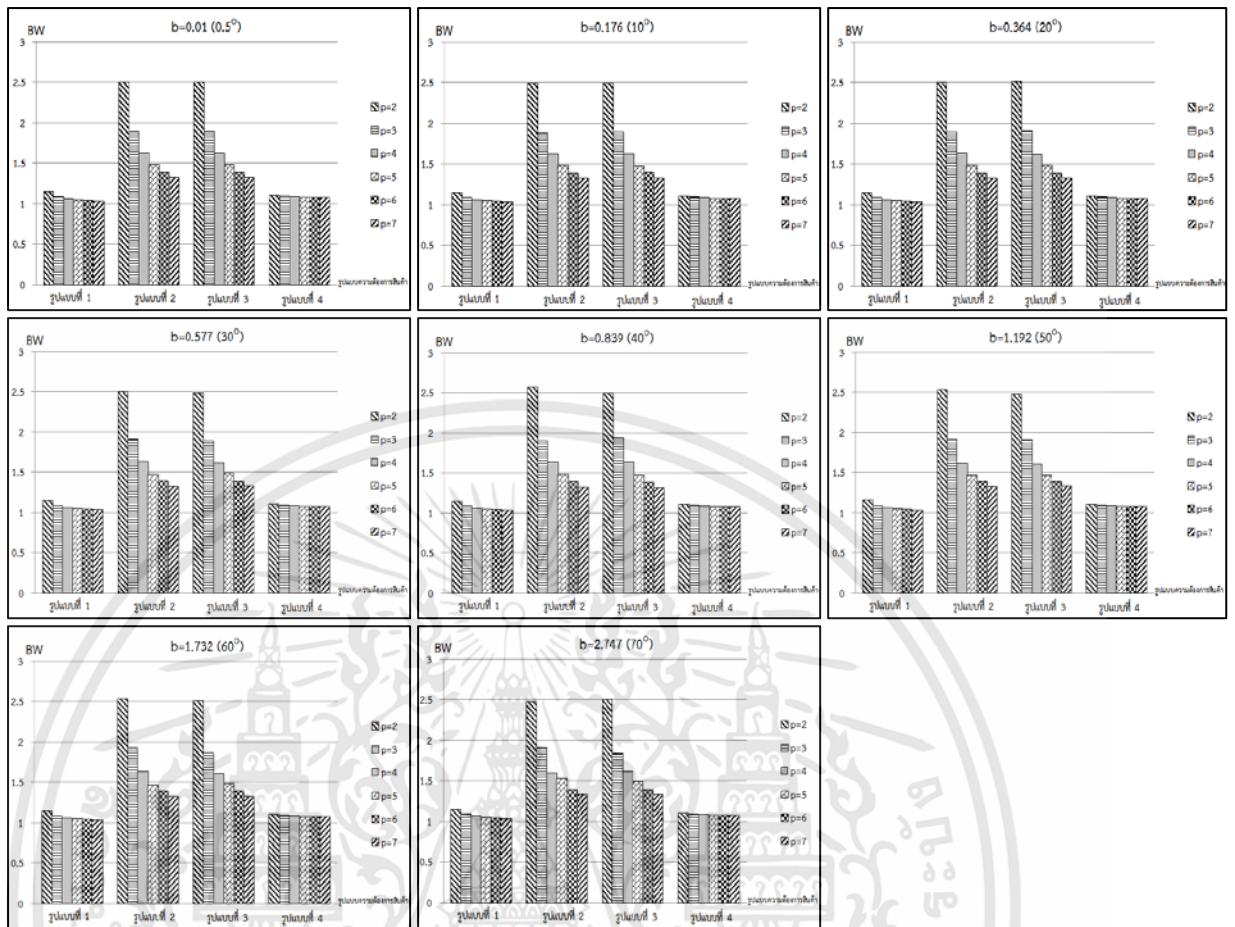
เมื่อรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) เปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 2 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ) และรูปแบบที่ 3 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม) ซึ่งเป็นตัวแทนของรูปแบบที่ไม่เป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ จะให้ผลบูลิวิเอฟเฟคที่น้อยกว่า แต่ถ้ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) ไปเปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 4 (รูปแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง) จะให้ผลค่าบูลิวิเอฟเฟคใกล้เคียงกัน

ขอยกตัวอย่างการอธิบายการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ ในรูปที่ 4.7 รูปสุดท้าย เมื่อ $\beta_1 = 2.747, p=2$ ค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบที่ 1 (PLC) มีค่าเท่ากับ 1.05513, ค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบที่ 2 (N) มีค่าเท่ากับ 2.53568, ค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบที่ 3 (U) = 2.52583 และ ค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบที่ 4 (AR(1)) มีค่าเท่ากับ 1.05263 จะเห็นได้ว่าค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 4 มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะน้อยกว่าค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบที่ 2 และ รูปแบบที่ 3



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าบูลิฟเฟค
ภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_e^2 = 1000$

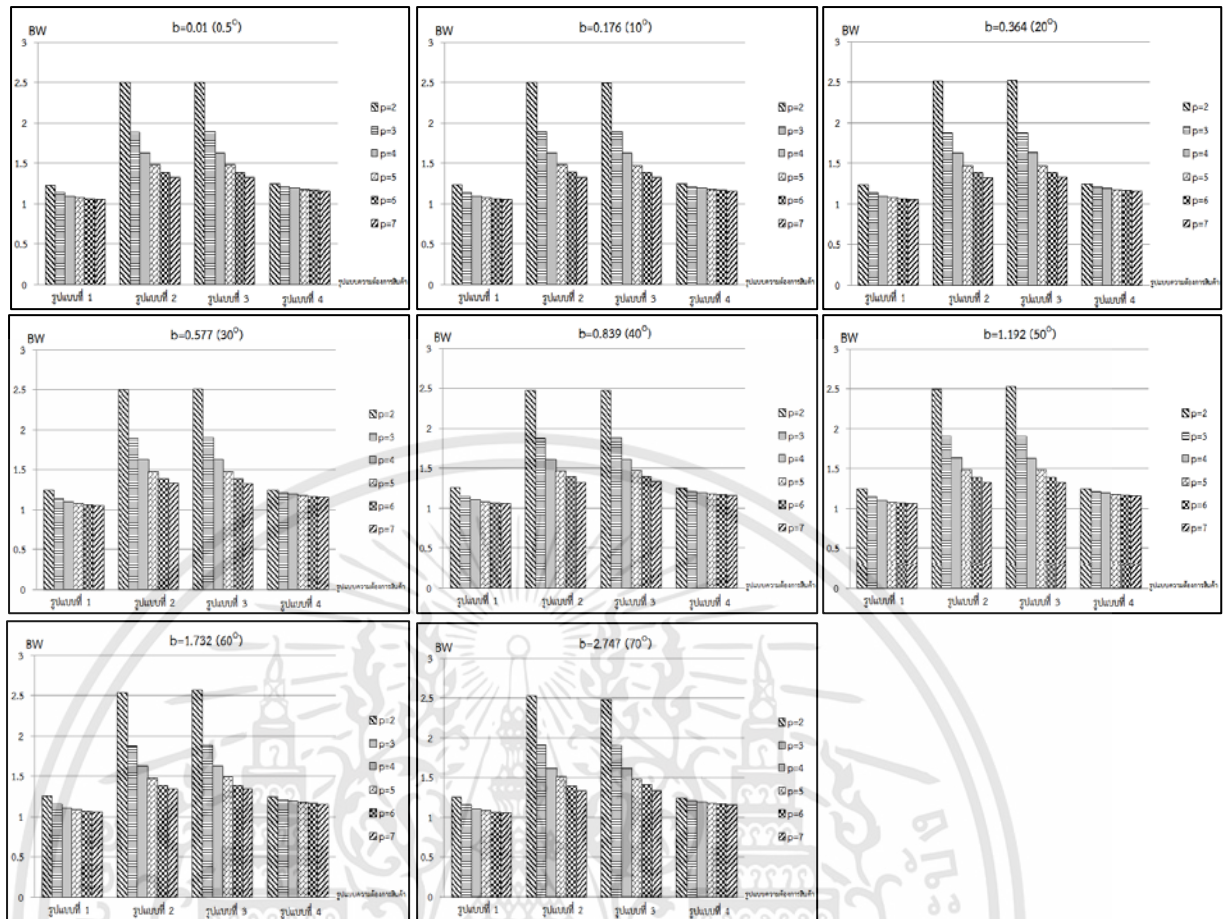
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าบูลิปอฟเฟค

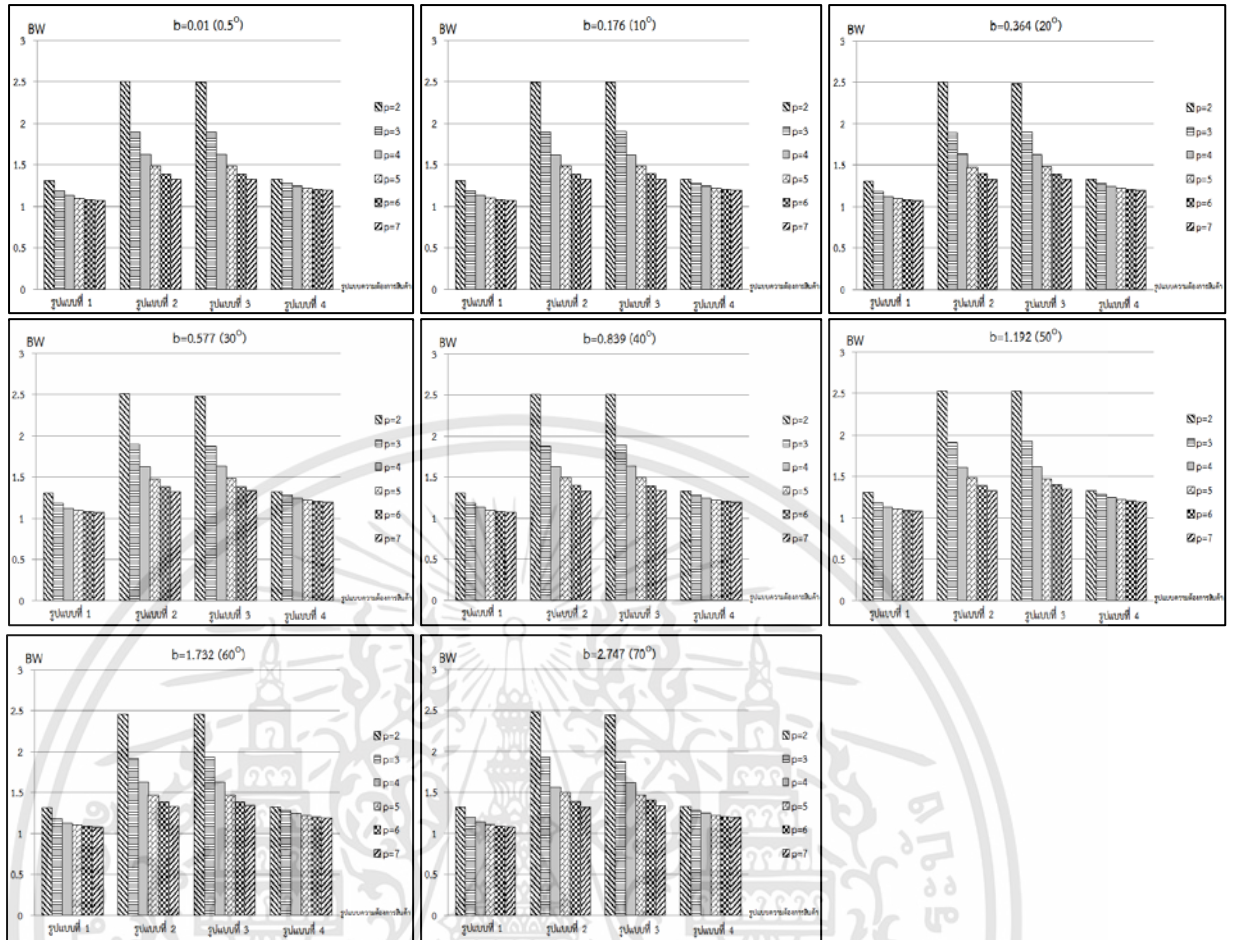
ภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\xi}^2 = 3000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าบูลิฟเฟคภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_e^2 = 5000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าบูลิปอฟเฟค
ภายใต้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 4 รูปแบบ เมื่อ $\sigma_{\xi}^2 = 7000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยต่อค่าบูลิวิเปฟเฟค

เมื่อผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 4.4 บ่งบอกว่าจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยมีผลทำให้ค่าบูลิวิเปฟเฟคต่างกัน จึงต้องศึกษาและทำการเปรียบเทียบว่าจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยมีผลทำให้ค่าบูลิวิเปฟเฟคต่างกันอย่างไรร

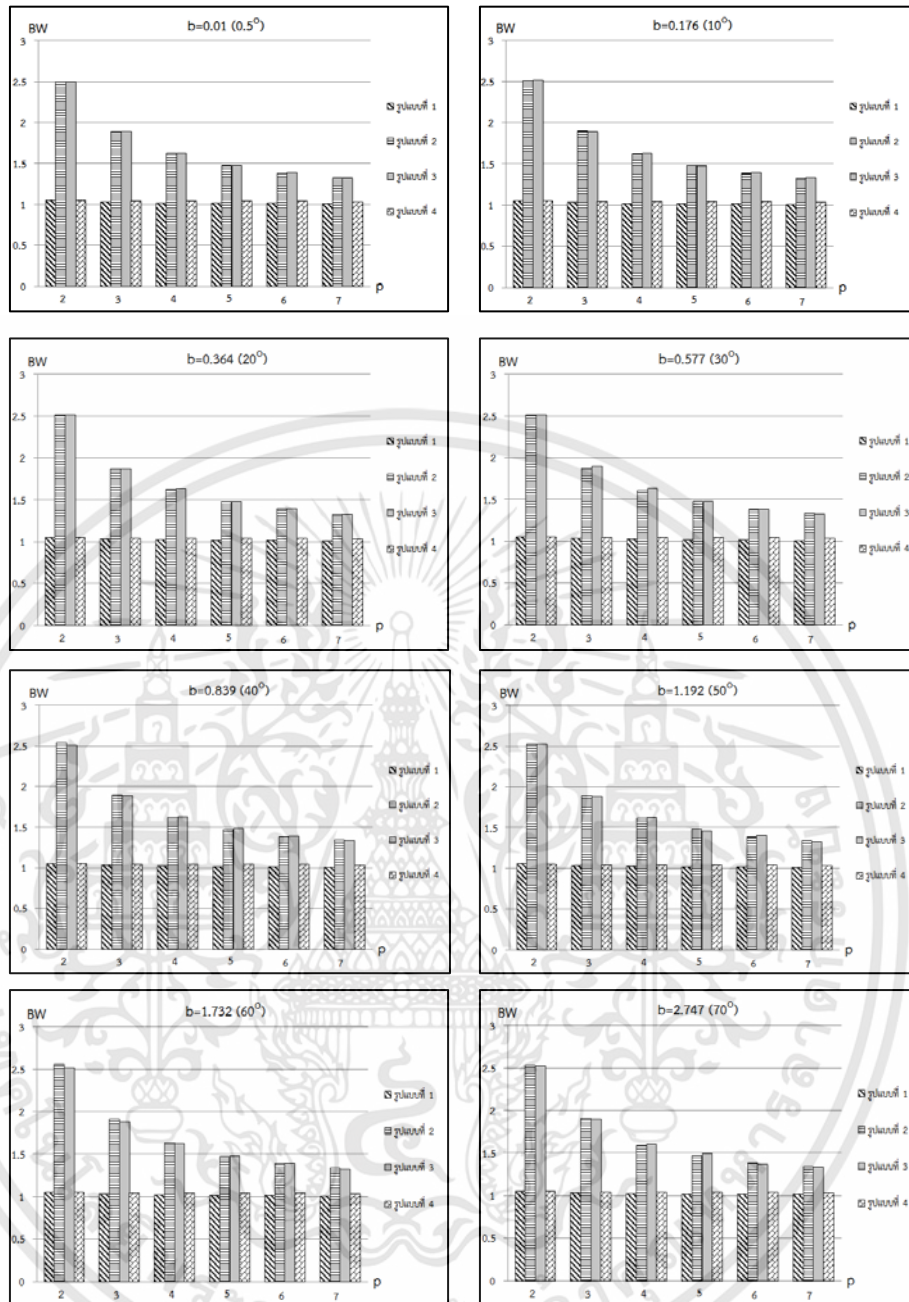
หัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคระหว่างจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อใช้ค่า $\beta_1 = 0.01, 0.176, 0.364, 0.577, 0.839, 1.192, 1.732$ และ 2.747 และ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000, 3000, 5000$ และ 7000 ได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.14

จากรูปที่ 4.11 ถึง 4.14 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคต่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยนั้น เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเปฟเฟคของทุกรูปแบบความต้องการสินค้าจะมีค่าลดลง และเมื่อดูค่าบูลิวิเปฟเฟคได้จากตาราง 4.6 ถึง 4.9 จะเห็นได้ว่าค่าบูลิวิเปฟเฟคมีค่าลดลงเมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และจากกราฟจะเห็นได้ว่าความต้องการสินค้ารูปแบบที่ 2 และ 3 มีความทนทาน (Robust) ต่อค่า p ที่เพิ่มขึ้น

จากกราฟรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 และ 4 นั้นอาจเห็นไม่ชัดอย่างชัดเจนว่าเมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเปฟเฟคจะลดลง เพราะค่าบูลิวิเปฟเฟคมีค่าลดลงใกล้เคียงจากเดิมมาก

จากกราฟรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ชัดว่าเมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเปฟเฟคจะมีค่าลดลงอย่างชัดเจน

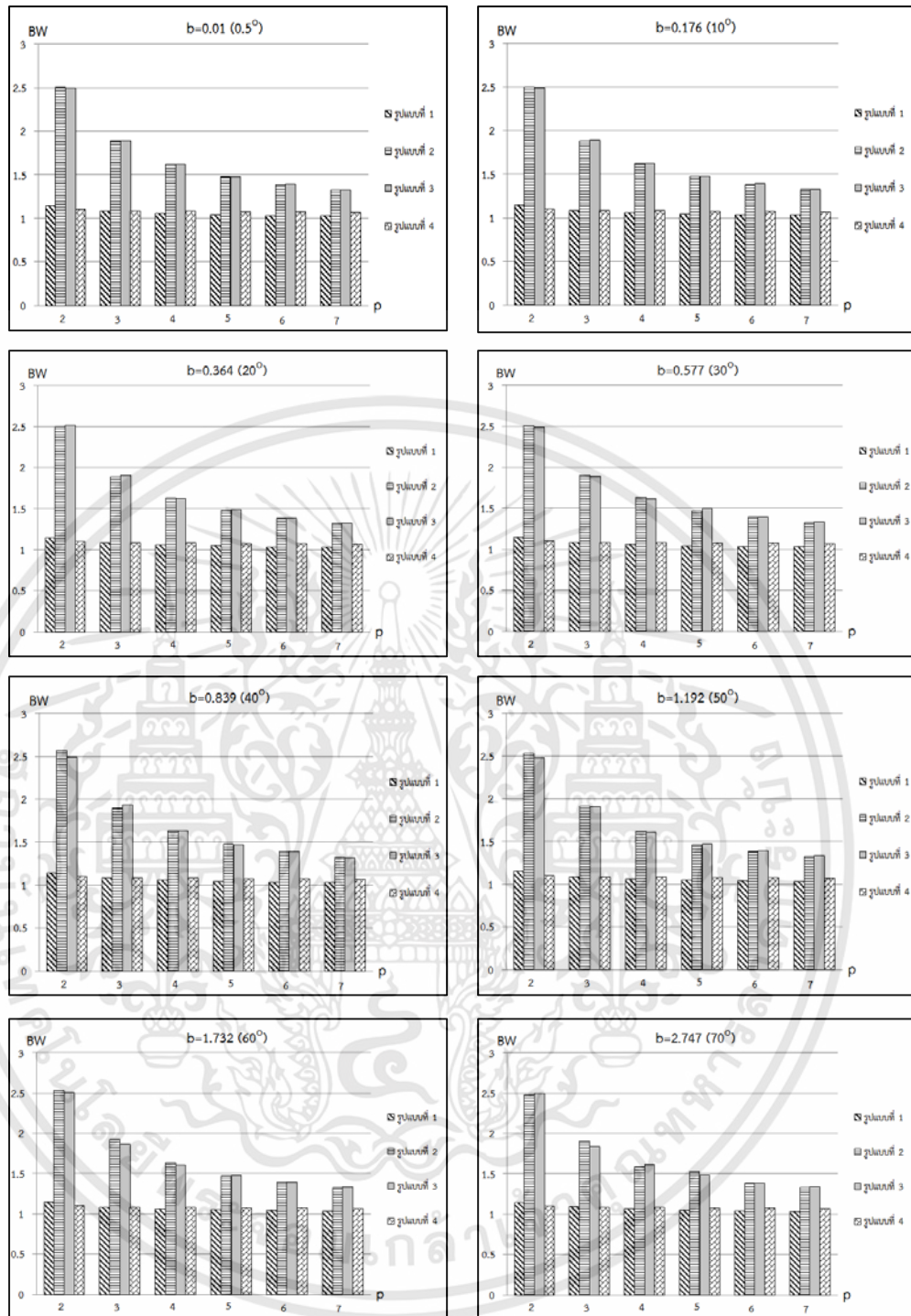
ขอยกตัวอย่างการอธิบายการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคต่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยในรูปที่ 4.14 รูปสุดท้าย จากรูปแกน y คือ ค่าบูลิวิเปฟเฟค แกน x คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1 = 2.747$, จะขออธิบายรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 เมื่อ $p=2$ ค่าบูลิวิเปฟเฟค = 2.45548, เมื่อ $p=3$ ค่าบูลิวิเปฟเฟค = 1.91804, เมื่อ $p=4$ ค่าบูลิวิเปฟเฟค = 1.62723, เมื่อ $p=5$ ค่าบูลิวิเปฟเฟค = 1.47804, เมื่อ $p=6$ ค่าบูลิวิเปฟเฟค = 1.38811 เมื่อ $p=7$ ค่าบูลิวิเปฟเฟค = 1.33180 จะเห็นได้ว่าค่าบูลิวิเปฟเฟคค่าบูลิวิเปฟเฟคจะลดลงเมื่อข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าบูลวิฟเฟค

ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย เมื่อ $\sigma_e^2 = 1000$

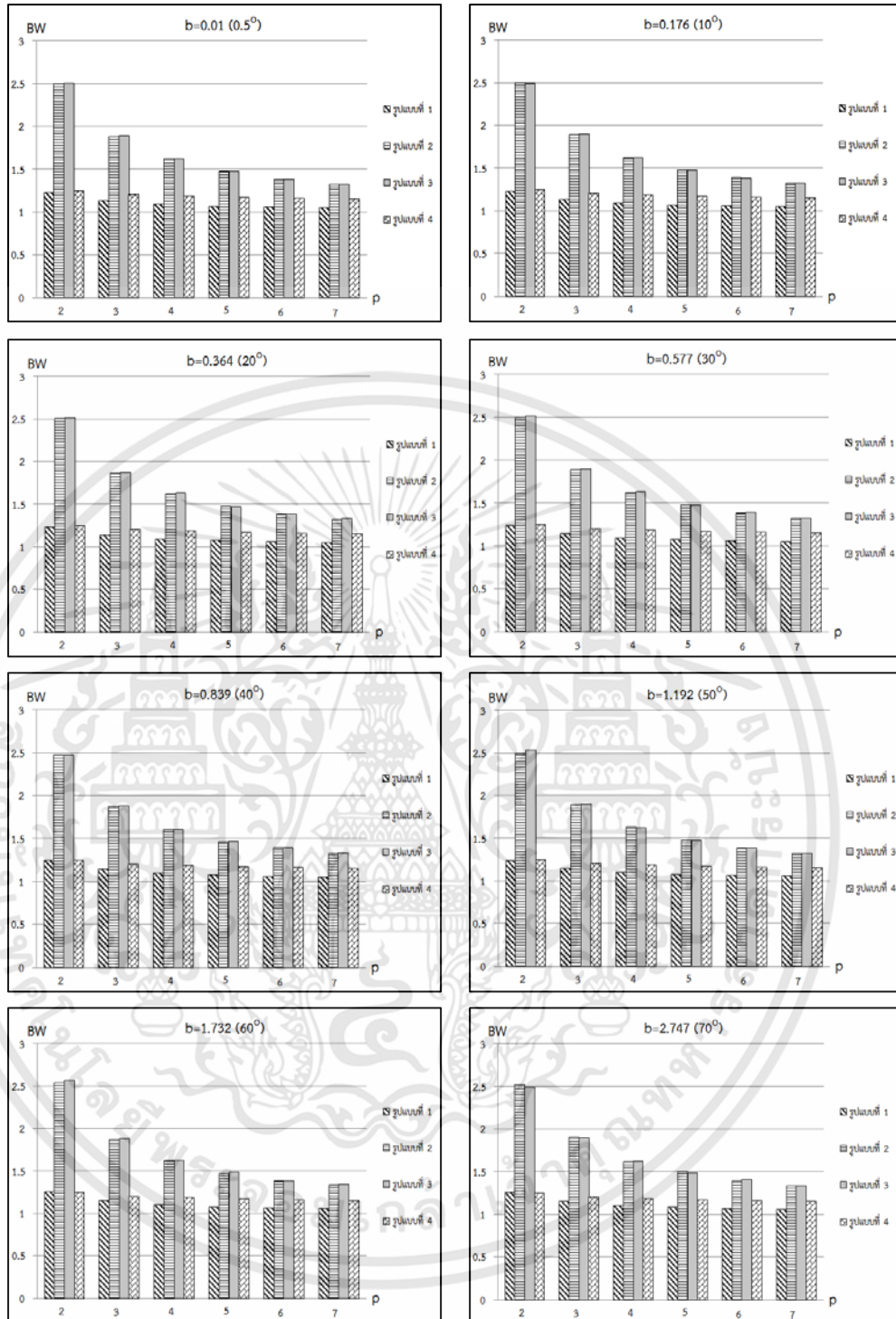
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่ามูลวิปเอฟเฟค

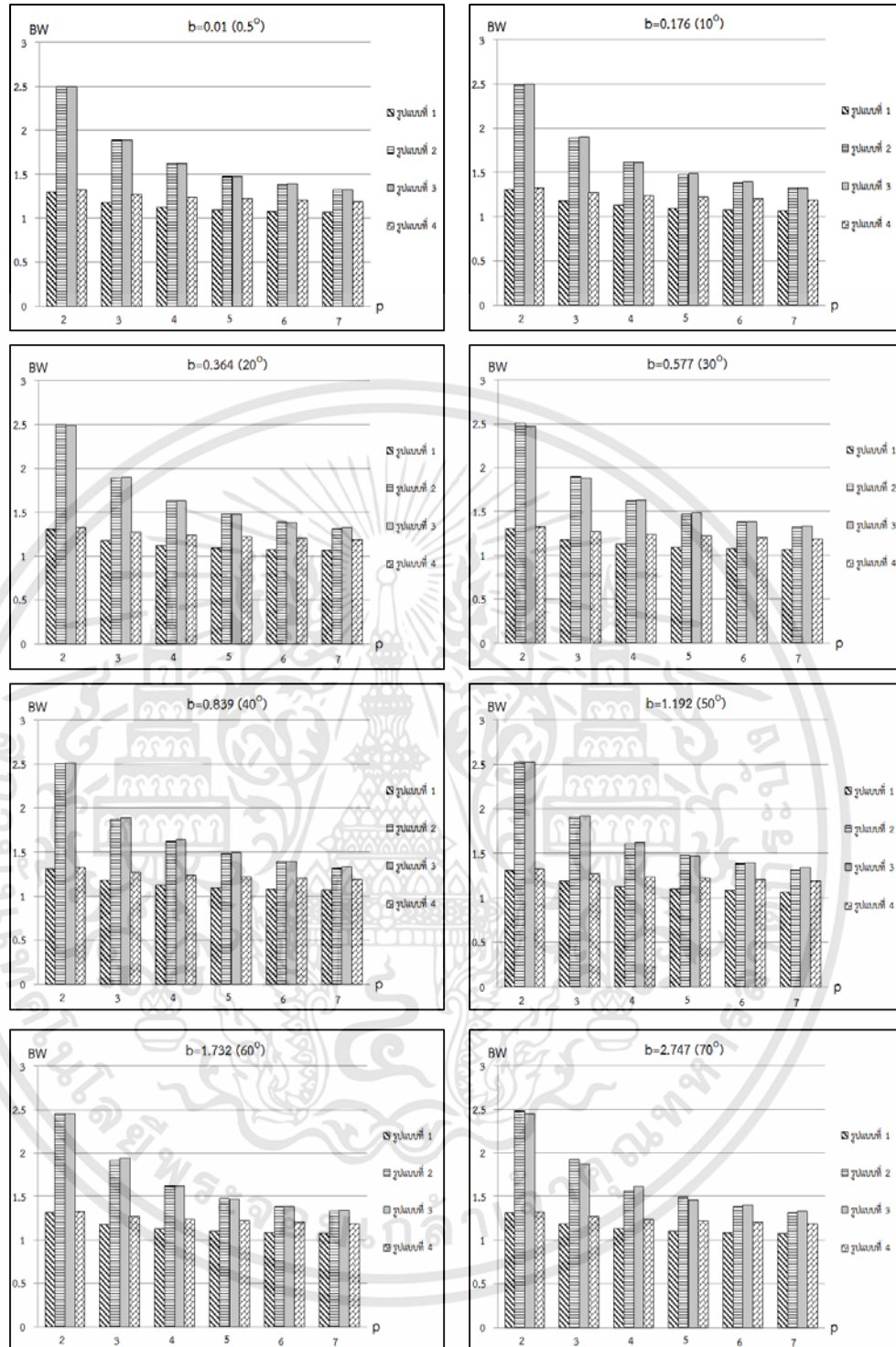
ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟค
ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\sigma_e^2 = 5000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิปเอฟเฟค
ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\sigma_c^2 = 7000$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การวิเคราะห์ความผิดพลาดของการพยากรณ์

จากผลการวิเคราะห์ผลกระทบของความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบการแจกแจงแบบปกติและยูนิฟอร์มให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคมากกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ สาเหตุหนึ่งเป็นผลมาจากเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้า หัวข้อนี้จึงทำการวิเคราะห์ความผิดพลาดของการพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error (MSE)) ดังสมการที่ 4.1 เพื่อยืนยันผลที่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ผลกระทบของความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

$$MSE = \frac{\sum(F_i - D_i)^2}{n} \quad (4.1)$$

ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ของรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบเมื่อ $p=2, 3, 4, 5, 6$ และ 7 และ $\beta_1=1.732$ เหมือนกับการคำนวณค่าบูลิวิเอฟเฟคเบื้องต้นในบทที่ 3 ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4.10 และสามารถดูตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ได้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE)

รูปแบบความต้องการสินค้า	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE)					
	p=2	p=3	p=4	p=5	p=6	p=7
รูปแบบที่ 1 วงจรชีวิต ผลิตภัณฑ์	1253.191	1240.487	1204.870	1153.81	1131.05	1120.33
รูปแบบที่ 2 การแจกแจงแบบ ปกติ	40045.540	36064.403	34431.944	32397.299	31680.451	31476.639
รูปแบบที่ 3 การแจกแจงแบบ ยูนิฟอร์ม	41121.697	36050.679	34029.706	32669.528	31540.061	30696.261
รูปแบบที่ 4 อเทอริเกรสชัน อันดับที่หนึ่ง	1240.450	1236.790	1202.347	1153.582	1130.54	1117.426

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่ารูปแบบที่ 1 และ 4 บ่งบอกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 และ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์มากกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 และ 4 ส่งผลให้รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 และ 3 มีค่าบูลิวิเอฟเฟคมากกว่ารูปแบบที่ 1 และ 4 ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผลสอดคล้องกับการเปรียบเทียบผลกระทบของความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบต่อค่าบุลวิปเอฟเฟค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลกระทบของอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา ต่อค่าบูลิปปอฟเฟค

ในบทนี้จะจำลองปรากฏการณ์การเกิดบูลิปปอฟเฟคภายใต้รูปแบบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC) เท่านั้นในรูปแบบต่างๆ เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลิปปอฟเฟค (ซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยอีกหัวข้อ) ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ยังถูกพิจารณา 3 ช่วง คือ 1. ช่วงเริ่มต้น 2. ช่วงอิมตัว และ 3. ช่วงลดลง ปัจจัยที่ทำการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ ค่าอัตราความต้องการสินค้าต่อเวลา หรือค่าความชัน (β_1)

สิ่งที่น่าสนใจต้องศึกษาก่อนเป็นปัจจัยแรก คือ ค่าอัตราความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) เนื่องจากว่าค่าอัตราความต้องการสินค้าต่อเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้อัตราส่วนความต้องการสินค้าช่วงที่ 1 และช่วงที่ 3 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปด้วย (มุมเปลี่ยนแปลง) เช่น

- ถ้าค่า β_1 เพิ่มขึ้น จะทำให้ช่วงที่ 1 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วงที่ 3 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะมีความต้องการสินค้าที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

- ถ้าค่า β_1 ลดลง จะทำให้ช่วงที่ 1 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และช่วงที่ 3 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะมีความต้องการสินค้าที่ลดลงอย่างช้าๆ

ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่า β_1 (หรือมุม) ของช่วงที่ 1 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับกับค่า β_1 (หรือมุม) ของช่วงที่ 3 ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

สามารถแบ่งหัวข้อการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 2

5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (ของกรอบงานวิจัยที่ 2)

5.3 การจำลองค่าบูลิปปอฟเฟค และการเก็บข้อมูล

5.4 ผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ต่อค่าบูลิปปอฟเฟค

5.5 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยต่อค่าบูลิปปอฟเฟค

5.1 การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 2

การออกแบบการทดลองกรอบการวิจัยที่ 2 เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของค่าอัตราความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) เป็นไปตามกรอบการวิจัยที่ 2 ดังรูปที่ 5.1 นั้นจะเป็นการจำลองการเกิดบูลิโอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าเฉพาะรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น เมื่อค่า β_1 (slope) เปลี่ยนไป โดยกำหนดค่า β_1 ทั้งหมด 16 ค่า ดังตารางที่ 1.2 ที่ความชันเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศา คือ คือ 0.01 (0.5 องศา), 0.087 (5 องศา), 0.176 (10 องศา), 0.268 (15 องศา), 0.364 (มุม 20 องศา), 0.466 (25 องศา), 0.577 (30 องศา), 0.7 (35 องศา), 0.839 (40 องศา), 1 (45 องศา), 1.192 (50 องศา), 1.428 (55 องศา), 1.732 (60 องศา), 2.145 (65 องศา), 2.747 (70 องศา), 3.732 (75 องศา) ดังรูปที่ 5.2

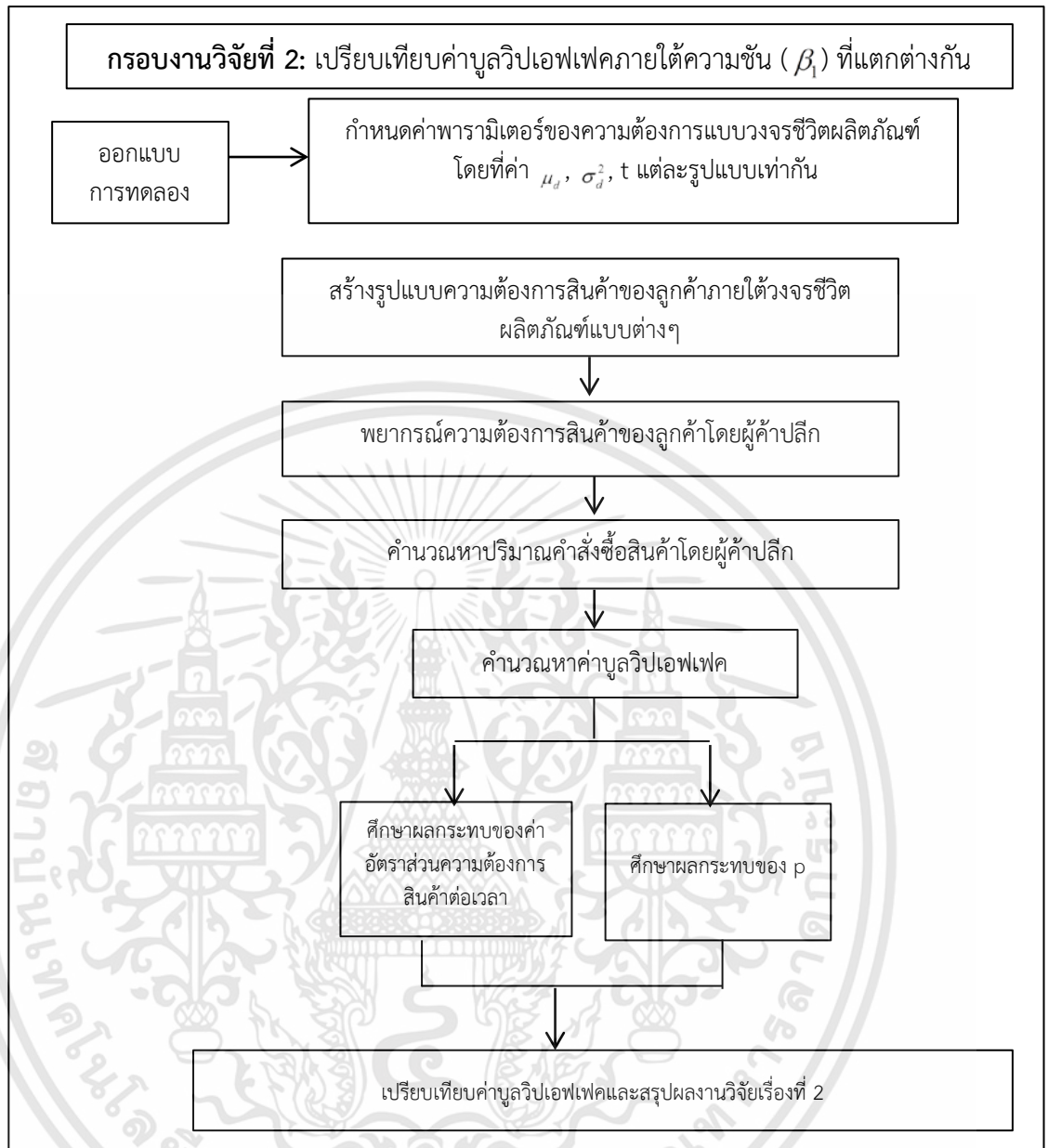
เกณฑ์ในการเปรียบเทียบค่าบูลิโอฟเฟคของทั้งค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา 16 แบบ คือ ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้า, ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้ามีค่าเท่ากันในทั้ง 16 รูปแบบก่อนการเปรียบเทียบในตอนท้าย และจะกำหนดให้ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือ ค่าบูลิโอฟเฟค และกำหนดให้มี 3 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 คือ ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ของรูปแบบ PLC แบ่งเป็น 16 ระดับ คือ 0.01, 0.087, 0.176, 0.268, 0.364, 0.466, 0.577, 0.7, 0.839, 1, 1.192, 1.428, 1.732, 2.145, 2.747, 3.732 ซึ่งค่า β_1 นี้จะทำให้ค่า t เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ค่า μ_d และ σ_d^2 คงที่ โดยที่ค่า σ_d^2 ถูกกำหนดให้คงที่

ปัจจัยที่ 2 คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_e^2) แบ่งได้ 4 ระดับ คือ 1000, 3000, 5000 และ 7000 ซึ่งค่า σ_e^2 จะนำไปสู่การกำหนดค่า μ_d และ σ_d^2 ให้คงที่

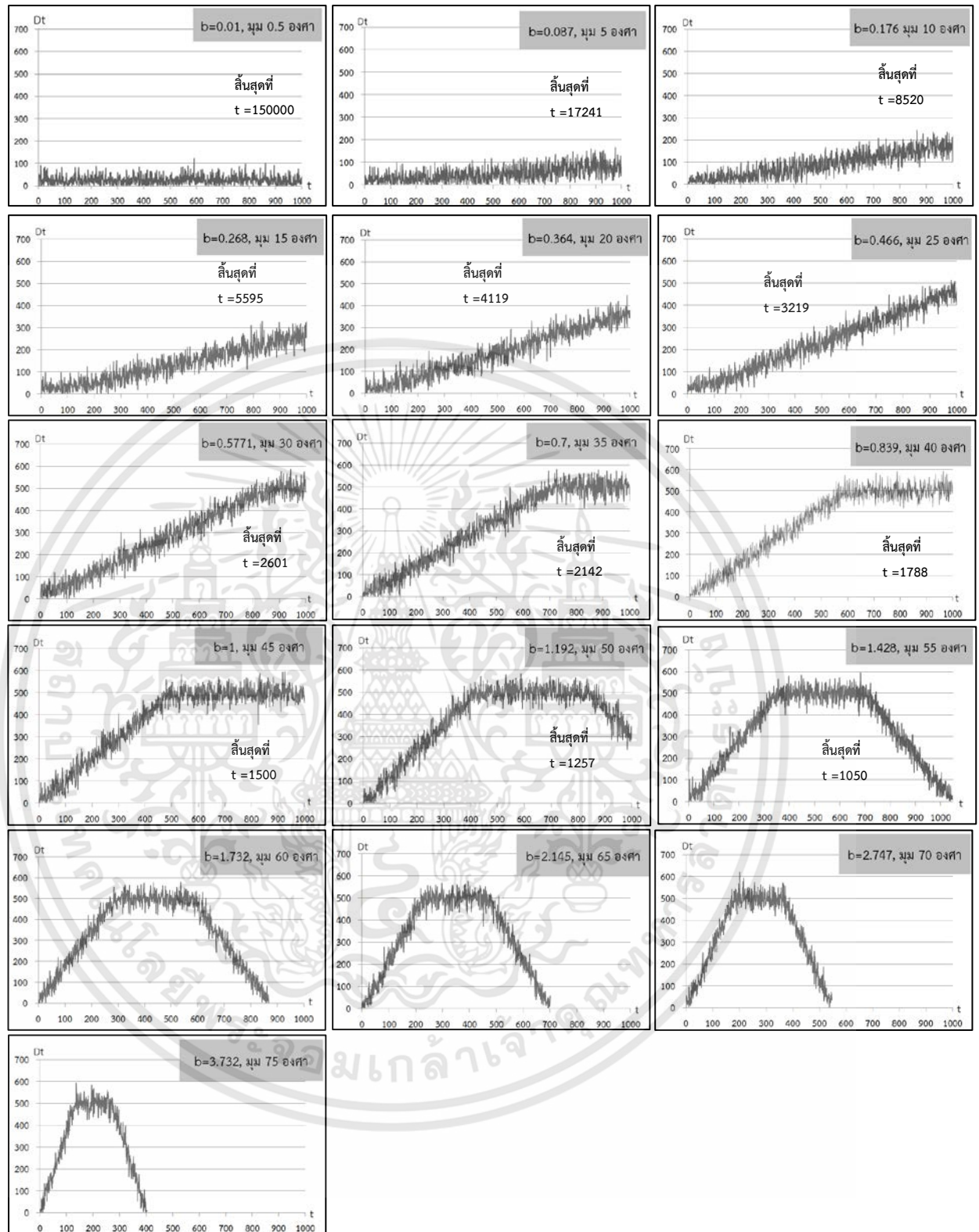
ปัจจัยที่ 3 คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) แบ่งได้ 6 ระดับ คือ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

กำหนดการทำซ้ำ 2 ครั้ง



รูปที่ 5.1 กรอบการวิจัยที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ค่าความชันของรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 16 แบบ
มุ่งเน้นแสดงถึงระยะที่ 1 ช่วงเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น (ของกรอบงานวิจัยที่ 2)

กรอบงานวิจัยที่ 2 สามารถกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์เบื้องต้นของกรอบการวิจัยที่ 2

กรณีที่ 1 $\sigma_c^2 = 1000$			กรณีที่ 2 $\sigma_c^2 = 3000$			กรณีที่ 3 $\sigma_c^2 = 5000$			กรณีที่ 4 $\sigma_c^2 = 7000$		
พื้นฐานการเปรียบเทียบ คือ $\mu_H = 333$ $\sigma_c^2 = 28500$			พื้นฐานการเปรียบเทียบ คือ $\mu_H = 336.73$ $\sigma_c^2 = 29170$			พื้นฐานการเปรียบเทียบ คือ $\mu_H = 338$ $\sigma_c^2 = 30400$			พื้นฐานการเปรียบเทียบ คือ $\mu_H = 340$ $\sigma_c^2 = 32000$		
t	มุมมอง	ค่า b	t	มุมมอง	ค่า b	t	มุมมอง	ค่า b	t	มุมมอง	ค่า b
150000	0.5	0.01	150000	0.5	0.01	150000	0.5	0.01	150000	0.5	0.01
17241	5	0.087	17241	5	0.087	17241	5	0.087	17241	5	0.087
8520	10	0.176	8520	10	0.176	8520	10	0.176	8520	10	0.176
5595	15	0.268	5595	15	0.268	5595	15	0.268	5595	15	0.268
4119	20	0.364	4119	20	0.364	4119	20	0.364	4119	20	0.364
3219	25	0.466	3219	25	0.466	3219	25	0.466	3219	25	0.466
2601	30	0.577	2601	30	0.577	2601	30	0.577	2601	30	0.577
2142	35	0.7	2142	35	0.7	2142	35	0.7	2142	35	0.7
1788	40	0.839	1788	40	0.839	1788	40	0.839	1788	40	0.839
1500	45	1	1500	45	1	1500	45	1	1500	45	1
1257	50	1.192	1257	50	1.192	1257	50	1.192	1257	50	1.192
1050	55	1.428	1050	55	1.428	1050	55	1.428	1050	55	1.428
867	60	1.732	867	60	1.732	867	60	1.732	867	60	1.732
699	65	2.145	699	65	2.145	699	65	2.145	699	65	2.145
546	70	2.747	546	70	2.747	546	70	2.747	546	70	2.747
402	75	3.732	402	75	3.732	402	75	3.732	402	75	3.732

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การจำลองค่าบูลิวิเปฟเฟค และการเก็บข้อมูล

กลไกการจำลองบูลิวิเปฟเฟคจะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นดังตารางที่ 5.1 และเริ่มจากการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 1.1 จะสร้างสมการทั้ง 16 สมการตามค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) ทั้ง 16 ค่า (สามารถดูวิธีการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ในหัวข้อที่ 3.3)

$$D_t = \begin{cases} \beta_1 t + \varepsilon_t & : 0 < t \leq t_1 \\ \beta_2 + \varepsilon_t & : t_1 < t \leq t_2 \\ \beta_0 - \beta_1 t + \varepsilon_t & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases}$$

จากนั้นในบทบาทของผู้ค้าปลีก ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าว่าลูกค้ามีความต้องการสินค้าเท่าใด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (สามารถดูวิธีขั้นตอนการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ในหัวข้อที่ 3.4)

$$F_t = \left(\frac{1}{p} \right) \sum_{i=1}^p D_{t-i}$$

กลไกต่อไป คือ ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม (สามารถดูการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าโดยผู้ค้าปลีกได้ในหัวข้อที่ 3.5)

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1}$$

เมื่อ

$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\hat{\sigma}_t^L$$

จากนั้นทำการคำนวณค่าบูลิวิเปฟเฟคโดยการนำความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีกหารด้วยความแปรปรวนของความต้องการของลูกค้า

$$BW = \frac{VAR(Q_t)}{VAR(D_t)}$$

เมื่อทำการคำนวณค่าบูลิวิเปฟเฟคเรียบร้อยแล้วจะได้ค่าบูลิวิเปฟเฟคดังตารางที่ 5.2 ถึง 5.5 จากนั้นทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของบูลิวิเปฟเฟคได้ดังตารางที่ 5.6 ถึง 5.9 เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 5.2 ค่าบูลิวิเอฟเฟคเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$

		$\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$											
p	b	2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01	1.051393744	1.051330541	1.030390794	1.030410871	1.021404702	1.021385693	1.01638189	1.016347234	1.013333925	1.013312859	1.010999289	1.011067344	
0.087	1.051099192	1.051075736	1.031991808	1.029954917	1.021418954	1.021671466	1.016259855	1.016544459	1.012959115	1.013151915	1.011170266	1.01110859	
0.176	1.052315598	1.051086542	1.031476005	1.030049372	1.021477809	1.020856258	1.016896051	1.016228679	1.013694502	1.013431389	1.011225759	1.011167152	
0.268	1.053179121	1.053564413	1.03014488	1.030378213	1.021874782	1.022816168	1.015944715	1.0167454	1.013874548	1.013929992	1.011327341	1.011486886	
0.364	1.053937043	1.053880757	1.031581022	1.03173586	1.022534988	1.02261189	1.017215734	1.017377874	1.013782884	1.014036961	1.011615883	1.011790725	
0.466	1.053110636	1.05386975	1.031039843	1.031055609	1.021378396	1.021098043	1.016244891	1.016497244	1.013294749	1.013298347	1.011616525	1.011719749	
0.577	1.053807363	1.05370166	1.031820745	1.031870568	1.022683019	1.02229399	1.017661914	1.016746169	1.014990485	1.014584592	1.011767768	1.0117219	
0.7	1.054466785	1.054044863	1.031644192	1.030089591	1.023663575	1.022124632	1.016966648	1.017135109	1.014309123	1.013809489	1.011764482	1.011730061	
0.839	1.055584497	1.055201203	1.030414491	1.032438467	1.022337999	1.022029987	1.018118811	1.016748005	1.013314836	1.014615235	1.011814171	1.012010059	
1	1.054198829	1.05434017	1.032617699	1.032972858	1.023341331	1.021964934	1.016274881	1.017991243	1.013554799	1.014322413	1.012447698	1.012121667	
1.192	1.05689613	1.057922509	1.032433211	1.032071668	1.021858182	1.022921512	1.017645099	1.017952531	1.014366419	1.015104687	1.012573671	1.012184226	
1.428	1.054561517	1.052894603	1.032082276	1.030089248	1.022480159	1.021729079	1.015831754	1.016365007	1.01410922	1.013417361	1.012188434	1.012574941	
1.732	1.053053976	1.055094978	1.029780677	1.033615094	1.021198179	1.022727226	1.016332382	1.018820471	1.013808366	1.014659395	1.012608981	1.012764843	
2.145	1.056083113	1.057141214	1.036251274	1.034856791	1.023030784	1.024196419	1.020729312	1.018340621	1.015065677	1.016477931	1.013457097	1.013605621	
2.747	1.055078937	1.055200721	1.036124756	1.032948683	1.023313471	1.023550362	1.019537626	1.01890884	1.0158077	1.016486304	1.013775859	1.014839651	
3.732	1.057392469	1.055780943	1.033465404	1.033815447	1.02179381	1.028089123	1.018148894	1.021217902	1.017869209	1.017042465	1.013950052	1.016530262	

ตารางที่ 5.3 ค่าบูลิวิเอฟเฟคเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$

		$\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$											
p	b	2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01	1.144844648	1.14369189	1.086070202	1.085796301	1.0603128	1.060151802	1.046371687	1.04638353	1.037490759	1.037607173	1.031565939	1.031347697	
0.087	1.148144534	1.146265639	1.085909761	1.086073492	1.061457692	1.060691843	1.046727813	1.046114556	1.038239664	1.037491281	1.031893453	1.031881413	
0.176	1.146988514	1.144904482	1.08653986	1.084718292	1.060567522	1.060923931	1.047437091	1.046142094	1.037873087	1.038045982	1.031975606	1.031966323	
0.268	1.143933079	1.148002211	1.085954755	1.088478604	1.06154985	1.061437713	1.045681563	1.049067461	1.038020561	1.037952822	1.032120653	1.032229046	
0.364	1.149203646	1.147708863	1.088070227	1.090287373	1.062597879	1.06137852	1.048290475	1.047682381	1.038978542	1.038296037	1.032302206	1.032366629	
0.466	1.151792261	1.145755593	1.086172502	1.086758853	1.061607877	1.062371838	1.047359925	1.04733784	1.038799915	1.038535225	1.032420746	1.032514639	
0.577	1.145277255	1.144510471	1.085667004	1.090211645	1.058272554	1.061359353	1.048001327	1.045720892	1.038710225	1.037003631	1.03262931	1.032821103	
0.7	1.147824074	1.144387722	1.087144947	1.086724651	1.061803733	1.063595099	1.047286762	1.047466479	1.038365088	1.038703518	1.033359241	1.033412196	
0.839	1.1452287	1.144592504	1.088280042	1.083681187	1.061733018	1.061144521	1.046997951	1.046585429	1.037760631	1.038867611	1.033554118	1.033448834	
1	1.148748852	1.162523039	1.094112384	1.09472582	1.062951289	1.06366616	1.048332881	1.049222236	1.039371631	1.040536168	1.033605001	1.033776299	
1.192	1.154733213	1.149042629	1.089395619	1.087791803	1.061593694	1.063642953	1.048514358	1.052424424	1.038096978	1.042504626	1.033855269	1.034653186	
1.428	1.156301913	1.155779253	1.095486297	1.092029983	1.065989213	1.064902251	1.050512829	1.052159699	1.040133389	1.039811108	1.034675206	1.034758735	
1.732	1.14855172	1.140268523	1.087076651	1.089191389	1.061632883	1.05703882	1.046758878	1.04649884	1.040825217	1.037532021	1.034786289	1.034687038	
2.145	1.152436716	1.158842923	1.08972544	1.092042362	1.06136391	1.064425685	1.049115218	1.049287706	1.039517714	1.040869241	1.034793532	1.035656439	
2.747	1.146305077	1.142446149	1.093797229	1.087419383	1.071708033	1.064651943	1.053995252	1.049754544	1.044265424	1.040287081	1.036353156	1.035833169	
3.732	1.15621318	1.16641081	1.091486287	1.098989265	1.058226492	1.066097579	1.050718894	1.053705682	1.039241767	1.043747763	1.038446483	1.038384288	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ค่าบูลิวิเอฟเฟคเมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 5000$

		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 5000$											
p	b	2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01	1.228897683	1.226514304	1.135222638	1.133853951	1.095936728	1.093812135	1.073053371	1.072194848	1.059367782	1.058516093	1.049671104	1.049472271	
0.087	1.225942236	1.230699725	1.135443388	1.138306703	1.094654557	1.096705254	1.072827936	1.074905788	1.06009816	1.059513477	1.049718674	1.050002445	
0.176	1.231321806	1.231754058	1.138265875	1.13747364	1.095742763	1.095126042	1.073062724	1.073077802	1.059503839	1.061338671	1.050664745	1.050843942	
0.268	1.233402749	1.228349567	1.144652034	1.137234488	1.097223162	1.098131412	1.077685444	1.077215668	1.06158971	1.060276993	1.051139977	1.051245608	
0.364	1.240021506	1.229656672	1.137080391	1.13905866	1.095167744	1.093066128	1.074136234	1.074574739	1.058979814	1.061014117	1.05135189	1.051143769	
0.466	1.242936932	1.23442308	1.14511548	1.136508912	1.099080313	1.098799348	1.077097547	1.072451776	1.061413145	1.057475081	1.051398639	1.051690741	
0.577	1.224877783	1.242054468	1.1415159	1.14209549	1.097432264	1.098566737	1.073327399	1.075600503	1.06148826	1.061612041	1.052125799	1.053195152	
0.7	1.247122127	1.238703705	1.149983236	1.145196737	1.107113248	1.096404428	1.079169241	1.076129965	1.063051719	1.060809242	1.053216825	1.054208952	
0.839	1.240396243	1.252523981	1.142497479	1.148473641	1.099737649	1.100805426	1.075945209	1.08060693	1.06138498	1.066144156	1.054247069	1.054334288	
1	1.257483316	1.245542095	1.144491034	1.153494774	1.105728562	1.095060609	1.075362971	1.077409951	1.06259846	1.066327457	1.054940992	1.056031885	
1.192	1.242368056	1.241315191	1.145387532	1.14653534	1.103800048	1.11143263	1.079400758	1.079128108	1.064747985	1.062745944	1.056368863	1.056259403	
1.428	1.217290728	1.255779253	1.143538601	1.142029983	1.095402139	1.104902251	1.073592512	1.072159699	1.060308314	1.069811108	1.05744666	1.056758735	
1.732	1.257168689	1.233095169	1.156338358	1.146765242	1.103591032	1.103969264	1.084630647	1.078494131	1.065165684	1.066055581	1.057199417	1.056869272	
2.145	1.253192962	1.250104812	1.148864769	1.141661269	1.103770049	1.098592385	1.079535599	1.075445527	1.066976802	1.062254002	1.058194043	1.056887808	
2.747	1.238646978	1.258708488	1.153640943	1.147925433	1.110262791	1.10444788	1.087386195	1.081582053	1.06751898	1.067425711	1.057764999	1.059659417	
3.732	1.226562388	1.251644104	1.148607139	1.131347144	1.099518801	1.098320671	1.084299904	1.077418134	1.061562524	1.063277167	1.061175376	1.059758413	

ตารางที่ 5.5 ค่าบูลิวิเอฟเฟคเมื่อ $\sigma_{\varepsilon}^2 = 7000$

		$\sigma_{\varepsilon}^2 = 7000$											
p	b	2		3		4		5		6		7	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
0.01	1.302841429	1.302026075	1.179880147	1.178596229	1.126987092	1.125619069	1.097035957	1.097160533	1.078704184	1.078384513	1.065088086	1.065707603	
0.087	1.298180999	1.304601249	1.176568304	1.177710799	1.125253489	1.128215919	1.09745669	1.097447584	1.077756242	1.079178413	1.066175297	1.066401639	
0.176	1.306660921	1.316923967	1.181313626	1.181553031	1.12894591	1.127773247	1.09940765	1.098718112	1.080554563	1.080966775	1.06739814	1.067951739	
0.268	1.295055244	1.306327268	1.181939769	1.179587201	1.128423917	1.121186231	1.095986992	1.097101586	1.080610046	1.079552959	1.0676748	1.067950856	
0.364	1.3086135	1.293752772	1.184783421	1.176752959	1.126671432	1.122344872	1.100486099	1.093965354	1.081836585	1.078395147	1.067801641	1.06805339	
0.466	1.308090525	1.306075922	1.178884315	1.186139347	1.123015621	1.128315455	1.097551562	1.101282695	1.077615155	1.077176828	1.068063778	1.068117534	
0.577	1.29907369	1.301014202	1.174068547	1.183103689	1.125619271	1.124937459	1.095289223	1.0989187	1.077161348	1.077111927	1.068268348	1.068215231	
0.7	1.303438501	1.306471441	1.19275027	1.186471441	1.13101808	1.123379674	1.10405003	1.098058644	1.084006912	1.07946047	1.068379411	1.068428572	
0.839	1.297653076	1.321974241	1.167653076	1.186921382	1.12755078	1.136988764	1.090833077	1.103494183	1.074848273	1.082685409	1.070879341	1.071283836	
1	1.294129825	1.29617817	1.177860839	1.170695953	1.130731277	1.123183622	1.104152356	1.093020418	1.081411891	1.07647006	1.072140916	1.072233821	
1.192	1.304249823	1.313462558	1.1847853	1.181734514	1.128638224	1.126111057	1.099920702	1.099105688	1.079784409	1.084778716	1.072627477	1.072935209	
1.428	1.301402272	1.312839307	1.178097288	1.194110978	1.131152189	1.141458279	1.104472153	1.09815478	1.086671003	1.084143055	1.07369454	1.073378238	
1.732	1.316583151	1.287138677	1.184498935	1.173810657	1.129866898	1.125221187	1.100846493	1.093439726	1.077100924	1.080479112	1.074183455	1.074477684	
2.145	1.298116936	1.320342197	1.17587812	1.188035839	1.132347175	1.132770907	1.091546802	1.103199231	1.081452362	1.081247448	1.07453931	1.074697726	
2.747	1.315299088	1.305634078	1.181406258	1.197986007	1.141457465	1.123768418	1.097903999	1.100467246	1.075967191	1.075463204	1.074652909	1.074962613	
3.732	1.331141416	1.297536583	1.209987639	1.187504448	1.14433473	1.122891667	1.105321437	1.094958091	1.089219143	1.078719888	1.075332893	1.075028386	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิอปเฟคเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$

		$\sigma_{\epsilon}^2 = 1000$					
P	b	2	3	4	5	6	7
		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01		1.051362142	1.030400833	1.021395197	1.016364562	1.013323392	1.011033316
0.087		1.051087464	1.030973362	1.02154521	1.016402157	1.013055515	1.011139428
0.176		1.05170107	1.030762689	1.021167033	1.016562365	1.013562946	1.011196456
0.268		1.053371767	1.030261546	1.022345475	1.016345058	1.01390227	1.011407113
0.364		1.0539089	1.031658441	1.022573439	1.017296804	1.013909922	1.011703304
0.466		1.053490193	1.031047726	1.02123822	1.016371067	1.013296548	1.011668137
0.577		1.053754512	1.031845657	1.022488504	1.017204041	1.014787539	1.011744834
0.7		1.054255824	1.030866892	1.022894103	1.017050795	1.014059306	1.011747271
0.839		1.05539285	1.031426479	1.022183993	1.017433408	1.013965035	1.011912115
1		1.054269499	1.032795278	1.022653133	1.017133062	1.013938606	1.012284682
1.192		1.05740932	1.03225244	1.022389847	1.017798815	1.014735553	1.012378948
1.428		1.05372806	1.031085762	1.022104619	1.01609838	1.013763291	1.012381688
1.732		1.054074477	1.031697886	1.021962703	1.017576427	1.014233881	1.012686912
2.145		1.056612164	1.03554033	1.023613602	1.019534967	1.015771804	1.013531359
2.747		1.055139829	1.034536719	1.023431917	1.019223233	1.016147002	1.014307755
3.732		1.056586706	1.033640425	1.024941467	1.019683398	1.017455837	1.015240157

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของบูลิวิอปเฟคเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$

		$\sigma_{\epsilon}^2 = 3000$					
P	b	2	3	4	5	6	7
		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01		1.144268269	1.085933252	1.060232301	1.046377609	1.037548966	1.031456818
0.087		1.147205087	1.085991626	1.061074767	1.046421184	1.037865472	1.031887433
0.176		1.145946498	1.085629076	1.060745727	1.046789592	1.037959534	1.031970965
0.268		1.145967645	1.087216679	1.061493782	1.047374512	1.037986691	1.03217485
0.364		1.148456255	1.0891788	1.0619882	1.047986428	1.038637289	1.032334248
0.466		1.148773927	1.086465677	1.061989858	1.047348883	1.03866757	1.032467692
0.577		1.144893863	1.087939324	1.059815953	1.046861109	1.037856928	1.032725206
0.7		1.146105898	1.086934799	1.062699416	1.047376621	1.038534303	1.033385719
0.839		1.144910602	1.085980615	1.06143877	1.04679169	1.038314121	1.033501229
1		1.155635946	1.094419102	1.063308724	1.048777559	1.039953899	1.03369065
1.192		1.151887921	1.088593711	1.062618324	1.050469391	1.040300802	1.034254227
1.428		1.156040583	1.09375814	1.065445732	1.051336264	1.039972248	1.03471697
1.732		1.144410122	1.08813402	1.059335851	1.046628859	1.039178619	1.034736663
2.145		1.155639819	1.090883901	1.062894798	1.049201462	1.040193478	1.035224985
2.747		1.144375613	1.090608306	1.068179988	1.051874898	1.042276253	1.036093162
3.732		1.161311995	1.095237776	1.062162036	1.052212288	1.041494765	1.038415385

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของบูลิโอฟเฟคเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 5000$

		$\sigma_{\epsilon}^2 = 5000$					
P	b	2	3	4	5	6	7
		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01		1.227705994	1.134538294	1.094874431	1.07262411	1.058941937	1.049571687
0.087		1.228320981	1.136875046	1.095679905	1.073866862	1.059805819	1.049860559
0.176		1.231537932	1.137869757	1.095434402	1.073070263	1.060421255	1.050754344
0.268		1.230876158	1.140943261	1.097677287	1.077450556	1.060933352	1.051192792
0.364		1.234839089	1.138069525	1.094116936	1.074355486	1.059996966	1.05124783
0.466		1.238680006	1.140812196	1.09893983	1.074774661	1.059444113	1.05154469
0.577		1.233466126	1.141805695	1.0979995	1.074463951	1.06155015	1.052660476
0.7		1.242912916	1.147589986	1.101758838	1.077649603	1.06193048	1.053712888
0.839		1.246460112	1.14548556	1.100271537	1.07827607	1.063764568	1.054290679
1		1.251512705	1.148992904	1.100394585	1.076386461	1.064462958	1.055486438
1.192		1.241841623	1.145961436	1.107616339	1.079264433	1.063746964	1.056314133
1.428		1.23653499	1.142784292	1.100152195	1.072876106	1.065059711	1.057102698
1.732		1.245131929	1.1515518	1.103780148	1.081562389	1.065610632	1.057034344
2.145		1.251648887	1.145263019	1.101181217	1.077490759	1.064615402	1.057540926
2.747		1.248677733	1.150783188	1.107355336	1.084484124	1.067472345	1.058712208
3.732		1.239103246	1.139977142	1.098919736	1.080859019	1.062419846	1.060466895

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยของบูลิโอฟเฟคเมื่อ $\sigma_{\epsilon}^2 = 7000$

		$\sigma_{\epsilon}^2 = 7000$					
P	b	2	3	4	5	6	7
		เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย
0.01		1.302433752	1.179238188	1.126303081	1.097098245	1.078544348	1.065397845
0.087		1.301391124	1.177139551	1.126734704	1.097452137	1.078467328	1.066288468
0.176		1.311792444	1.181433328	1.128359578	1.099062881	1.080760669	1.06767494
0.268		1.300691256	1.180763485	1.124805074	1.096544289	1.080081503	1.067812828
0.364		1.301183136	1.18076819	1.124508152	1.097225726	1.080115866	1.067927516
0.466		1.307083223	1.182511831	1.125665538	1.099417128	1.077395991	1.068090656
0.577		1.300043946	1.178586118	1.125278365	1.097103962	1.077136638	1.068241789
0.7		1.304954971	1.189610856	1.127198877	1.101054337	1.081733691	1.068403992
0.839		1.309813659	1.177287229	1.132269772	1.09716363	1.078766841	1.071081589
1		1.295153998	1.174278396	1.12695745	1.098586387	1.078940976	1.072187369
1.192		1.308856191	1.183259907	1.127374641	1.099513195	1.082281562	1.072781343
1.428		1.307120789	1.186104133	1.136305234	1.101313466	1.085407029	1.073536389
1.732		1.301860914	1.179154796	1.127544043	1.09714311	1.078790018	1.07433057
2.145		1.309229566	1.18195698	1.132559041	1.097373017	1.081349905	1.074618518
2.747		1.310466583	1.189696133	1.132612941	1.099185622	1.075715198	1.074807761
3.732		1.314338999	1.198746043	1.133613198	1.100139764	1.083969516	1.07518064

หมายเหตุ -ค่า b ในตาราง คือ ค่า β_1

5.4 ผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ต่อค่าบูลิปีเอฟเฟค

การศึกษาผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ต่อค่าบูลิปีเอฟเฟคนั้น จะมีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ 1. ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) และ 2. ค่าจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาคำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) และ กำหนดตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าบูลิปีเอฟเฟค

ในการทดสอบความแตกต่างของค่าบูลิปีเอฟเฟคลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ในงานวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) มาช่วยในการตัดสินใจถึงผลกระทบของรูปแบบความต้องการสินค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ต่อค่าบูลิปีเอฟเฟค เนื่องจากว่าค่า σ_ϵ^2 มีทั้งหมด 4 แบบ จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ทั้งหมด 4 กรณี

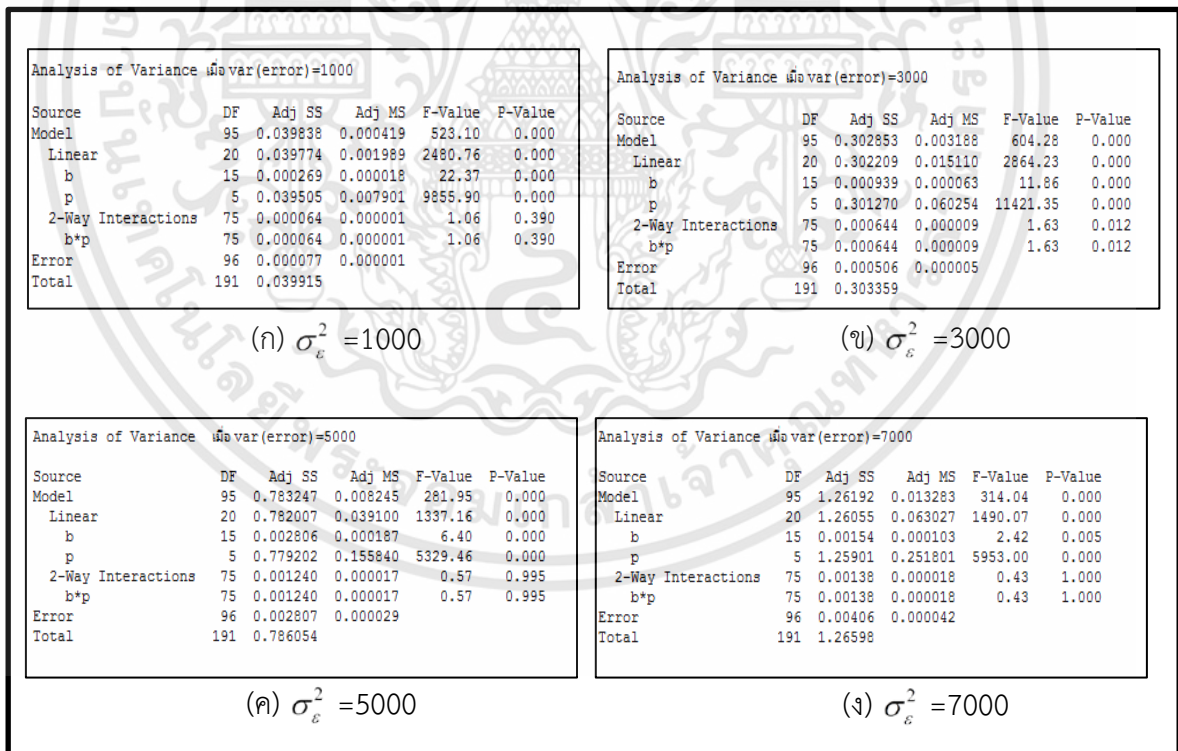
กรณีที่ 1 $\sigma_\epsilon^2 = 1000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 333$ และ $\sigma_d^2 = 28500$

กรณีที่ 2 $\sigma_\epsilon^2 = 3000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 336.729$ และ $\sigma_d^2 = 29170$

กรณีที่ 3 $\sigma_\epsilon^2 = 5000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 338$ และ $\sigma_d^2 = 30400$

กรณีที่ 4 $\sigma_\epsilon^2 = 7000$ ทำให้ค่า $\mu_d = 340$ และ $\sigma_d^2 = 32000$

สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ได้ดังรูปที่ 5.3

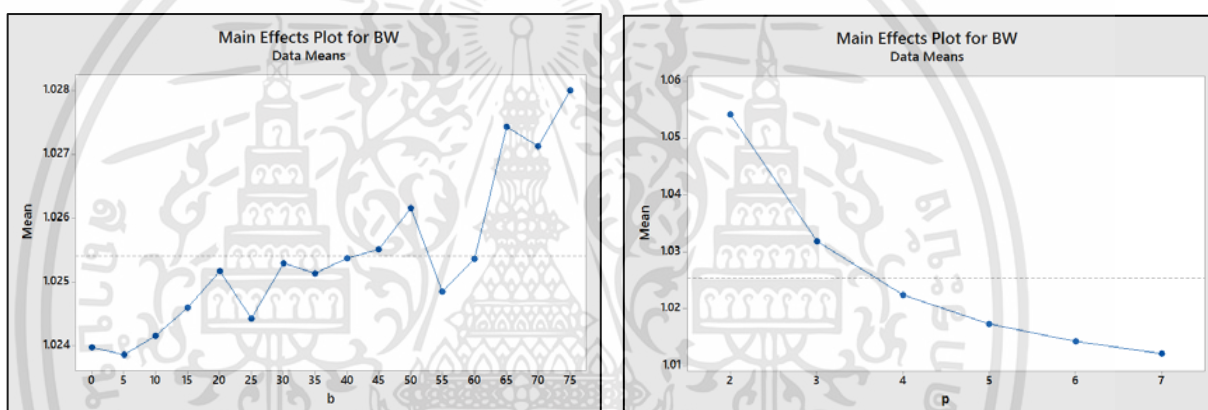


รูปที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA สำหรับการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา ต่อค่าบูลิปีเอฟเฟค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังรูปที่ 5.3 เป็นการทดสอบความแตกต่างของอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค ผลการวิเคราะห์ให้ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาจะส่งผลให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกัน และจากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้บ่งบอกอีกว่าปัจจัยปัจจัยจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) มีผลต่อค่าบูลิวิเอฟเฟคมากกว่าปัจจัยอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b)

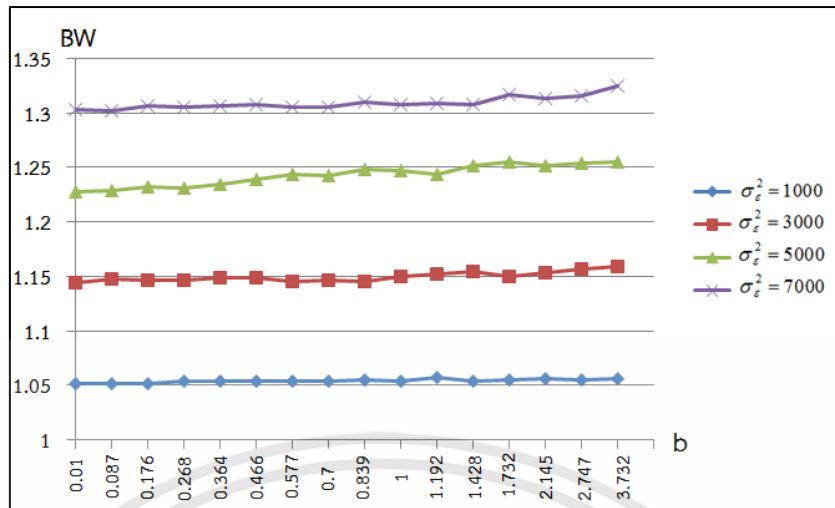
ส่วนอิทธิพลร่วม หรือ ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (b) และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย (p) ในรูป ก, ค และ ง มีค่า p-value มากกว่า $\alpha = 0.05$ ส่วนรูป ข อิทธิพลร่วมระหว่างค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ยมีค่า p-value น้อยกว่า $\alpha = 0.05$ ในภาพรวมจึงสรุปได้ว่าแทบจะไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา และ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้คำนวณค่าถัวเฉลี่ย และมีกราฟของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ดังรูปที่ 5.4



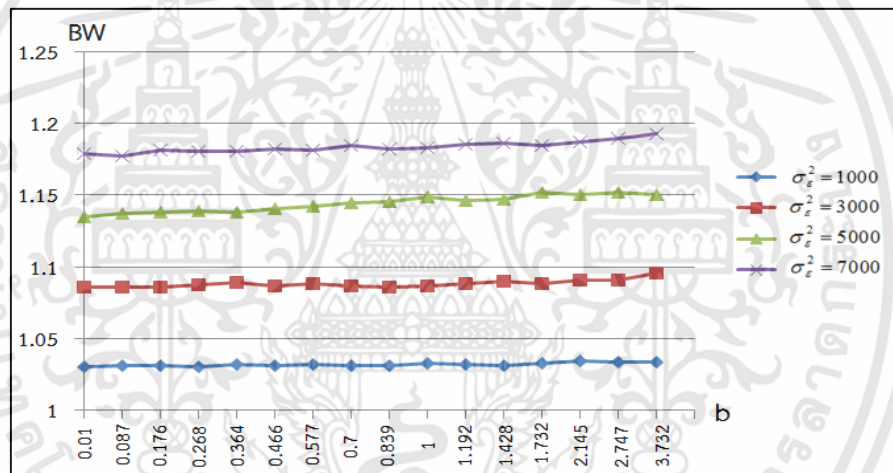
รูปที่ 5.4 กราฟของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของการทดสอบความแตกต่างของอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาต่อค่าบูลิวิเอฟเฟค

เมื่อผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 5.3 บ่งบอกว่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาไม่มีผลทำให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกัน จากนั้นจึงต้องมาศึกษาและทำการเปรียบเทียบว่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาไม่มีผลทำให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกันอย่างไร

หัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเอฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อใช้ค่า $p = 2, 3, 4, 5, 6$ และ 7 และใช้ $\sigma_{\epsilon}^2 = 1000, 3000, 5000$ และ 7000 ได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.5 ถึง 5.10

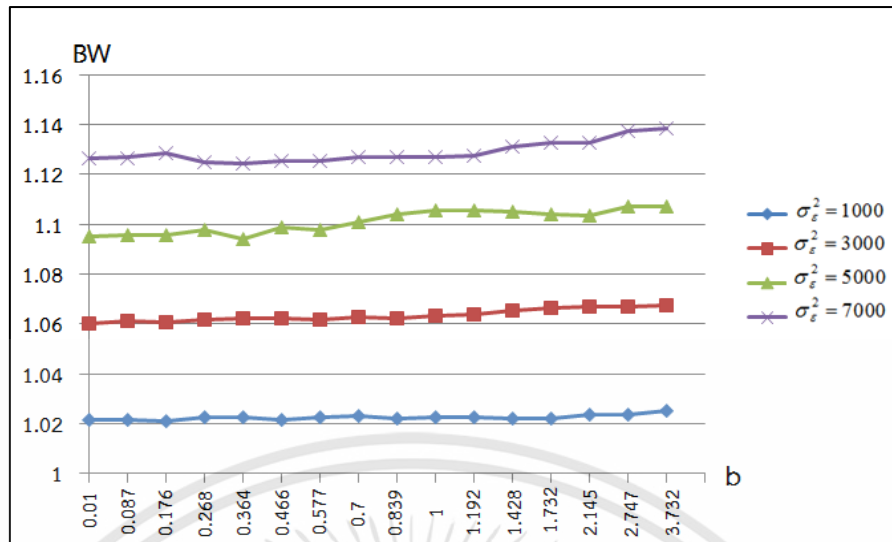


รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟกภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=2$

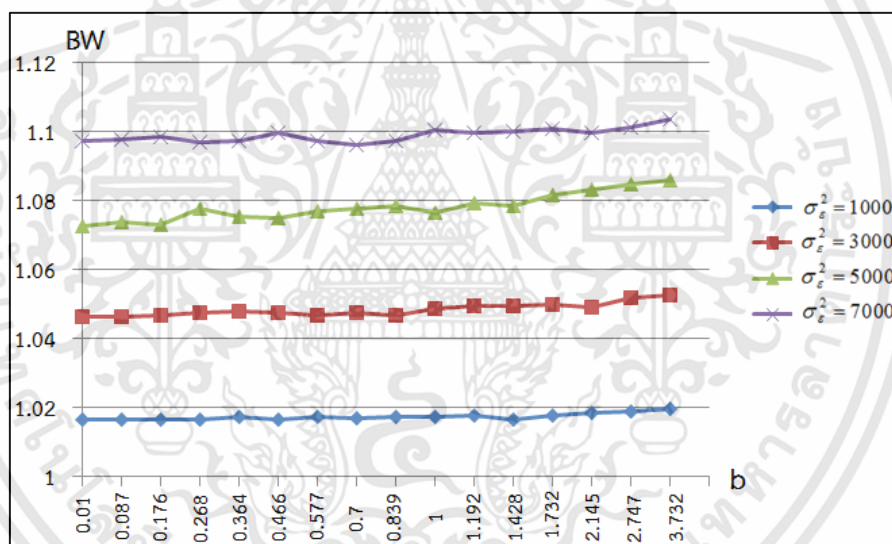


รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบค่าบูลิปีเอฟเฟกภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

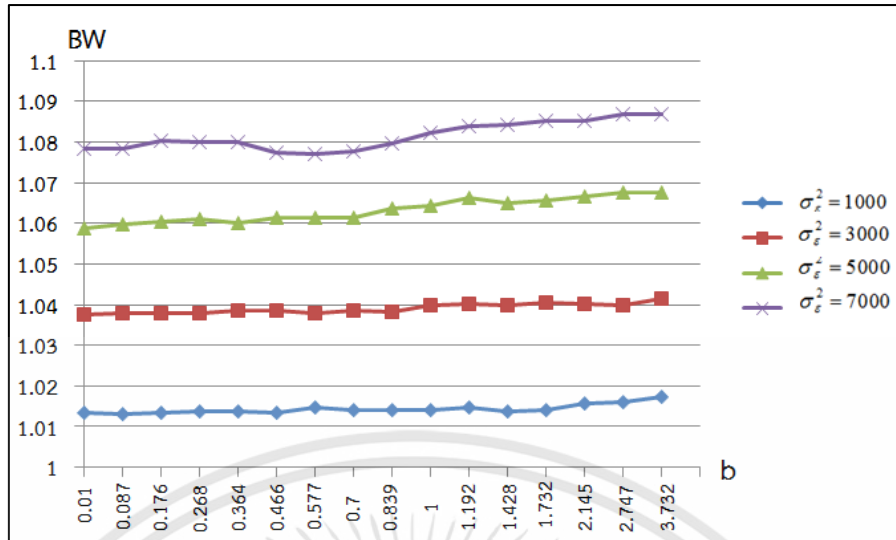


รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ
เมื่อ $p=4$

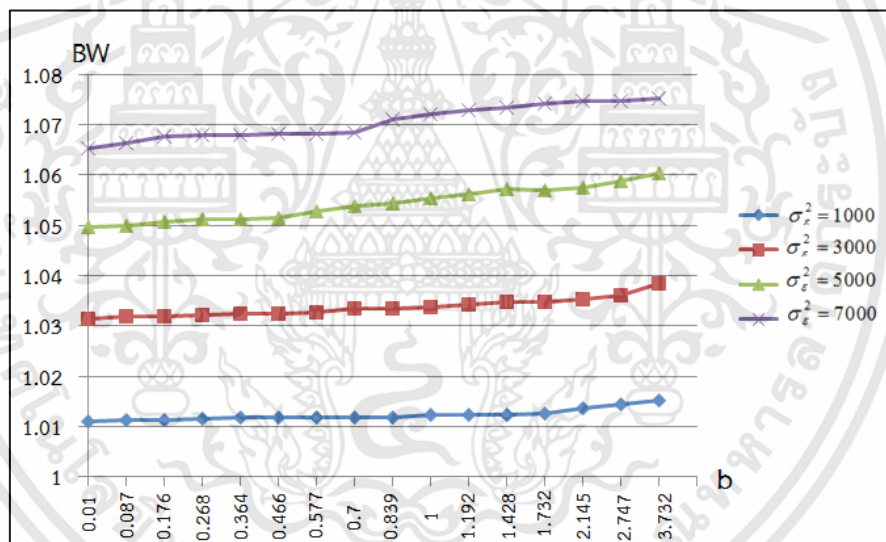


รูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ
เมื่อ $p=5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=6$



รูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อ $p=7$

จากรูปที่ 5.5 ถึง 5.10 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ทั้ง 16 แบบคือ 0.01, 0.087, 0.176, 0.268, 0.364, 0.466, 0.577, 0.7, 0.839, 1, 1.192, 1.428, 1.732, 2.145, 2.747, 3.732 เมื่อค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) เพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเปฟเฟคก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเปฟเฟคก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ขอยกตัวอย่างการอธิบายรูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบค่าการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปฟเฟคภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เมื่อใช้ $\sigma_\epsilon^2 = 3000$ คือ

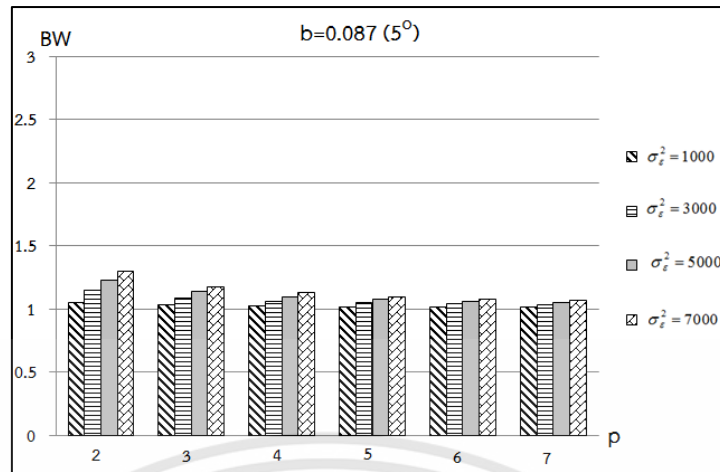
เมื่อ $\beta_1=0.01$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03145
เมื่อ $\beta_1=0.087$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03188
เมื่อ $\beta_1=0.0176$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03197
เมื่อ $\beta_1=0.268$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03217
เมื่อ $\beta_1=0.364$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03233
เมื่อ $\beta_1=0.466$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03246
เมื่อ $\beta_1=0.577$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03272
เมื่อ $\beta_1=0.7$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03338
เมื่อ $\beta_1=0.839$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03350
เมื่อ $\beta_1=1$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03369
เมื่อ $\beta_1=1.192$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03425
เมื่อ $\beta_1=1.428$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03471
เมื่อ $\beta_1=1.732$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03473
เมื่อ $\beta_1=2.145$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03522
เมื่อ $\beta_1=2.747$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03609
เมื่อ $\beta_1=3.732$	ค่าบูลิปปอฟเฟค = 1.03841

จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าบูลิปปอฟเฟคก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามเช่นกัน

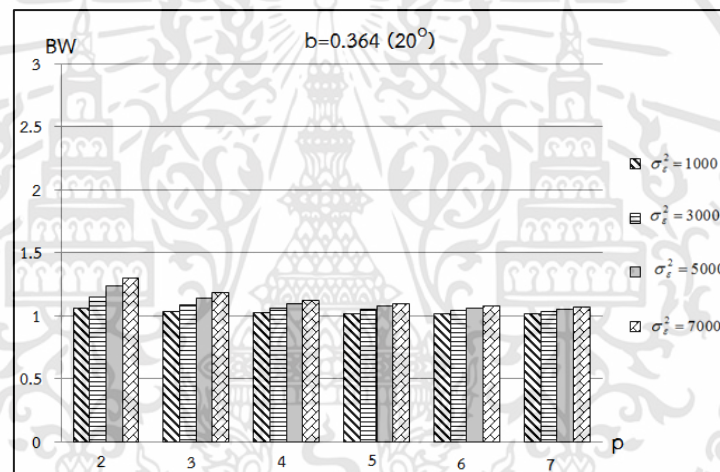
5.5 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยต่อค่าบูลิปปอฟเฟค

เมื่อผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 5.3 บ่งบอกว่าจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยมีผลทำให้ค่าบูลิปปอฟเฟคต่างกัน จึงต้องศึกษาและทำการเปรียบเทียบว่าจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยมีผลทำให้ค่าบูลิปปอฟเฟคต่างกันอย่างไร

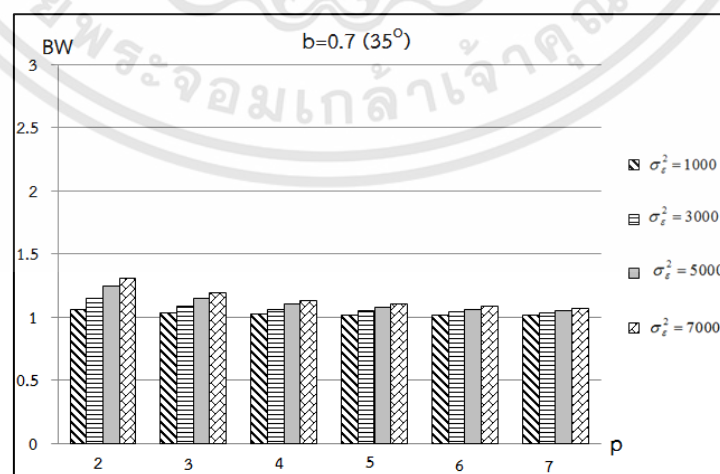
หัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าบูลิปปอฟเฟคระหว่างจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อใช้ค่า $\beta_1 = 0.087, 0.364, 0.7, 1.192$ และ 2.145 $\sigma_e^2 = 1000, 3000, 5000$ และ 7000 ซึ่งใช้ค่าบูลิปปอฟเฟคจากตารางที่ 5.7 ถึง 5.10 มาวิเคราะห์ ได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 5.11 ถึง 5.15



รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟค ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1=0.087$



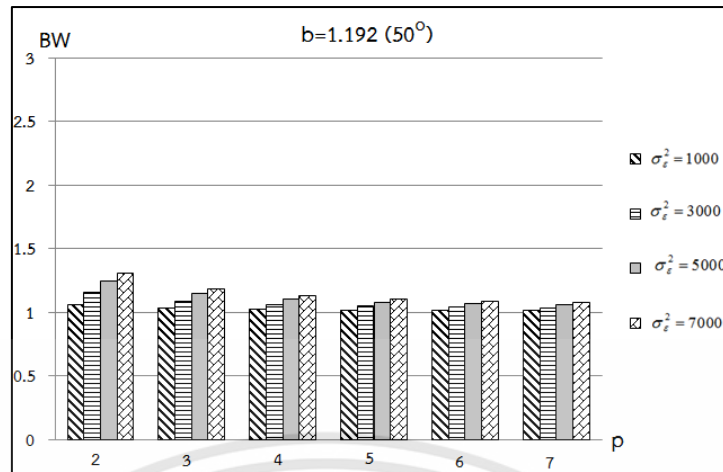
รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟค ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1=0.364$



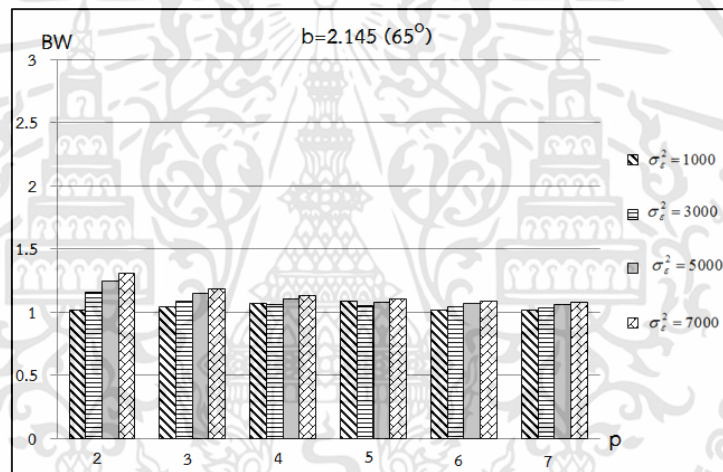
รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟค

ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1=0.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 การเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟค ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1 = 1.192$



รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟค ภายใต้จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1 = 2.145$

จากรูปที่ 5.11 ถึง 5.15 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟคต่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยนั้น เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าบูลวิปเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบที่ $\beta_1 = 0.087, 0.364, 0.7, 1.192, 2.145$ จะมีค่าลดลง และเมื่อใช้ค่าอัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาอื่นก็จะให้ผลเช่นเดียวกันคือ ค่าบูลวิปเอฟเฟคจะลดลงเมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

ขอยกตัวอย่างการอธิบายการเปรียบเทียบค่าบูลวิปเอฟเฟคต่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยในรูปที่ 5.15 จากรูปแกน y คือ ค่าบูลวิปเอฟเฟค แกน x คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ย เมื่อ $\beta_1 = 2.145$ และ $\sigma_e^2 = 1000$ คือ

เมื่อ $p=2$ ค่าบูลวิปเอฟเฟค = 1.05513

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $p=3$ ค่าบูลิปีเอฟเฟค = 1.03453

เมื่อ $p=4$ ค่าบูลิปีเอฟเฟค = 1.02343

เมื่อ $p=5$ ค่าบูลิปีเอฟเฟค = 1.01922

เมื่อ $p=6$ ค่าบูลิปีเอฟเฟค = 1.01614

เมื่อ $p=7$ ค่าบูลิปีเอฟเฟค = 1.01430

จะเห็นได้ว่าค่าบูลิปีเอฟเฟคค่าบูลิปีเอฟเฟคจะลดลงเมื่อข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาและเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบในงานวิจัยฉบับนี้ คือ รูปแบบความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ (N), การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (U) และรูปแบบความต้องการสินค้าเป็นไปตามตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [AR(1)] งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และ ใช้ นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม และเกณฑ์ในการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปเฟคของทั้ง 4 รูปแบบคือ ค่าเฉลี่ยของความถี่ความต้องการสินค้าของลูกค้า, ค่าความแปรปรวนของความถี่ความต้องการสินค้าของลูกค้ามีค่าเท่ากันในทั้ง 4 รูปแบบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปเฟคภายใต้กรณีที่รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, ลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ, ลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และลักษณะของตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง และ 2. เพื่อเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าภายใต้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ

ในบทที่ 3 ของงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาเบื้องต้นในเรื่องของการสร้าง และจำลองปรากฏการณ์บูลิวิเปเฟคโดยทำการจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าทั้ง 4 รูปแบบ และ ทำการคำนวณค่าบูลิวิเปเฟคออกมาเพียงรูปแบบละ 1 ค่าเท่านั้น และ ทำการเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปเฟคเบื้องต้น

ในบทที่ 4 ของงานวิจัยนี้จะจำลองและเปรียบเทียบค่าบูลิวิเปเฟคของทั้ง 4 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle (PLC)), รูปแบบที่ 2 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution (N)), รูปแบบที่ 3 การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution (U)) และ รูปแบบที่ 4 ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [The First-Order Autoregressive Model (AR(1))] ซึ่งจะตอบสนองกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 1 ของงานวิจัยนี้

ในบทที่ 5 ของงานวิจัยนี้จะจำลองปรากฏการณ์การเกิดบูลิวิเปเฟคภายใต้รูปแบบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (PLC) เท่านั้นในรูปแบบต่างๆ เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลิวิเปเฟค ซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 2 ของงานวิจัยนี้

และในบทที่ 6 นี้จะเป็นการสรุปผลของการวิจัยทั้งหมด ซึ่งหัวข้อที่เกี่ยวข้องในบทนี้มี 2 หัวข้อ

6.1 บทสรุปของการวิจัย

6.2 ข้อเสนอแนะ และ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 บทสรุปของการวิจัย

ผลสรุปของกรอบงานวิจัยที่ 1 ได้แก่

- รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคแตกต่างกัน

รูปแบบความต้องการสินค้าให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคที่ต่างกัน

- เมื่อรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) เปรียบเทียบกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ) และแบบที่ 3 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม) ซึ่งเป็นตัวแทนของรูปแบบที่ไม่เป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ผลสรุปบ่งบอกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) ให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคน้อยกว่ารูปแบบที่ 2 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ) และรูปแบบที่ 3 (รูปแบบความต้องการสินค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม)

- เมื่อรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) เปรียบเทียบกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 4 (ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง) ซึ่งเป็นตัวแทนของรูปแบบที่ไม่เป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ผลสรุปบ่งบอกว่า รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) เปรียบเทียบกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 4 (ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง) จะให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคที่ใกล้เคียงกัน

- รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 (PLC) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่กลุ่มเดียวกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 4 (AR(1)) และ รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 (N) จะมีค่าเฉลี่ยอยู่กลุ่มเดียวกับรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 3 (U)

- เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเอฟเฟคของทุกรูปแบบความต้องการสินค้าจะมีค่าลดลง

- รูปแบบความต้องการสินี้ารูปแบบที่ 2 (N) และ 3 (U) มีความทนทาน (Robust) ต่อค่า p ที่เพิ่มขึ้น คือ เมื่อค่า p เพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเอฟเฟคของรูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 2 และ 3 จะมีค่าลดลงอย่างชัดเจนกว่ารูปแบบที่ 1 และ 4

- ข้อสังเกต รูปแบบความต้องการสินค้าแบบที่ 1 และ แบบที่ 4 เป็นรูปแบบความต้องการสินค้าที่มีในส่วนของอนุกรมเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องจึงมีผลทำให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคน้อยกว่ารูปแบบที่ 2 และ แบบที่ 3 ที่เป็นรูปแบบที่ไม่มีอนุกรมเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง

ผลสรุปของกรอบงานวิจัยที่ 2 ได้แก่

- อัตราส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลา (β_1) มีผลทำให้ค่าบูลิวิเอฟเฟคต่างกัน คือ เมื่ออัตรา ส่วนความต้องการสินค้าต่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเอฟเฟคจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

- เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ค่าบูลิวิเอฟเฟคของทุกรูปแบบความต้องการสินค้าจะมีค่าลดลง

6.2 ข้อเสนอแนะ และ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อเสนอแนะ มีดังนี้

- งานวิจัยนี้กำหนดใช้รูปแบบความต้องการสินค้า 4 แบบ คือ 1. แบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 2. แบบการแจกแจงแบบปกติ 3. แบบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม และ 4. แบบอเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่งสำหรับงานวิจัยในอนาคตสามารถศึกษารูปแบบความต้องการสินค้าในรูปแบบอื่นๆที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาได้

- งานวิจัยนี้กำหนดใช้นโยบายคำสั่งแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปอาจจะใช้นโยบายคำสั่งซื้อสินค้าแบบอื่น

- งานวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์ในการเปรียบเทียบค่าบูลิโอฟเฟค คือ ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้า, ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้ามีค่าเท่ากันในทั้ง 4 รูปแบบ สำหรับงานวิจัยต่อไปอาจจะใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบค่าบูลิโอฟเฟคแบบอื่น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีดังนี้

- ในด้านอุตสาหกรรม สามารถใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ในการพยากรณ์ความต้องการสินค้า หรือ ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ได้

เอกสารอ้างอิง

- กุลเชษฐ์ มงคล. 2556. “ปรากฏการณ์เส้มาในห่วงโซ่อุปทาน”, **วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษากิจการ การจัดการ, มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 6(1) : 11-14.
- สิทธิพร พิมพัสกุล. 2559. **การจัดการ การปฏิบัติการและโซ่อุปทาน**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มินเซอร์วิส ซัพพลาย.
- Bayraktar, E., Koh, S.C., Gunasekaran, A., Sari, K. and Tatoglu, K. (2008) “The Role of Forecasting on Bullwhip Effect for E-SCM Applications”, **International Journal of Production Economics**, 113(1) : 193–204.
- Bhattacharya, R. and Bandyopadhyay, S. (2011) “A Review of The Causes of Bullwhip Effect in A Supply Chain”, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 54(1) : 1245–1261.
- Chen, F., Ryan, J.K. and Simchi-Levi, D. (2000a) “Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Time, and Information” **Management Science**, 46(3) : 436-443.
- Chen, F., Ryan, J.K. and Simchi-Levi, D. (2000b) “The Impact of Exponential Smoothing Forecasts on The Bullwhip Effect”, **Naval Research Logistics**, 47(4) : 269-286.
- Chung, C.J. and Wee, H.M. (2008) “Green-Component Life-Cycle Value on Design and Reverse Manufacturing in Semi-Closed Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, 113(1) : 528–545.
- Gorchel, L., 2000, *The Product Manager’s Handbook*, Chicago: NTC Business Books.
- Hassanzadeh, A., Jafarian, A. and Amiri, M. (2014) “Modeling and Analysis of The Causes of Bullwhip Effect in Centralized and Decentralized Supply Chain Using Response Surface Method”, **Applied Mathematical Modelling**, 38(1) : 2353-2365.
- Hosoda T. and Disney S.M. (2004) “The Role of An Ordering Policy As an Inventory and Cost Controller”, **Logistics Research Network Annual Conference**, Dublin, Ireland, September 8th-10th.
- Hong, L. and Ping, W. (2007) “Bullwhip Effect Analysis in Supply Chain for Demand Forecasting Technology”, **Online English Edition of the Chinese Language Journal**, 27(7) : 26-33.
- Kurawarwala, A.A. and Matsuo, H. (1996) “Forecasting and Inventory Management of Short Life-Cycle Products”, **Operations Research**, 44(1) : 131-150.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lee, H., Padmanabhan, V. and Whang, S. (1997a) "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", **Management Science**, 43(4) : 546-558.
- Lee, H., Padmanabhan, V. and Whang, S. (1997b) "The Bullwhip Effect in Supply Chains", **MIT Sloan Management Review** ; Spring, 38(3) : 93.
- Luong, H.T. (2007) "Measure of Bullwhip Effect in Supply Chain with Autoregressive Demand Process", **European Journal of Operational Research**, 180(3): 1086-1097
- Mahajan, V. and Muller, E. (1979) "Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing", **Journal of Marketing**, 43(4) : 55-68.
- Mongkol, K. (2009) "Bullwhip Effect", **Transport Journal**, 9 January 2009.
- Nepal, B., Murat, A. and Chinnam, R.B. (2012) "The Bullwhip Effect in Capacitated Supply Chains with Consideration for Product Life-Cycle Aspects", **International Journal of Production Economics**, 136(1) : 318-331.
- Sirikasemsuk, K. (2014) "Impact of Order Splitting on Bullwhip Effect in Supply Chain: Case of Identical Lead Time at Distributors-Retailer Links", **Advanced Materials Research**, 931-932 : 1652-1657.
- Sirikasemsuk, K. and Luong, H.T. (2014) "Measure of Bullwhip Effect a Dual Sourcing Model", **International Journal of Operational Research**, 20(4) : 396-426.
- Sirikasemsuk, K. and Luong, H.T. (2016) "Measure of Bullwhip Effect in Supply Chains with First-Order Bivariate Vector Autoregression Time-Series Demand Model", **Computers & Operations Research**, 78(1) : 59-79.
- Wang, J.L., Kuo, J.H., Chou, S.Y., and Wang, S.Z. (2010) "A Comparison of Bullwhip Effect in A Single-Stage Supply Chain for Autocorrelated Demands when Using Correct, MA, and EWMA methods", **Expert Systems with Applications**, 37(1) : 4726-4736.
- Wright, D. and Yuan, X. (2008) "Mitigating the Bullwhip Effect by Ordering Policies and Forecasting Methods", **International Journal of Production Economics**, 113(1) : 587-597.
- Zhao, X., Xie, J. and Leung, J. (2002) "The Impact of Forecasting Model Selection on The Value of Information Sharing in A Supply Chain", **European Journal of Operational Research**, 142(1) : 321-344.
- Zhang, X. (2004) "The Impact of Forecasting Methods on The Bullwhip Effect", **International Journal of Production Economics**, 88(1) : 15-27.

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE)

จะแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) เมื่อใช้รูปแบบความต้องการสินค้าแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ $\beta_1 = 1.732$ และ $p=2$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	t (time)	Dt (Real demand)	Ft (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting $D_t - F_t$	$(D_t - F_t)^2$							
3												
4	0	0										
5	1	16.95840757										
6	2	8.805090577										
7	3	3.321823635	12.88174907	-9.559925437	91.39217437							
8	4	2.45106461	6.063457106	-3.612392496	13.04937954							
9	5	49.87199311	2.886444123	46.98554899	2207.641813							
10	6	25.23171592	26.16152886	-0.929812934	0.864552093							
11	7	14.56372399	37.55185452	-22.98813053	528.4541452							
12	8	33.16712747	19.89771996	13.26940751	176.0771758							
13	9	49.92529	23.86542573	26.05986427	679.1165258							
14	10	35.84347413	41.54620874	-5.702734602	32.52118194							
15	.	.	.	.	.		
16	.	.	.	.	.		
17	.	.	.	.	.		
854	858	37.04825504	17.51664599	19.53160905	381.4837521							
855	859	5.260262296	18.91247556	-13.65221326	186.3829269							
856	860	82.74061606	21.15425867	61.58635739	3792.879416							
857	861	41.8349655	44.00043918	-2.165473677	4.689276244							
858	862	11.71720649	62.28779078	-50.57058429	2557.383995							
859	863	19.61494401	26.77608599	-7.161141988	51.28195458							
860	864	10.53911546	15.66607525	-5.126959789	26.28571668							
861	865	10.01218374	15.07702973	-5.064845996	25.65266497							
862	866	40.28294006	10.2756496	30.00729047	900.4374811							
863	867	3.621451482	25.1475619	-21.52611042	463.3734297							

$$MSE = \frac{\sum(D_t - F_t)^2}{n} = 1253.191$$

รูปที่ ผก1 ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการด้านการ
พัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี
2561 (บทความวิจัยได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2)



การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561

The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018

วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมจัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

ผลกระทบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อมูลวิปเอฟเฟกในโซ่อุปทาน

Impact of Product Life Cycle on Bullwhip Effect in Supply Chain

สุภัชชา เข็มมลัย¹ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข²

Supatcha Kemmalai¹ Kittiwat Sirikasemsuk²

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริงที่มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่แบ่งวงจรชีวิตออกเป็น 3 ช่วง คือ 1.ช่วงเริ่มต้น 2.ช่วงอิมมัตูริตี้ และ 3.ช่วงสุดท้าย อัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลา (ค่าความชัน) สามารถเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 ในช่วงเริ่มต้นห่วงโซ่อุปทานประกอบด้วยผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 1 แห่ง กำหนดนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมและการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ จากนั้นทำการจำลองค่ามูลวิปเอฟเฟก และเปรียบเทียบค่ามูลวิปเอฟเฟกภายใต้อัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยบ่งบอกว่า อัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลามาก จะมีแนวโน้มการเกิดมูลวิปเอฟเฟกมากกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาน้อย

คำสำคัญ : มูลวิปเอฟเฟก, วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์, ห่วงโซ่อุปทาน, นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม, เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

Abstract

This research aimed to study the effect of actual customer demand that followed a product life cycle with three phases, i.e., 1.introduction stage, 2.maturity stage and 3.decline stage. The ratio of customer demand to time (slope) could be equal to 1, 2, 3 and 4 in the introduction stage. The supply chain structure comprised of one manufacturer and one retailer. The order-up-to-level inventory policy was applied for inventory management, and the moving average technique was adopted for demand forecasting. Then, the bullwhip effect was stimulated and compared in the different ratios of customer demand to time. One of the findings was that the bullwhip effect for high ratio of customer demand to time had a tendency to be higher than the bullwhip effect for low ratio of customer to time.

Keywords : Bullwhip Effect, Product Life Cycle, Supply Chain, Order-up-to Inventory Policy, Moving Average Forecasting

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: supatcha.kem@gmail.com

² ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: kittiwat.sirikasemsuk@gmail.com



1. บทนำ

ในปัจจุบันมีองค์กรจำนวนมากที่มีลักษณะการดำเนินกิจกรรมร่วมกันหลายฝ่าย จึงเกิดเป็นในลักษณะของห่วงโซ่ หรือที่เราเรียกว่า ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) คือการเริ่มส่งวัตถุดิบไปเป็นลำดับจนกลายเป็นสินค้าสำเร็จรูปส่งถึงมือลูกค้า ดังนั้นการที่จะทำให้อุปทานเกิดความพึงพอใจสูงสุด คือการพยายามทำให้อุปทานในห่วงโซ่อุปทานดำเนินไปอย่างไหลลื่นโดยไม่เกิดปัญหาใดๆ

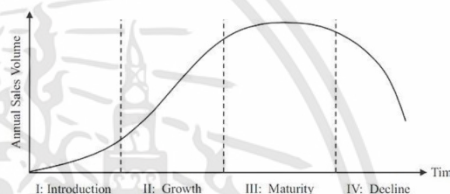
การจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้น เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรในห่วงโซ่อุปทาน ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสำเร็จของการจัดการห่วงโซ่อุปทานหรือปัจจัยที่ทำให้กิจกรรมภายในห่วงโซ่อุปทานนั้นสามารถไหลไปตามกระบวนการได้ คือ ข้อมูล /สารสนเทศ ความร่วมมือกัน การสื่อสาร และปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่ง คือข้อมูลความต้องการของลูกค้า หรือข้อมูลคำสั่งซื้อวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปจากลูกค้า เพราะจะช่วยให้แต่ละองค์กรในห่วงโซ่อุปทานสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้เพื่อวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ วางแผนการผลิต และยังเป็น การช่วยควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังได้อีกด้วย แต่ในปัจจุบันการที่จะทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าเป็นเรื่องที่ยาก ทำให้องค์กรต่างๆต้องทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า โดยอาศัยข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาใช้ในการพยากรณ์เพื่อที่จะได้ผลิต และจัดเตรียมสินค้าไว้รองรับกับความต้องการของลูกค้า

ถ้าพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าไม่ย่อมมีความผิดพลาดไปจากค่าจริงรวมอยู่ ซึ่งส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อ โดยความแปรปรวนดังกล่าวจะมีการขยายตัวมากขึ้นจากปลายน้ำไปยังต้นน้ำ [1] หรือความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มต้นน้ำจะสูงกว่าปริมาณคำสั่งซื้อของทางกลุ่มปลายน้ำ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์บูลวิปเอฟเฟค (Bullwhip Effect) ดังรูปที่ 1 ปรากฏการณ์นี้เกิดจากหลายสาเหตุ เช่นการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าที่ผิดพลาดหรือการขาดการอัปเดตข้อมูล ความผันผวนของราคาสินค้าทำให้เกิดการสั่งซื้อเพื่อกักตุนสินค้า การสั่งซื้อสินค้าทีละมากๆ และความล่าช้าในการส่งข้อมูลและสินค้า [1] ซึ่งการที่จะขจัดปรากฏการณ์บูลวิปเอฟเฟคให้หมดไปนั้นเป็นเรื่องยาก จึงสามารถทำได้เพียงบรรเทาให้เกิดผลน้อยลงโดยการพยายามกำจัดสาเหตุต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นให้หมดไป



รูปที่ 1 ปรากฏการณ์บูลวิปเอฟเฟค [2]

ความต้องการของลูกค้าก็มีความสัมพันธ์กับตัวสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ในปัจจุบันทุกตัวสินค้าจะมีช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) แตกต่างกันไปสามารถแบ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ได้เป็น 4 ช่วงคือ (1) ช่วงแนะนำ (Introduction) เป็นช่วงที่ยอดขายของผลิตภัณฑ์ยังค่อนข้างต่ำ เพราะลูกค้ายังไม่รู้จักคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน (2) ช่วงเจริญเติบโต (Growth) ช่วงนี้ ยอดขายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะผลิตภัณฑ์คิดตลาดแล้ว ส่งผลให้ส่วนแบ่งตลาดและกำไรเพิ่มขึ้น (3) ช่วงอิ่มตัว (Maturity) เป็นช่วงที่ยอดขายอยู่ในระดับสูงสุด แต่อัตราการเพิ่มของยอดขายจะต่ำมากหรือคงที่ และ (4) ช่วงถดถอย (Decline) เป็นช่วงที่ยอดขายอยู่ในสภาพที่ถดถอยอย่างต่อเนื่องและบางผลิตภัณฑ์เริ่มมีผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนกันได้มาแทนที่ [3] ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) [4]

งานวิจัยที่มีการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์บูลวิปเอฟเฟคซึ่งมีผลมาจากวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ งานวิจัยของ Nepal et al. [5] ได้ศึกษาบูลวิปเอฟเฟคและความแปรปรวนของสินค้าคงคลัง (Net-Stock Amplification) ในห่วงโซ่อุปทานที่มีข้อจำกัดในด้านกำลังการผลิต แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ผู้รับจ้างผลิตอุปกรณ์ตามที่กำหนดเพื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ [Original Equipment Manufacturer (OEM)] 1 แห่ง, ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) แห่งที่ 1 และผู้จัดหาวัตถุดิบแห่งที่ 2 โดยรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวแทนออโตเรกรессชันอันดับที่หนึ่ง [The First-Order Autoregressive Model (AR(1))] โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการผลิตที่คงที่ไม่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และ รูปแบบการผลิตที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เป็นไปตามลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่แบ่งเป็น 3 ช่วงคือ (1) ช่วงเริ่มต้น, (2) ช่วงอิ่มตัว และ (3) ช่วงสุดท้าย ส่วนเทคนิคการพยากรณ์ที่นำมาใช้พยากรณ์ คือ เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing) ผลของวิจัยพบว่า ในช่วงอิ่มตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการเกิดบูลวิปเอฟเฟค และความแปรปรวนของสินค้าคงคลังมากกว่าช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Kurawarwala and Matsuo [6] ได้ทำการศึกษาการพยากรณ์และการจัดการสินค้าคงคลังของผลิตภัณฑ์ที่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบระยะสั้น เพื่อนำเสนอรูปแบบการเติบโตของสินค้า ที่สามารถใช้เพื่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561

The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018

วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมจัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

พยากรณ์แบบรายเดือนที่ถูกต้องสำหรับวงจรชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่ได้ศึกษาถึงการเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้ข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้านักผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และ สร้างรูปแบบปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับสภาพแวดล้อมวงจรชีวิตสั้น ๆ งานวิจัยของ Sirikamsuk and Luong [7] ได้ศึกษาการเกิดอุบัติเหตุ โดยมีรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้านักแบบเวกเตอร์ออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (The First-Order Bivariate Vector Autoregressive Model) ในห่วงโซ่อุปทานสองระดับ คือ มีผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 2 แห่ง และการวัดผลอุบัติเหตุโดยวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด [Minimum Mean Square Error (MMSE)] จากนั้นมีการทำการทดลองเชิงตัวเลขเพื่อที่จะแสดงพฤติกรรมของอุบัติเหตุ

งานวิจัยของ Chen et al. [8] ได้ศึกษานโยบายห่วงโซ่อุปทานแบบง่าย คือ ห่วงโซ่อุปทานแบบสองระดับ คือ มีผู้ผลิต 1 แห่ง และ ผู้ค้าปลีก 1 แห่ง และเบื้องต้นคาดว่ามี 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าอุบัติเหตุ นั่นคือ 1.เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้า (Demand Forecasting) และ 2.ระยะเวลาจัดส่งสินค้า (Lead Time) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอุบัติเหตุยังคงเกิดขึ้นแม้ว่าจะมีการแชร์ข้อมูลของความต้องการสินค้าของลูกค้านักในทุกชั้นบนห่วงโซ่อุปทาน ผลจากการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการประเมินค่าอุบัติเหตุที่เหมาะสมที่สุดจะต้องพิจารณาถึงนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังและเทคนิคการพยากรณ์ที่นำมาใช้ในทางปฏิบัติ และงานวิจัยของ Chen et al. [9] ได้ศึกษาถึงผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลต่อค่าอุบัติเหตุ ในห่วงโซ่อุปทานแบบ 2 ระดับ คือ 1 ผู้ผลิต และ 1 ผู้ค้าปลีก ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ไม่ได้เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้านัก เนื่องจากเทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลทำให้เกิดอุบัติเหตุมากกว่าการใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) จากงานวิจัยของ Bayraktar et al. [10] ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลบนอุบัติเหตุสำหรับการจัดการห่วงโซ่อุปทานอิเล็กทรอนิกส์ [Electronic Supply Chain Management (E-SCM)] ผลการวิจัยได้บ่งบอกว่าระยะเวลานำส่งสินค้าที่ยาวนานขึ้นและการเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ไม่ดีนั้นจะนำมาสู่การเกิดอุบัติเหตุในการจัดการห่วงโซ่อุปทานอิเล็กทรอนิกส์ ถ้ามีฤดูกาลที่เพิ่มมากขึ้นทำให้อุบัติเหตุลดลงได้อีกด้วย

งานวิจัยของ Hosoda and Disney [11] ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างนโยบายของคำสั่งซื้อกับความแปรปรวนของระดับสินค้าคงคลัง ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ นโยบายของคำสั่งซื้อที่ได้ศึกษาคือ นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม [Order-up-to Inventory Policy (OUT)] และทำการเปรียบเทียบนโยบายการ

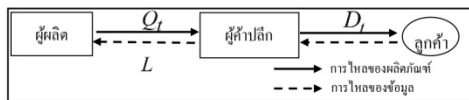
จัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้านัก 3 แบบ คือ (1) วิธีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (2) เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และ (3) เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงน้ำหนักเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล [Exponential Weighted Moving Average (EWMA)] ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่านโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าและค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดแคลน และผลจากการเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้านักทั้ง 3 แบบ ได้พบว่า เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ทำให้ค่าความแปรปรวนของระดับสินค้าคงคลังต่ำสุด

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานของ [5] มีการศึกษานโยบายห่วงโซ่อุปทานและความแปรปรวนของสินค้าคงคลัง โดยใช้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้านักในการวิเคราะห์เป็นตัวแทนออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง [The First-Order Autoregressive Model (AR(1))] ที่ปรับค่าพารามิเตอร์ให้เป็นที่ไปตามลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เทคนิคการพยากรณ์ที่นำมาใช้พยากรณ์ คือ เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ส่วนงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาปัจจัยของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อค่าอุบัติเหตุ โดยใช้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้านักที่มีลักษณะคล้ายกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มากกว่างานของ [5] และใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ ในห่วงโซ่อุปทานอย่างง่ายที่ประกอบไปด้วยผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 1 แห่ง โดยกำหนดให้ความต้องการของลูกค้านักให้เป็นที่ไปตามรูปแบบการโค้งตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อย่างง่ายที่แบ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ 1. ช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Introduction) 2. ช่วงอิ่มตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Maturity) และ 3. ช่วงสุดท้ายของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Decline) [5], [12] และกำหนดอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้านักกับเวลาเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 และใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม และกำหนดให้ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตส่งสินค้าไปยังผู้ค้าปลีกมีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นทำการสร้างและจำลองค่าอุบัติเหตุ และเปรียบเทียบค่าอุบัติเหตุ โครงสร้างของงานวิจัยมีดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นบทนำ ส่วนที่ 2 คำอธิบายแบบจำลองห่วงโซ่อุปทาน ส่วนที่ 3 การสร้างแบบจำลองและคำนวณค่าอุบัติเหตุ ส่วนที่ 4 ผลการวิจัย และส่วนที่ 5 สรุปผลการวิจัย

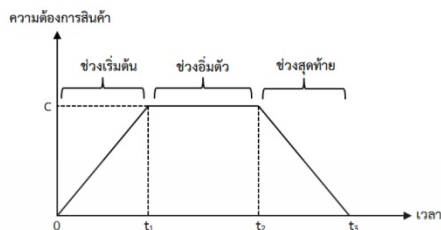
2. คำอธิบายแบบจำลองห่วงโซ่อุปทาน

2.1 โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานแบบง่าย

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานแบบง่าย คือ มีผู้ผลิต (Supplier) 1 แห่ง และ ผู้ค้าปลีก (Retailer) 1 แห่ง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานแบบง่าย



รูปที่ 4 รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบง่าย ซึ่ง
 ยังไม่ได้พิจารณาความคลาดเคลื่อน

สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- BW = ค่ามูลวิพอเฟล
- D_t = ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t
- \hat{D}_t^L = ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ค้าปลีก
- F_t = ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t โดยผู้ค้าปลีก
- Q_t = ปริมาณคำสั่งซื้อของผู้ค้าปลีก ณ ช่วงเวลา t
- L = ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังผู้ค้าปลีก
- S_t = ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ณ ช่วงเวลา t
- Z = ค่าคะแนนมาตรฐาน
- $\hat{\sigma}_t^L$ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างความต้องการของลูกค้าที่พยากรณ์กับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริงระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ค้าปลีก
- p = จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ย
- b = อัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลา (Slope)
- c = ค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์
- a = ค่าคงที่ในสมการที่ช่วงสุดท้ายของชีวิตผลิตภัณฑ์
- t = หน่วยเวลาที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งมีหน่วยเป็น วัน
- ε_t = ค่าความคลาดเคลื่อน โดยที่ $\varepsilon_t \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$ เมื่อ $\mu = 0$ และ σ^2 เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ

$$D_t = \begin{cases} bt + \varepsilon_t & : 0 \leq t \leq t_1 \\ c + \varepsilon_t & : t_1 < t \leq t_2 \\ a - bt + \varepsilon_t & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ $0 \leq t \leq t_1$ เป็นช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
 $t_1 < t \leq t_2$ เป็นช่วงอิมิตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
 $t_2 < t \leq t_3$ เป็นช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2 เมื่ออ้างอิงจากงานวิจัย [3],[10] ช่วงแนะนำและช่วงเจริญเติบโตจะถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้

2.3 เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นเทคนิคการพยากรณ์ ที่ใช้จำนวนข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาหาค่าเฉลี่ย โดยมีสมการในพยากรณ์ ดังสมการที่ 2

$$F_t = \left(\frac{1}{p}\right) \sum_{i=1}^p D_{t-i} = \left(\frac{1}{p}\right) (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-p}) \quad (2)$$

เมื่อ D_{t-1} = ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา $t-1$

2.4 ปริมาณคำสั่งซื้อโดยผู้ค้าปลีก

งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ทุกสมาชิกในห่วงโซ่อุปทานใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Order-up to level) ซึ่งเป็นนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม หมายถึง เป็นการสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้สินค้ามี

2.2 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

งานวิจัยฉบับนี้กำหนดให้ความต้องการของลูกค้าที่ผู้ค้าปลีกจะเผชิญเป็นไปตามรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์แบบง่ายที่แบ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ (1) ช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ (2) ช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ และ (3) ช่วงสุดท้ายของชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งยังไม่ได้พิจารณาความคลาดเคลื่อน โดยกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 โดยมีสมการในการสร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา ดังสมการที่ 1



การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561

The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018

วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมจัสติน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

ระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม โดยในแต่ละช่วงเวลาถ้าปริมาณสินค้าในคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม จะทำการซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคลังที่เหมาะสม แต่ถ้าปริมาณสินค้าในคลังสูงกว่าระดับสินค้าคลังที่เหมาะสมจะไม่ทำการสั่งซื้อสินค้าในช่วงเวลานั้น [8] เมื่อผู้ค้าปลีกทราบความต้องการของลูกค้าจากการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าแล้ว ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเพื่อส่งซื้อสินค้ากับผู้ผลิตต่อไป สามารถคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าได้ดังสมการที่ 3

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1} \tag{3}$$

โดยระดับสินค้าคลังสูงสุดที่ต้องการ ณ ช่วงเวลา t จำนวนได้จากสมการที่ 4

$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\hat{\sigma}_t^L \tag{4}$$

2.5 ค่าบูลิออฟเฟค

การคำนวณค่าบูลิออฟเฟคสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีกต่อความแปรปรวนของความต้องการของลูกค้า ดังสมการที่ 5 โดยถ้าค่า BW มากกว่า 1 จะถือว่าเกิดบูลิออฟเฟค

$$BW = \frac{VAR(Q_t)}{VAR(D_t)} \tag{5}$$

3. การสร้างแบบจำลองและคำนวณค่าบูลิออฟเฟค

3.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของระบบ

- ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ_ϵ^2) คือ 1000
- จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาพยากรณ์ด้วยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (p) เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9
- ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังผู้ค้าปลีก (L) เท่ากับ 1
- ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z) เท่ากับ 0

3.2 กำหนดรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

- กำหนดรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าให้เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1. วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่กำหนดอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาเป็น 1 ($b = 1$) ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะได้สมการของแต่ละช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 6

$$D_t = \begin{cases} t + \epsilon_t & : 0 \leq t \leq 600 \\ 600 + \epsilon_t & : 600 < t \leq 1350 \\ 1950 - t + \epsilon_t & : 1350 < t \leq 1950 \end{cases} \tag{6}$$

รูปแบบที่ 2. วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่กำหนดอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาเป็น 2 ($b = 2$) ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะได้สมการของแต่ละช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 7

$$D_t = \begin{cases} 2t + \epsilon_t & : 0 \leq t \leq 300 \\ 600 + \epsilon_t & : 300 < t \leq 675 \\ 1950 - 2t + \epsilon_t & : 675 < t \leq 975 \end{cases} \tag{7}$$

รูปแบบที่ 3. วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่กำหนดอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาเป็น 3 ($b = 3$) ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งจะได้สมการของแต่ละช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 8

$$D_t = \begin{cases} 3t + \epsilon_t & : 0 \leq t \leq 200 \\ 600 + \epsilon_t & : 200 < t \leq 450 \\ 1950 - 3t + \epsilon_t & : 675 < t \leq 975 \end{cases} \tag{8}$$

รูปแบบที่ 4. วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่กำหนดอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาเป็น 4 ($b = 4$) ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งจะได้สมการของแต่ละช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 9

$$D_t = \begin{cases} 4t + \epsilon_t & : 0 \leq t \leq 150 \\ 600 + \epsilon_t & : 150 < t \leq 338 \\ 1950 - 4t + \epsilon_t & : 338 < t \leq 488 \end{cases} \tag{9}$$

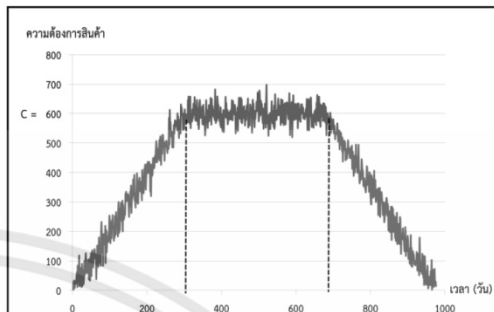
- กำหนดค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (c) เท่ากับ 600
- ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า (D_t) ทั้ง 3 รูปแบบมีค่าเท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 416 และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 40,435

3.3 การสร้างและจำลองโมเดล

การสร้างและจำลองโมเดลตามรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าให้เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนดังนี้



1. สร้างรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าตามหัวข้อที่ 3.2 ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 9 คอลัมน์ C
2. พยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าโดยผู้ค้าปลีก ด้วยเทคนิคการพยากรณ์แบบตัวเคลื่อนที่เลื่อนที่ ตามสมการที่ 2 ดังรูปที่ 9 คอลัมน์ D
3. กำหนดหาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (S_t) ตามสมการที่ 4 ดังรูปที่ 9 คอลัมน์ F
4. กำหนดหาปริมาณคำสั่งซื้อของผู้ค้าปลีก (Q_t) ตามสมการที่ 3 ดังรูปที่ 9 คอลัมน์ G

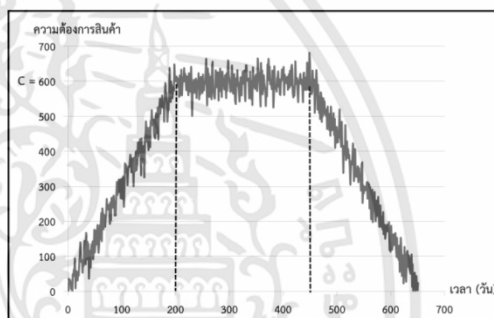


รูปที่ 6 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 2

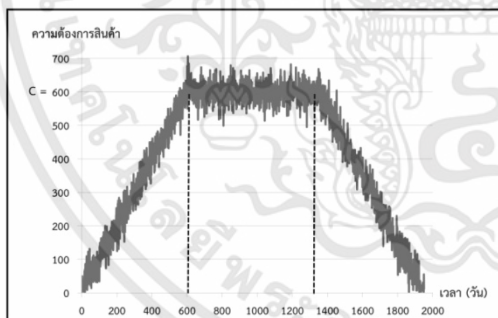
3.4 การคำนวณค่าบูลิโอฟเฟค

เมื่อผู้ผลิตได้รับคำสั่งซื้อจากผู้ค้าปลีก ทำให้ผู้ผลิตทราบปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของผู้ค้าปลีก ดังรูปที่ 9 คอลัมน์ G ซึ่งคอลัมน์นี้จะสามารถคำนวณหาค่าความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของผู้ค้าปลีกได้ดังรูปที่ 9 เซลล์ที่ I1 และที่ปลายสุดของห่วงโซ่อุปทาน ความต้องการสินค้าของลูกค้า (D_t) ถูกจำลองขึ้นตามรูปแบบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 9 คอลัมน์ C ซึ่งคอลัมน์นี้จะสามารถคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ดังรูปที่ 9 เซลล์ที่ I2

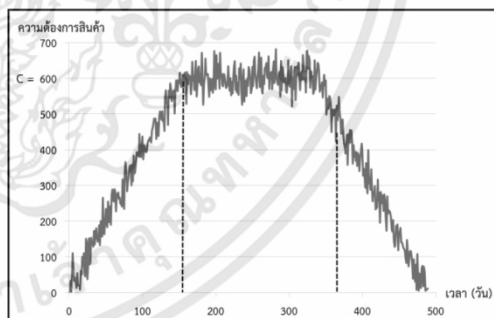
ดังนั้นจากสมการที่ 5 สามารถหาค่าบูลิโอฟเฟคของระบบการตั้งซื้อสินค้าของโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานแบบง่ายได้ โดยนำความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อ ($VAR(Q_t)$) หารด้วยความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า ($VAR(D_t)$) ดังรูปที่ 9 เซลล์ที่ I3



รูปที่ 7 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 3



รูปที่ 5 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 1



รูปที่ 8 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561
 The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018
 วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมจัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

A	B	C	D	E	F	G	H
1	L (Lead time)	1	Standard deviation of error	37.15227708	VAR(Qt)	41280.39223	
2	b	1			VAR(Dt)	39886.88118	
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2	ค่าเฉลี่ยของ Dt	415.3484907	
4	Dt (t=0)				ความแปรปรวนของ Dt	40052.4969	BW
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt	Pt (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting	St	Qt
6	0	0					
7	1	13.00588178	14.00588178				
8	2	-51.26581986	49.26581986				
9	3	29.34864985	32.34864985	31.63585082	-0.732819031	31.63585082	
10	4	-31.09950388	27.09950388	40.81724485	13.71774098	40.81724485	41.55006388
11	5	-28.44652186	23.44652186	29.73408686	6.287565004	29.73408686	16.01634589
12	6	1.215905153	7.215905153	25.27301287	18.05710771	25.27301287	18.98544786
13	7	-16.9760794	9.976079398	15.33121351	5.355134107	15.33121351	-2.725894209
14	8	-21.1316054	13.1316054	8.595992276	-4.535613121	8.595992276	3.240858169
15	9	-34.90234871	25.90234871	11.5538424	-14.34850632	11.5538424	16.08945552
16	10	26.47488677	36.47488677	19.51697706	-16.95790971	19.51697706	33.86548337
1996	1948	1.378116916	3.378116916	12.5256558	9.147538882	12.5256558	11.87906569
1997	1949	-56.25354397	55.25354397	10.15158223	-45.10196174	10.15158223	1.004043352
1998	1950	-11.75733295	11.75733295	29.31583044	17.8584975	29.31583044	74.41779218

รูปที่ 9 การสร้างและจำลองค่าบูลวิอปเฟคโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ต่อค่าบูลวิอปเฟค

เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่มีปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าบูลวิอปเฟค คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 โดยมีค่าบูลวิอปเฟค ดังตารางที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า บูลวิอปเฟคมีค่าลดลงทั้ง 4 รูปแบบเมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 10

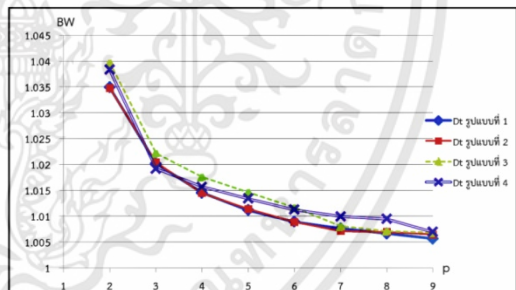
4.2 ผลกระทบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลวิอปเฟค

4.2.1 ผลกระทบของช่วงอิมพัลส์ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลวิอปเฟค

จากงานวิจัยของ [7], [8] และ [13] พบว่าเมื่อความต้องการสินค้าของลูกค้ามีลักษณะเป็นกระบวนการที่เข้าสู่ภาวะนิ่ง (stationary process) ค่าบูลวิอปเฟคจะไม่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาศึกษา (t) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงถือว่าค่าบูลวิอปเฟคของช่วงอิมพัลส์ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 รูปแบบมีค่าเท่ากัน เพราะใช้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการจำลองข้อมูลเท่ากัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา ช่วงเริ่มต้นและช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลวิอปเฟค โดยมีการปรับค่าถ่วงเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า (D_t) ให้เท่ากันในทุกรูปแบบ

ตารางที่ 1 ค่าบูลวิอปเฟคในแต่ละรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

p	ค่าบูลวิอปเฟค			
	Dt รูปแบบที่ 1	Dt รูปแบบที่ 2	Dt รูปแบบที่ 3	Dt รูปแบบที่ 4
2	1.034936576	1.034777217	1.039720952	1.038348351
3	1.020174225	1.020419121	1.022180452	1.019184858
4	1.014524262	1.014488611	1.017624449	1.015697501
5	1.011174637	1.011403246	1.014656886	1.013433543
6	1.008916359	1.008899285	1.011701743	1.011255706
7	1.007634512	1.007128988	1.008055345	1.009948875
8	1.006627871	1.006961078	1.007123433	1.009473842
9	1.005650426	1.006474617	1.006881738	1.006963999



รูปที่ 10 ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยต่อค่าบูลวิอปเฟค

4.2.2 ผลกระทบของช่วงเริ่มต้นและช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลวิอปเฟค

เมื่อช่วงอิมพัลส์ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ให้ค่าบูลวิอปเฟคที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงให้ช่วงเริ่มต้นและช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นตัวแทนของลักษณะความต้องการสินค้าของลูกค้า ตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยแผนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ [Randomized Completely Blocks Design (RCBD)] ด้วยโปรแกรม MINITAB โดยกำหนดให้ค่า p เป็นบล็อกซึ่งให้ผลดังนี้

รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แตกต่างกันส่งผลต่อจำนวนวิปเฟลค ดังรูปที่ 11 และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Tukey พบว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 3 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 2 และ แบบที่ 1 และรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 4 มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 2 และแบบที่ 1 ดังรูปที่ 12

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Dt	3	0.000033	0.000011	10.33	0.000
p (block)	7	0.002858	0.000408	383.39	0.000
Error	21	0.000022	0.000001		
Total	31	0.002913			

รูปที่ 11 ผลการทดสอบความแตกต่างของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อจำนวนวิปเฟลคตลอดทั้งสามช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence				
Dt	N	Mean	Grouping	
3	8	1.01599	A	
4	8	1.01554	A	
2	8	1.01382	B	
1	8	1.01370	B	

Means that do not share a letter are significantly different.

รูปที่ 12 ผลการทดสอบความแตกต่างของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อจำนวนวิปเฟลค

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อจำนวนวิปเฟลคในช่วงโซ่อุปทานอย่างง่าย โดยกำหนดให้ความต้องการของลูกค้าให้เป็นไปตามรูปแบบการโค้งตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อย่างง่าย โดยแบ่งเป็น 4 รูปแบบ ซึ่งใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม ในการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และเปรียบเทียบจำนวนวิปเฟลคทั้ง 4 รูปแบบ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยในเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีผลต่อจำนวนวิปเฟลค กล่าวคือ เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจำนวนวิปเฟลคจะยิ่งมีค่าลดลง

2. รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้ากับเวลา (b) มาก จะมีแนวโน้มการเกิดจำนวนวิปเฟลคมากกว่า รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้ากับเวลาน้อย กล่าวคือ รูปแบบความต้องการสินค้าที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว มีแนวโน้มเกิดจำนวนวิปเฟลคมากกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างช้าๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Lee, H., Padmanabhan, V. and Whang, S. (1997a) "Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect", Management Science, Vol. 43, No.4, pp.546-558.
- [2] Bullwhip Effect in Supply Chain [Online] Available: <http://businessconnectionknowledge.blogspot.com/2009/10/bullwhip-effect-in-supply-chain.html#.Ws8Q-SSubIU>.
- [3] Gorchel, L., (2000) "The Product Manager's Handbook" Chicago: NTC Business Books.
- [4] Product life-cycle curve. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Product_life-cycle_curve.jpg.
- [5] Nepal, B., Murat, A. and Chinnam, R.B. (2012) "The bullwhip effect in capacitated supply chains with consideration for product life-cycle aspects", Int. J.Production Economics, Vol.136, pp.318-331.
- [6] Kurawarwala, A.A. and Matsuo, H. (1996) "Forecasting and Inventory management of Short Life-Cycle Products", Operations Research, Vol.44, No.1, pp.131-150.
- [7] Sirikasemsuk, K. and Luong, H.T. (2016) "Measure of bullwhip effect in supply chains with first-order bivariate vector autoregression time-series demand model", International Journal of Operational Research, Vol. 20, No. 4, Computers & Operations Research Vol.78, pp.59-79.
- [8] Chen, F., Ryan, J.K. and Simchi-Levi, D. (2000) "Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead time, and information", Management Science, Vol. 46, No.3, pp.436-443.
- [9] Chen, F., Ryan, J.K. and Simchi-Levi, D. (2000) "The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect", Naval Research Logistics, Vol. 47, No.4, pp.269-286.
- [10] Bayraktar, E., Koh, S.C., Gunasekaran, A., Sari, K. and Tatoglu, K. (2008) "The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications", Int. J. Production Economics, Vol.113, pp.193-204.



การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561
The 9th National Conference of Industrial Operations Development 2018
วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 ณ โรงแรมจัสมิน ซิตี้ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ

- [11] Hosoda T. and Disney S.M. (2004) "The role of an ordering policy as an inventory and cost controller", Logistics Research Network Annual Conference, Dublin, Ireland, September 8th-10th.
- [12] Mahajan, V., Muller, E. (1979) "Innovation diffusion and new product growth models in marketing", Journal of Marketing, Vol. 43, No.4, pp.55-68.
- [13] Sirikasemsuk K. (2014) "Impact of Order Splitting on Bullwhip Effect in Supply Chain: Case of Identical Lead Time at Distributors-Retailer Links", Advanced Materials Research Vols. 931-932, pp.1652-1657.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้าน การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 18



การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 18
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8 - 9 พฤศจิกายน 2561

การเปรียบเทียบค่าบูลวิเปฟเฟคในโซ่อุปทานท่ามกลางความต้องการของลูกค้า ที่มีและไม่มีรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข¹, สุภัชชา เข็มมาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: ¹kittiwat.sirikasemsuk@gmail.com, ²supatcha.kem@gmail.com

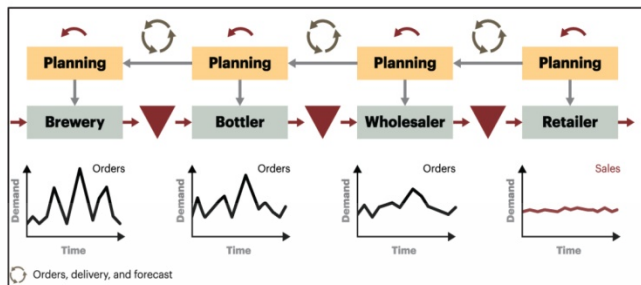
บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้เพื่อนำเสนอการเปรียบเทียบค่าบูลวิเปฟเฟคระหว่างรูปแบบความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นที่มีและไม่มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะถูกแทนด้วยสมการเส้นตรงอย่างง่าย ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ 1. ช่วงเริ่มต้น 2. ช่วงอิ่มตัว และ 3. ช่วงลดลง ในขณะที่รูปแบบที่ไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะถูกแยกออกเป็น 2 กรณี คือ การแจกแจงแบบปกติและแบบยูนิฟอร์ม เงื่อนไขที่สำคัญของการเปรียบเทียบค่าบูลวิเปฟเฟค คือ ความต้องการของลูกค้าทั้ง 3 แบบ จะต้องมีความถี่ของความต้องการสินค้าของลูกค้าเท่ากัน ค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้าเท่ากัน และระยะเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เท่ากัน ในห้วงโซ่อุปทานที่ประกอบ 2 ช่วง คือ ผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 1 แห่ง กำหนดนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมและการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ จากนั้นทำการจำลองค่าบูลวิเปฟเฟค และเปรียบเทียบค่าบูลวิเปฟเฟคภายใต้รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยบ่งบอกว่า รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ จะมีแนวโน้มการเกิดบูลวิเปฟเฟคน้อยกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้วยจำนวนช่วงเวลาในค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เท่ากัน

คำสำคัญ: บูลวิเปฟเฟค; วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์; ห่วงโซ่อุปทาน; นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม; เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

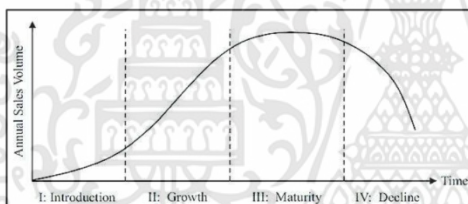
1. ที่มาและความสำคัญ

การจัดการห่วงโซ่อุปทานนั้น เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรในห่วงโซ่อุปทาน ในปัจจุบันการที่จะทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้านั้นเป็นเรื่องที่ยาก ทำให้องค์กรต่างๆต้องทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า โดยอาศัยข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาใช้ในการพยากรณ์เพื่อที่จะได้ผลิต และจัดเตรียมสินค้าไว้รองรับกับความต้องการของลูกค้า ค่าพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าที่น้อยย่อมมีความผิดพลาดไปจากค่าจริงรวมอยู่ ซึ่งส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อ โดยความแปรปรวนดังกล่าวจะมีการขยายตัวมากขึ้นจากปลายน้ำไปยังต้นน้ำ (Lee et al., 1997) หรือความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อของกลุ่มต้นน้ำจะสูงกว่าปริมาณคำสั่งซื้อของทางกลุ่มปลายน้ำ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์บูลวิเปฟเฟค (Bullwhip Effect) ดังรูปที่ 1 ปรากฏการณ์นี้เกิดจากหลายสาเหตุ เช่นการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าที่ผิดพลาดหรือการขาดการอัปเดตข้อมูล ความผันผวนของราคาสินค้าทำให้เกิดการสั่งซื้อเพื่อกักตุนสินค้า การสั่งซื้อสินค้าทีละมากๆ และความล่าช้าในการส่งข้อมูลและสินค้า (Lee et al., 1997) ซึ่งการที่จะขจัดปรากฏการณ์บูลวิเปฟเฟคให้หมดไปนั้นเป็นเรื่องยาก จึงสามารถทำได้เพียงบรรเทาให้เกิดผลน้อยลงโดยการพยายามกำจัดสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นให้หมดไป

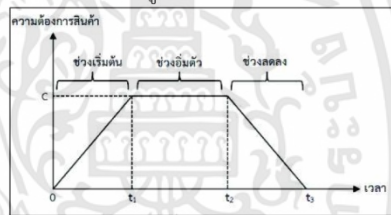


รูปที่ 1: ปรากฏการณ์บูลวิปเอฟเฟค

ความต้องการของลูกค้าจะมีลักษณะหลากหลายรูปแบบ และหนึ่งในนั้นก็คือลักษณะความต้องการของลูกค้าที่มีความสัมพันธ์กับตัวสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ โดยในปัจจุบันทุกตัวสินค้าจะมีช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) แตกต่างกันไปสามารถแบ่งวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ได้เป็น 4 ช่วง (Gorchel, 2000) คือ 1. ช่วงแนะนำ (Introduction) เป็นช่วงที่ยอดขายของผลิตภัณฑ์ยังค่อนข้างต่ำ เพราะลูกค้ายังไม่รู้จักคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน 2. ช่วงเจริญเติบโต (Growth) ช่วงนี้ ยอดขายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะผลิตภัณฑ์ติดตลาดแล้ว ส่งผลให้ส่วนแบ่งตลาดและกำไรเพิ่มขึ้น 3. ช่วงอิ่มตัว (Maturity) เป็นช่วงที่ยอดขายอยู่ในระดับสูงสุด แต่อัตราการเพิ่มของยอดขายจะต่ำมากหรือคงที่ และ 4. ช่วงถดถอย (Decline) เป็นช่วงที่ยอดขายอยู่ในสภาพที่ลดลงอย่างต่อเนื่องและบางผลิตภัณฑ์เริ่มมีผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนกันได้มาแทนที่ ดังรูปที่ 2ก)



ก) วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่มี 4 ช่วง (Gorchel, 2000)



ข) วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่มี 3 ช่วง

รูปที่ 2: วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบงานของ Sirikasemsuk and Luong (2014) ได้ศึกษาและวัดค่าบูลวิปเอฟเฟคของโซ่อุปทานที่มีการสั่งซื้อสินค้าจาก 2 แห่ง โดยแบ่งโซ่อุปทานเป็น 3 ระดับ คือ 1. ผู้ผลิต 1 แห่ง 2. ศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง และ 3. ผู้ค้าปลีก 1 แห่ง โดยรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวแทนของออเพอเรชันอันดับที่หนึ่ง [The First-Order Autoregressive Model (AR(1))] ทุกสมาชิกในโซ่อุปทานจะใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม [Order-up-to Inventory Policy (OUT)] ส่วนเทคนิคการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด [Minimum Mean Square Error (MMSE)] ผลการวิจัยพบว่า ไม่เกิดบูลวิปเอฟเฟคในโซ่อุปทานที่มีการสั่งซื้อสินค้าจาก 2 แห่ง เมื่อพารามิเตอร์ของออเพอเรชันอันดับที่หนึ่งเป็นค่าลบ และ Sirikasemsuk and Luong (2017) ได้ศึกษาการเกิดบูลวิปเอฟเฟค ที่มีรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบเวกเตอร์ออเพอเรชันอันดับที่หนึ่ง (The First-Order Bivariate Vector Autoregressive Model) ในห่วงโซ่อุปทานสองระดับ คือ มีผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 2 แห่ง และการวัดผลบูลวิปเอฟเฟคถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด จากนั้นมีการทำการทดลองเชิงตัวเลขเพื่อที่จะแสดงพฤติกรรมของบูลวิปเอฟเฟค งานวิจัยของ Sirikasemsuk, K. and Sirikasemsuk, S. (2018) ศึกษาอิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความต้องการระหว่างสองกลุ่มตลาดต่อบูลวิปเอฟเฟค โดยใช้รูปแบบความต้องการสินค้าเป็นแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 [first-order moving-average



MA(1)) โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยผู้ผลิต 1 แห่งและศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง ผลกระทบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสองกลุ่มตลาดอุปสงค์บ่งบอกว่า บูลวิเปอฟเฟคสำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เป็นบวกอาจมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เป็นลบ และงานวิจัยของ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข (2561) ได้เปรียบเทียบค่าบูลวิเปอฟเฟคระหว่างการรวมคลังสินค้าและการกระจายคลังสินค้าในโซ่อุปทาน โดยความต้องการที่เข้ามาในคลังสินค้าเป็นตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่งและในแต่ละคลังสินค้าจะทำการคำนวณหาปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเพื่อส่งให้ผู้ผลิตโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม ผลการวิจัยบ่งบอกว่า เมื่อใช้พารามิเตอร์เริ่มต้นเหมือนกัน ค่าบูลวิเปอฟเฟคทั้งสองระบบจะมีค่าเท่ากัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือ งานวิจัยของ Nepal et al. (2012) ได้ศึกษาบูลวิเปอฟเฟคและความแปรปรวนของสินค้าคงคลัง (Net-Stock Amplification) ในห่วงโซ่อุปทานที่มีข้อจำกัดในด้านกำลังการผลิต แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ผู้รับจ้างผลิตอุปกรณ์ตามที่กำหนดเพื่อนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ [Original Equipment Manufacturer (OEM)] 1 แห่ง, ผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) แห่งที่ 1 และผู้จัดหาวัตถุดิบแห่งที่ 2 โดยรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการผลิตที่คงที่ไม่มีลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และ รูปแบบการผลิตที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เป็นไปตามลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ผลของวิจัยพบว่า ในช่วงอิมิตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการเกิดบูลวิเปอฟเฟค และความแปรปรวนของสินค้าคงคลังมากกว่าช่วงสุดท้ายของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

จะเห็นได้ชัดเจนว่า งานวิจัยของ Nepal et al. (2012) ได้ใช้ตัวแบบออเทอริเกรสชันอันดับที่หนึ่ง (AR(1)) สามสมการเพื่อเป็นตัวแทนของความต้องการให้เป็นไปตามลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ แต่ก็มีลักษณะไม่คล้ายกับลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามความเป็นจริงเหมือนกับหลายๆงานวิจัย เช่น ในงานของ Gorchel (2000) เป็นต้น ซึ่งในงาน Nepal et al. (2012) ลักษณะของกราฟช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ก็จะขึ้นอย่างรวดเร็ว และช่วงลดลงของชีวิตผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Nepal et al. (2012) ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาและเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์และไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อค่าบูลวิเปอฟเฟค โดยงานวิจัยยังใช้ลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 3 ช่วง (รูปที่ 2ข) คือ 1. ช่วงเริ่มต้นของชีวิตผลิตภัณฑ์ (ช่วงแนะนำและช่วงเจริญเติบโตรวมกัน) 2. ช่วงอิมิตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Maturity) และ 3. ช่วงลดลงของชีวิตผลิตภัณฑ์ (Decline) เหมือนกับงานของ Nepal et al. (2012) และ Mahajan and Muller (1979) แต่รูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะถูกแทนด้วยสมการเส้นตรงอย่างง่าย 3 สมการ (1. ช่วงเริ่มต้น 2. ช่วงอิมิตัว และ 3. ช่วงลดลง) ซึ่งจะบวกค่าความคาดเคลื่อนเข้าไป ดังนั้นลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้จะคล้ายกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามความเป็นจริงมากกว่างานของ Nepal et al. (2012) ส่วนรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ไม่เป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบในงานวิจัยฉบับนี้ คือ รูปแบบความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม นอกจากนี้งานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ซึ่งแตกต่างกับงานของ Nepal et al. (2012))

2. สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีดังนี้

BW = ค่าบูลวิเปอฟเฟค

t = หน่วยเวลาที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งมีหน่วยเป็น วัน

D_t = ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t

L = ระยะเวลาส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังผู้ค้าปลีก



- F_t = ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า ณ ช่วงเวลา t โดยผู้ค้าปลีก
- \hat{D}_t^L = ค่าพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้า ระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าที่ผู้ค้าปลีก ณ ช่วงเริ่มต้นเวลา t
- $\hat{\sigma}_t^L$ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าความต้องการของลูกค้าที่พยากรณ์กับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริงระหว่างระยะเวลานำส่งสินค้าที่ผู้ค้าปลีก ณ ช่วงเริ่มต้นเวลา t
- Q_t = ปริมาณคำสั่งซื้อของผู้ค้าปลีก ณ ช่วงเวลา t
- S_t = ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ณ ช่วงเวลา t
- Z = ค่าคะแนนมาตรฐาน
- p = จำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย
- b = อัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลา (Slope)
- c = ค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในช่วงอิมตัวของชีวิตผลิตภัณฑ์
- a = ค่าคงที่ในสมการที่ช่วงสุดท้ายของชีวิตผลิตภัณฑ์
- ε_t = ค่าความคลาดเคลื่อน โดยที่ $\varepsilon_t \sim \text{Normal}(\mu, \sigma^2)$ เมื่อ $\mu = 0$ และ σ^2 เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ

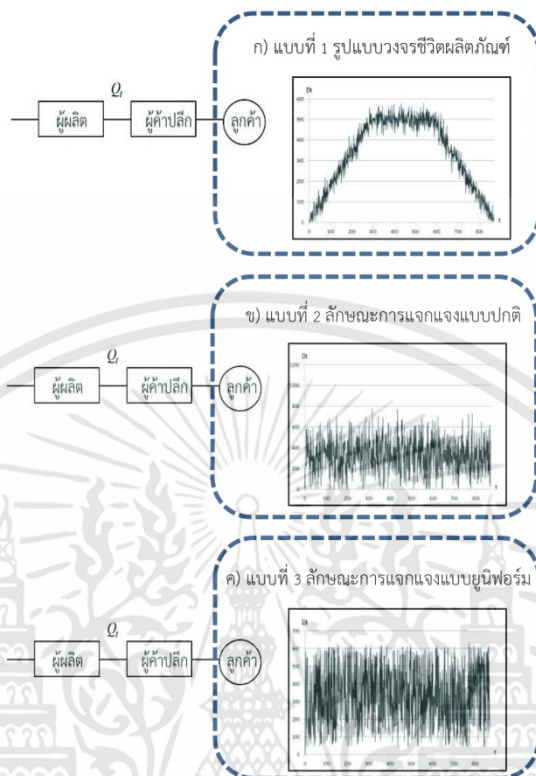
3. โครงสร้างโซ่อุปทานและรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

ในงานวิจัยนี้ ห่วงโซ่อุปทานจะประกอบไปด้วย 2 ช่วง คือ ผู้ผลิต 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 1 แห่ง ตามรูปที่ 3 กำหนดนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบสั่งซื้อที่เหมาะสมและการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และกำหนดให้ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตส่งสินค้าไปยังผู้ค้าปลีกมีค่าเท่ากับ 1 เพื่อลดจำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในรูปที่ 3ก) แสดงรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 1 จะใช้ลักษณะวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ 1. ช่วงเริ่มต้น 2. ช่วงอิมตัว และ 3. ช่วงลดลง และใช้สมการเส้นตรงอย่างง่าย ตามสมการที่ 1 ในการจำลองค่าความต้องการของสินค้า

$$D_t = \begin{cases} bt + \varepsilon_t & : 0 \leq t \leq t_1 \\ c + \varepsilon_t & : t_1 < t \leq t_2 \\ a - bt + \varepsilon_t & : t_2 < t \leq t_3 \end{cases} \quad (1)$$

- เมื่อ $0 \leq t \leq t_1$ เป็นช่วงเริ่มต้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
- $t_1 < t \leq t_2$ เป็นช่วงอิมตัวของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
- $t_2 < t \leq t_3$ เป็นช่วงลดลงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3: การเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

ในขณะที่รูปแบบที่ไม่มีวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จะถูกแยกออกเป็น 2 กรณี คือ การแจกแจงแบบปกติ ดังรูปที่ 3ข) และแบบยูนิฟอร์ม ดังรูปที่ 3ค) กำหนดให้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 3 รูปแบบ จะต้องมีค่าเฉลี่ยของความ ต้องการสินค้าของลูกค้า, ค่าความแปรปรวนของความ ต้องการสินค้าของลูกค้า และระยะเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่เท่ากัน จึงจะนำไปสู่การเปรียบเทียบกันได้ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ต่างๆจะถูกปรับค่าตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1: การกำหนดค่าของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

รูปแบบที่	ระยะเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (t)	ค่าพารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยของความ ต้องการสินค้าของ ลูกค้า	ค่าความแปรปรวน ของความต้องการ สินค้าของลูกค้า
1	0 < t ≤ 867	D_t เป็นไปตามสมการที่ 1 โดยที่ $a=1501.096, b=1.732, c=500, \varepsilon_t \sim \text{Normal}(0,1000)$	335	27,500
2		$D_t \sim \text{Normal}(335,27500)$		
3		$D_t \sim \text{Uniform}(43, 623)$		



4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์อื่นๆ

- จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาพยากรณ์ด้วยวิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (p) เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7
- ระยะเวลานำส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังผู้ค้าปลีก (L) เท่ากับ 1
- ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z) เท่ากับ 0 เพราะค่า Z ไม่มีผลต่อค่าบูลิวิเพฟเฟค (Luong, 2007)
- ในการจำลอง Q_i สามารถเป็นค่าที่ติดลบได้ ซึ่งหมายความว่า มีการคืนสินค้าให้กับผู้ผลิต (จากงานวิจัย

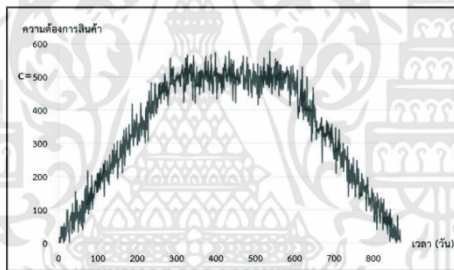
ของ Chen et al. (2000) การกำหนดให้ Q_i เป็นค่าที่ติดลบได้ หรือกำหนดให้ติดลบไม่ได้ จะให้ผลการวิเคราะห์ ค่าบูลิวิเพฟเฟคที่ใกล้เคียงกันด้วยนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม)

4.2 การจำลองรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

กำหนดรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าออกเป็น 3 รูปแบบ ตามตารางที่ 1 คือ

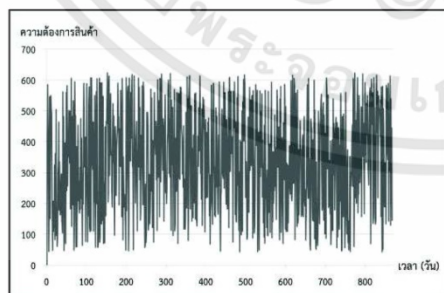
รูปแบบที่ 1 ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่กำหนดอัตราส่วนระหว่างความต้องการสินค้าของลูกค้ากับเวลาเป็น 1.732 ($b = 1.732$) ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะได้สมการของแต่ละช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 2

$$D_t = \begin{cases} 1.732t + \varepsilon_t & : 0 \leq t \leq 289 \\ 500 + \varepsilon_t & : 289 < t \leq 578 \\ -1.732t + 1501.096 + \varepsilon_t & : 578 < t \leq 867 \end{cases} \quad (2)$$

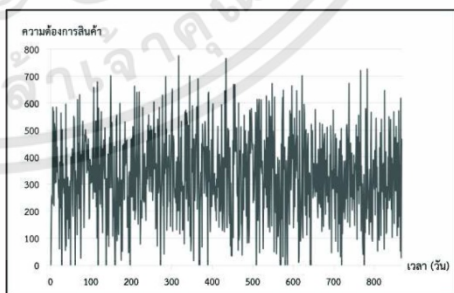


รูปที่ 4: รูปแบบที่ 1 ลักษณะที่มีรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์
รูปแบบที่ 2 ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่ความต้องการสินค้าของลูกค้าส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้กับค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปแบบที่ 3 ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มที่ความต้องการสินค้าของลูกค้าจะมีการกระจายตัวที่เท่าๆกัน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5: รูปแบบที่ 2 ลักษณะการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 6: รูปแบบที่ 3 ลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.3 การจำลองการพยากรณ์ความต้องการสินค้า

สมมติว่า ผู้ค้าปลีกอยู่ในช่วงเริ่มต้นเวลา t ผู้ค้าปลีกจะไม่รู้ค่าความต้องการของลูกค้าที่แท้จริงในช่วงระยะ t (รวมถึงในช่วงเวลาของอนาคต) ดังนั้นงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นเทคนิคการพยากรณ์ ซึ่งใช้จำนวนข้อมูลความต้องการของลูกค้าในอดีตมาหาค่าเฉลี่ย โดยมีสมการในพยากรณ์ตามสมการที่ 3 ดังรูปที่ 7 คอลัมน์ D

$$F_t = \left(\frac{1}{p} \right) \sum_{i=1}^p D_{t-i} \quad (3)$$

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, p$

4.4 การจำลองปริมาณคำสั่งซื้อโดยผู้ค้าปลีก

จากงานวิจัยของ Hosoda and Disney (2004) และ Disney and Lambrecht (2008) ได้แสดงให้เห็นว่านโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าและค่าเสียโอกาสเมื่อสินค้าขาดแคลน ดังนั้นเมื่อผู้ค้าปลีกทราบความต้องการของลูกค้าจากการพยากรณ์ความต้องการสินค้าของลูกค้าแล้ว ผู้ค้าปลีกจะต้องทำการคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าเพื่อสั่งซื้อสินค้ากับผู้ผลิตต่อไป

งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ทุกสมาชิกในห่วงโซ่อุปทานใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Order-up-to Level) ซึ่งเป็นนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อสินค้าเพื่อให้ถึงระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม สามารถคำนวณปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าได้ตามสมการที่ 4 ดังรูปที่ 7 คอลัมน์ G

$$Q_t = S_t - S_{t-1} + D_{t-1} \quad (4)$$

โดยระดับสินค้าคงคลังสูงสุดที่ต้องการ ณ ช่วงเวลา t คำนวณได้จากสมการที่ 5 ดังรูปที่ 7 คอลัมน์ F

$$S_t = \hat{D}_t^L + Z\hat{\sigma}_t^L \quad (5)$$

โดยที่ $\hat{D}_t^L = Lx F_t$

4.5 การคำนวณค่าบูลิวิเปอเฟค

การคำนวณค่าบูลิวิเปอเฟคสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าของผู้ค้าปลีกต่อความแปรปรวนของความต้องการของลูกค้า ดังสมการที่ 6 โดยถ้าค่า BW มากกว่า 1 จะถือว่าเกิดบูลิวิเปอเฟค

$$BW = \frac{VAR(Q_t)}{VAR(D_t)} \quad (6)$$

เมื่อผู้ผลิตได้รับคำสั่งซื้อจากผู้ค้าปลีก ทำให้ผู้ผลิตทราบปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของผู้ค้าปลีก ดังรูปที่ 7 คอลัมน์ G ซึ่งคอลัมน์นี้จะสามารถคำนวณหาค่าความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของผู้ค้าปลีก ได้ดังรูปที่ 7 เซลล์ที่ I1 และที่ปลายสุดของห่วงโซ่อุปทาน ความต้องการสินค้าของลูกค้า (D_t) ถูกจำลองขึ้นตามรูปแบบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 7 คอลัมน์ C ซึ่งคอลัมน์นี้จะสามารถคำนวณหาค่าความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้าได้ดังรูปที่ 7 เซลล์ที่ I2 ดังนั้นจากสมการที่ 6 สามารถหาค่าบูลิวิเปอเฟคของระบบการสั่งซื้อสินค้าของโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานแบบง่ายได้ โดยนำความแปรปรวนของปริมาณคำสั่งซื้อ ($VAR(Q_t)$) หารด้วยความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของลูกค้า ($VAR(D_t)$) ดังรูปที่ 7 เซลล์ที่ I3

อนึ่ง ในส่วนความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ก็จะถูกสร้างขึ้นตามตารางที่ 1 ตามหัวข้อที่ 4.2 และถูกแทนลงในคอลัมน์ C



A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		L (Lead time)	1	Standard deviation of error	38.19890036		VAR(Q)	29056.5437
2	b	1.732	z (Service level)	0			VAR(D)	27592.6442
3	Variance error	1000	p (Period of moving average forecasting) MA(p)	2			BW	1.05305398
4	Dt (t=0)							
5	t (time)	Error (normal dist.)	Dt (Real demand by Product Life Cycle)	Ft (Forecasting demand) MA(2)	Error of forecasting (ค่าผิดพลาดจริง)	St	Qt	
6	0		0					
7	1	-18.69040757	16.95840757					
8	2	-12.26909058	8.805990577					
9	3	-8.517823635	3.321823635	12.88174907	9.559925437	12.88174907		
10	4	-4.47693539	2.45106461	6.063457106	3.612392496	6.063457106	-3.496468331	
11	5	41.21199311	49.87199311	2.886444123	-46.98554899	2.886444123	-0.725948373	
12	6	-35.62371592	25.23171592	26.16152886	0.929812934	26.16152886	73.14707784	
13	7	-26.68772399	14.56372399	37.55185452	22.98813053	37.55185452	36.62204158	
14	8	19.31112747	33.16712747	19.89771996	-13.26940751	19.89771996	-3.090410572	
15	9	34.33729	49.92529	23.86542573	-26.05984427	23.86542573	37.13483324	
16	10	18.52347413	35.84347413	41.54620874	5.702734602	41.54620874	67.60607301	
882	863	13.23494401	19.61494401	26.77608599	7.161141988	26.77608599	-23.79449829	
883	864	-15.18711546	10.53911546	15.66607525	5.126959789	15.66607525	8.50493326	
884	865	7.096183737	10.01218374	15.07702973	5.064845996	15.07702973	9.950069944	
885	866	-41.46694006	40.28294006	10.2756496	-30.00729047	10.2756496	5.210803602	
886	867	-3.073451482	3.621451482	25.1475619	21.52611042	25.1475619	55.15485237	

รูปที่ 7: การสร้างและจำลองค่าบูลวิเปฟไฟต์

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อค่าบูลวิเปฟไฟต์

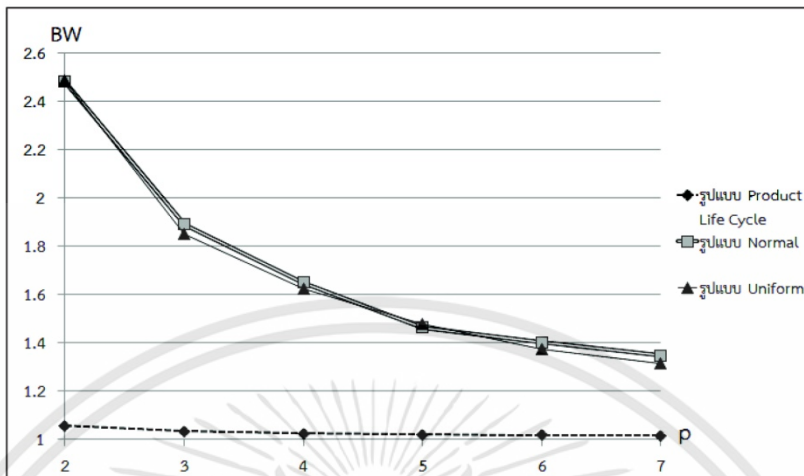
เมื่อทำการจำลองและคำนวณค่าบูลวิเปฟไฟต์ออกมาทั้งหมด จะได้ค่าบูลวิเปฟไฟต์ทั้ง 3 รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าดังตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าบูลวิเปฟไฟต์ของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 1 (รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์) มีค่าบูลวิเปฟไฟต์น้อยกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าแบบที่ 2 และ 3 (รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติและแบบยูนิฟอร์ม) ซึ่งทุกรูปแบบเกิดปรากฏการณ์บูลวิเปฟไฟต์ขึ้นเพราะมีค่าบูลวิเปฟไฟต์มากกว่า 1 ทุกรูปแบบ

5.2 ผลกระทบของเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ต่อค่าบูลวิเปฟไฟต์

เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่มีปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าบูลวิเปฟไฟต์ คือ จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ย ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, และ 7 โดยมีค่าบูลวิเปฟไฟต์ ดังตารางที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า บูลวิเปฟไฟต์มีค่าลดลงทั้ง 3 รูปแบบ เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 8

ตารางที่ 2: ค่าบูลวิเปฟไฟต์ในแต่ละรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้า

p	ค่าบูลวิเปฟไฟต์		
	Dt รูปแบบที่ 1	Dt รูปแบบที่ 2	Dt รูปแบบที่ 3
2	1.053053976	2.479828189	2.484231632
3	1.029780677	1.887418834	1.847585161
4	1.021198179	1.647933096	1.621102748
5	1.016332382	1.461158884	1.473523071
6	1.013808366	1.398131614	1.372697555
7	1.012608981	1.344522872	1.311833791



รูปที่ 8: ผลกระทบของจำนวนข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยต่อค่าบูลวิเปค

หมายเหตุ. ค่าบูลวิเปคของรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติและแบบยูนิฟอร์มมีค่าใกล้เคียงกันมาก

6. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาและทำการเปรียบเทียบรูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าค่าบูลวิเปคในห่วงโซ่อุปทานอย่างง่ายโดยมีโครงสร้างประกอบด้วยผู้ผลิต 1 แห่ง และ ผู้ค้าปลีก 1 แห่ง โดยกำหนดให้ความต้องการของลูกค้ามี 3 รูปแบบ คือ 1.ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ 2. ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ และ 3.ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ซึ่งใช้นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสั่งซื้อที่เหมาะสม ในการพยากรณ์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ และเปรียบเทียบค่าบูลวิเปคทั้ง 3 รูปแบบ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. รูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะเป็นไปตามลักษณะของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ จะมีแนวโน้มการเกิดบูลวิเปคน้อยกว่ารูปแบบความต้องการสินค้าของลูกค้าที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติและการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม
2. จำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยในเทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีผลต่อค่าบูลวิเปค คือ เมื่อจำนวนข้อมูลในอดีตที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าถ่วงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าบูลวิเปคจะยังมีค่าลดลง

ปกติในปัจจุบันความต้องการของลูกค้าเป็นแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์มีหลายสินค้า เช่น สินค้าที่เป็นอุปกรณ์สื่อสาร สินค้าที่เป็นแฟชั่นต่างๆ และงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา เช่น Lee et al. (1997), Chen et al. (2000), Luong (2007), Sirikasemsuk and Luong (2014), Sirikasemsuk and Luong (2017) เป็นต้น ไม่ได้พิจารณาถึงความต้องการของลูกค้าเป็นแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เลย ในงานวิจัยนี้ทำให้ได้ทราบว่าปรากฏการณ์บูลวิเปคไม่ได้รุนแรงอย่างที่เห็นถ้าพิจารณาถึงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้วย



เอกสารอ้างอิง

- กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข, "การเปรียบเทียบค่าบูลวิเปฟเฟอระหว่างระบบการรวมและการกระจายคลังสินค้าในโซ่อุปทานโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่, การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2561, 23-24 เมษายน 2561 พัทยา ชลบุรี, 344-352.
- Chen, F., Ryan, J.K., Simchi-Levi, D., 2000, "Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Time, and Information", *Management Science*, 46(3), 436-443.
- Disney, S.M., Lambrecht, M.R., 2008, "On Replenishment Rules, Forecasting, and the Bullwhip Effect in Supply Chains", *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management*, 2(1), 1-80.
- Gorchel, L., 2000, *The Product Manager's Handbook*, Chicago: NTC Business Books.
- Hosoda T., Disney S.M., 2004, "The Role of an Ordering Policy as an Inventory and Cost Controller", *Logistics Research Network Annual Conference*, Dublin, Ireland.
- Lee, H., Padmanabhan, V., Whang, S., 1997, "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", *Management Science*, 43(4), 546-558.
- Luong, H.T., 2007, "Measure of Bullwhip Effect in Supply Chains with Autoregressive Demand Process", *European Journal of Operational Research*, 180(3), 1086-1097.
- Mahajan, V., Muller, E., 1979, "Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing", *Journal of Marketing*, 43(4), 55-68.
- Nepal, B., Murat, A., Chinnam, R.B., 2012, "The Bullwhip Effect in Capacitated Supply Chains with Consideration for Product Life-cycle Aspects", *International Journal of Production Economics*, 136, 318-331.
- Sirikasemsuk, K., Luong, H.T., 2014, "Measure of Bullwhip Effect – A Dual Sourcing Model", *International Journal of Operational Research*, 20(4), 396-426.
- Sirikasemsuk, K., Luong, H.T., 2017, "Measure of Bullwhip Effect in Supply Chains with First-order Bivariate Vector Autoregression Time-series Demand Model", *Computers & Operations Research*, 78, 59-79.
- Sirikasemsuk, K., Sirikasemsuk, S., 2018, "Measure and Analysis of the Bullwhip Effect in Supply Chain When Demand Correlation Exists Between Two Market Groups under the First-order Moving-average Demand Processes", *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.13), 108-112.



25th ANNIVERSARY
Faculty of Engineering
NARESUAN UNIVERSITY



THAI VCML
Value Chain Management & Logistics



การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 18

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

บทความเรื่อง การเปรียบเทียบค่าลู่วิถีเฟคในโซ่อุปทานท่ามกลางความต้องการของลูกค้าที่มี
และไม่มีรูปแบบวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์

กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข และ สุภัชชา เข็มมาลัย

ได้รับรางวัลบทความยอดเยี่ยมในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 18
ระหว่างวันที่ 8 - 9 พฤศจิกายน 2561 ณ โรงแรมท็อปแลนด์พลาซ่า พิษณุโลก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจารกุล)
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ
ด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 18

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แยมแมน)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุภัชชา เข้มมาลัย
ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลวิปเอฟเฟคในโซ่อุปทาน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
วัน เดือน ปีเกิด	22 เมษายน 2537
ที่อยู่	34/28 ม.2 ต.วังตะเคียน อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
ประวัติการศึกษา	2559 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์	บทความตีพิมพ์ เรื่อง ผลกระทบของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อบูลวิปเอฟเฟคในโซ่อุปทาน ในการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 ณ โรงแรมจัสมินซิตี สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ วันที่ 11 พฤษภาคม 2561



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้