การศึกษานโยบายการควบคุมวัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่

วรัญญา ลิ้มบ้วน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วรัญญา ลิ้มบ้วน ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการ
(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)
วันที่ 29 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาและกรุณาให้คำปรึกษาแนะแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินวิทยานิพนธ์ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ตั้งแต่เริ่มต้นจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยรับรู้ถึงความปรารถนาดีและรู้สึกซาบซึ้งใจอย่างที่สุด จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษา (ไม่ขอออกนาม) ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล เพื่อวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นแรงบันดาลใจที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ สรรพวิทยา และจริยธรรม อันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลให้เกิดผลสำเร็จในการศึกษา รวมไปถึงเพื่อน ๆ ทุกคนที่มีส่วนในแรงผลักดัน ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ท้ายสุดนี้คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้ และผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ ไม่มากก็น้อย ทั้งนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดเกิดขึ้นในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับ

วรัญญา ลิ้มบ้วน

59910255: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่คงคลัง/ โปรแกรม ARENA/
การแจกแจงแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง

วรัญญา ลิ้มบ้วน: การศึกษานโยบายการควบคุมวัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่ (A STUDY OF INVENTORY CONTROL POLICY FOR SPARE PARTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: บรรหาญ ลิลา, Ph.D., 215 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการจัดการเกี่ยวกับการควบคุมวัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่ สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมื่อมีปริมาณความต้องการต่ำและไม่ทราบความต้องการที่แน่นอน แต่สามารถวิเคราะห์การแจกแจงจากข้อมูลในอดีตได้ งานวิจัยนี้จะศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการควบคุมระหว่าง Q- r, T- S และ Max-Min เมื่อความต้องการมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วยการแจกแบบปกติ แบบเอ็กโปเนนเชียล แบบไวล์บูลและแบบล็อคนอร์มอล และแบบไม่ต่อเนื่อง ประกอบด้วย แบบเอ็มไพริคอลและแบบปัวส์ซอง พิจารณาผลจากดัชนีค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ เปรียบเทียบผลลัพธ์ด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ของแต่ละนโยบายโดยใช้ Process analyzer ของโปรแกรม ARENA ทำการรันแบบจำลองตามจำนวนรอบที่เหมาะสมของทุกการแจกแจง ผลการศึกษาพบว่า นโยบาย Max-Min และ Q, r มีผลลัพธ์ทั้งค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยและระดับบริการที่ยอมรับได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และดีกว่านโยบาย T-S จึงสรุปได้ว่านโยบาย Max-Min และ Q-r เป็นนโยบายที่เหมาะสมในการประยุกต์ เพื่อควบคุมวัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงมากกว่านโยบาย T-S เมื่อปริมาณความต้องการต่ำและไม่แน่นอนไม่ว่าการแจกแจงจะเป็นแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องก็ตาม

59910253: MAJOR: INDUSTIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORDS: SPARE PART/ ARENENA PROGRAMING/ CONTINUOUS DISTRIBUTION AND DISCRETE DISTRIBUTION
WARANYA LIMBUAN: A STUDY OF INVENTORY CONTROL POLICY FOR SPARE PARTS. ADVISORY COMMITTEE: BANHAN LILA, Ph.D. 215 P. 2018.

This research presents a comparison study of spare part inventory management policies for machine maintenance. The study focused on spare part items that are used in critical machine in the process with low and uncertain but behaviorally identifiable demand. The spare part items with Normal, Exponential, Weibull and Lognormal, Empirical and Poisson distribution were compared based on the total cost and service level using three control policies Q-r, T-S and Max-Min. The comprehensive comparison study was performed using the Process analyzer function of ARENA. The result indicated that the Max-Min and Q-r policies provided the best but insignificantly different total cost and service level. Therefore, it can be concluded from the result of this research that the Max-Min and Q-r policies should be implemented in managing and controlling of spare part to support the maintenance function of critical machines in the process regardless of demand distribution type.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

สมมติฐานของงานวิจัย 4

กรอบแนวคิดในงานวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

ขอบเขตของงานวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7

การจัดการโซ่อุปทาน 7

งานบำรุงรักษา 8

ความหมายของวัสดุคงคลัง 14

ระบบการควบคุมของคงคลัง 15

การบริหารวัสดุคงคลังประเภท ชิ้นส่วนอะไหล่ซ่อมบำรุง 16

องค์ประกอบของการจัดการของอะไหล่คงคลัง 19

การบริหารอะไหล่คงคลัง 20

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ 33

การแจกแจงความน่าจะเป็น 36

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย	48
	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	48
	ศึกษาปัญหาการบริหารสินค้าคงคลังและเก็บรวบรวมข้อมูล	50
	วิเคราะห์ข้อมูลและบ่งชี้ปัญหา	52
	ศึกษาและนำเสนอนโยบายการจัดการอะไหล่คงคลัง	58
	เปรียบเทียบนโยบาย	67
4	ผลการวิจัย	70
	การคัดเลือกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมความต้องการ	70
	การรวบรวมข้อมูลความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีพฤติกรรมการแจกแจงที่ต้องการ	71
	การประเมินนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่	74
	การสร้างตัวแบบจำลอง	80
	การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	103
	การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง	105
	จำนวนรอบที่เหมาะสมในการทดลอง	108
	การวิเคราะห์กระบวนการนำออก	110
5	สรุปและอภิปรายผล	123
	สรุปผลงานวิจัย	123
	อภิปรายผลการดำเนินงาน	127
	ข้อเสนอแนะ	128
บรรณานุกรม		131
ภาคผนวก		136
	ภาคผนวก ก	137
	ภาคผนวก ข	150
	ภาคผนวก ค	158
	ภาคผนวก ง	202
ประวัติย่อของผู้วิจัย		215

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 เมทริกซ์การจัดกลุ่มอะไหล่ในการวิเคราะห์ ABC-VED Matrix 22

2-2 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่าง ๆ 36

3-1 ข้อมูลการเก็บรักษาชิ้นส่วนอะไหล่ 53

3-2 ข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการสั่งซื้อของชิ้นส่วนอะไหล่ 54

3-3 ลำดับในการทดสอบพฤติกรรมการแจกแจง 56

4-1 ข้อมูลอะไหล่ชิ้นส่วนที่สนใจ 72

4-2 พฤติกรรมการแจกแจงความต้องการอะไหล่ชิ้นส่วนที่สนใจ 74

4-3 สรุปค่า VC ของทุกพฤติกรรมการแจกแจง 76

4-4 สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของทุกพฤติกรรมการแจกแจงภายใต้นโยบาย Q, r 77

4-5 สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของทุกพฤติกรรมการแจกแจงภายใต้นโยบาย T, S 79

4-6 สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของทุกพฤติกรรมการแจกแจงของนโยบาย Max-Min 80

4-7 ผลลัพธ์การันค่าใช้จ่ายโดยรวมโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล 106

4-8 ผลลัพธ์การรันระดับบริการโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล 107

4-9 ผลลัพธ์จากการรันแบบจำลอง20 Replicationและจำนวนการรันแบบจำลองที่ต้องการ 109

4-10 จำนวนรอบที่เหมาะสมในการทดลองของทุกพฤติกรรมการแจกแจง 109

4-11 ผลตอบสนอง r เท่ากับ 6-11 111

4-12 ผลตอบสนอง Q เท่ากับ 50-80 112

4-13 ผลตอบสนอง r เท่ากับ 5-15 114

4-14 ผลตอบสนอง Q เท่ากับ 45-75 115

4-15 ผลตอบสนอง Q เท่ากับ 46-71 และ r เท่ากับ 7-9 116

4-16 สรุปค่าใช้จ่ายรวมของทุกประเภทการแจกแจง 117

4-17 สรุประดับบริการของทุกประเภทการแจกแจง 117

4-18 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95%ของค่าใช้จ่ายรวมของทุกนโยบาย 119

4-19 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของระดับบริการของทุกนโยบาย 119

4-20 สรุปนโยบายที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของทุกประเภทการแจกแจง โดยเรียงลำดับ
จากน้อยไปหามาก 120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-21 สรุปนโยบายที่ทำให้ระดับบริการดีที่สุดของทุกประเภทการแจกแจง โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย 121

5-1 ผลต่างและร้อยละความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ย 124

5-2 ผลต่างและร้อยละความแตกต่างของระดับบริการ 126

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	ความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อุปทานกับสินค้าคงคลัง	1
2-1	การไหลของกิจกรรมการบำรุงรักษาและการผลิต	9
2-2	ประเภทการซ่อมบำรุงในโรงงาน	10
2-3	ความสัมพันธ์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเบิกจ่ายพัสดุอะไหล่เพื่อใช้ในงานซ่อมบำรุงรักษา	19
2-4	การแบ่งกลุ่มวัสดุคงคลังตาม ABC analysis	21
2-5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กับระดับสินค้าคงคลัง	23
2-6	พฤติกรรมของของสินค้าคงคลังแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด	24
2-7	การกำหนดจุดสั่งซื้อและระดับอะไหล่สำรอง	25
2-8	การเคลื่อนไหวของระดับวัสดุคงคลัง ภายใต้นโยบายวัสดุคงคลัง (s,Q)	29
2-9	การเคลื่อนไหวของระดับวัสดุคงคลัง ภายใต้นโยบายวัสดุคงคลัง (s,S)	30
2-10	การเคลื่อนไหวของระดับวัสดุคงคลัง ภายใต้นโยบายวัสดุคงคลัง (T,S)	30
2-11	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงต่อเนื่อง	37
2-12	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ	38
2-13	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงล๊อกปกติ	38
2-14	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล	39
2-15	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงไวบูลล์	40
2-16	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงไม่ต่อเนื่อง	40
2-17	กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปัวส์ซอง	41
3-1	แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	49
3-2	แผนผังการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่	51
3-3	ประเภทของการแจกแจงความน่าจะเป็น	52
3-4	แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและบ่งชี้ปัญหา	52
3-5	ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของอะไหล่ชิ้นส่วนที่ 1	56
3-6	การเคลื่อนไหวของระดับสินค้า ภายใต้นโยบาย T, S	64
3-7	การเคลื่อนไหวของระดับสินค้า ภายใต้นโยบาย Max-Min	65
3-8	โครงสร้างการศึกษาเปรียบเทียบ	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-1	ประเภทของฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็น	71
4-2	ผลการทดสอบพฤติกรรมความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ประเภทการแจกแจงแบบปกติ	73
4-3	ขั้นตอนในการทำงานในแบบจำลอง นโยบาย Q, r	81
4-4	ขั้นตอนในการทำงานในแบบจำลอง นโยบาย Max-Min	82
4-5	แบบจำลองนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min	83
4-6	Create Inventory	84
4-7	กำหนดคุณสมบัติให้กับความต้องการ	84
4-8	การกำหนด Assignments type: Attribute	85
4-9	การกำหนด Assignments type: Variable	85
4-10	การสร้าง Decide module	85
4-11	การสร้าง Separate module	86
4-12	การสร้าง Assign shortage	86
4-13	การสร้าง Num of shortage เพื่อนับจำนวนอะไหล่ขาดมือ	87
4-14	การสร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากอะไหล่ขาดมือ	87
4-15	การกำหนด Assignments ของการคำนวณค่าใช้จ่ายจากอะไหล่ขาดมือ	88
4-16	กาสร้าง Assign module	88
4-17	การสร้าง Num of satisfy	89
4-18	การสร้าง Check for ordering นโยบาย Q, r	89
4-19	การสร้าง Check for ordering นโยบาย Max-Min	90
4-20	การสร้าง Assign order quantity	90
4-21	การสร้าง Assignment ชื่อ “Orderquantity” ของนโยบาย Max-Min	91
4-22	การสร้าง Num of order เพื่อนับครั้งการสั่งซื้ออะไหล่	91
4-23	การสร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อ	92
4-24	การกำหนด Assignments ของการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อ	92
4-25	การกำหนด Delay order leadtime	92
4-26	การสร้าง Set stock	93
4-27	การสร้าง Beginninginventory module	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-28 การสร้าง Set stock 94
4-29 การสร้าง SetstockforCarry module 94
4-30 การสร้าง Assignstockforcarry module 95
4-31 การสร้าง AssignCal_CarryingCost module 95
4-32 การสร้าง Assignments: CarryingCostday 96
4-33 การสร้าง Assignments: SumCarryingCost 96
4-34 ค่าป้อนให้ตัวแปรใน Variable spreadsheet module 97
4-35 การสร้าง Statistic spreadsheet module 98
4-36 แบบจำลองนโยบาย T, S 99
4-37 ขั้นตอนในการทำงานในแบบจำลอง นโยบาย T, S 100
4-38 Module จุดที่แตกต่างจาก นโยบาย Q, r และ Max-Min 101
4-39 การสร้าง Hold module 101
4-40 การสร้าง Pickup module 101
4-41 การสร้าง Dropoff module 102
4-42 การสร้าง Assign order quantity 102
4-43 การสร้าง Assignments order quantity 103
4-44 การสร้าง Dispose module 103
4-45 การเคลื่อนไหวของแบบจำลอง 104
4-46 การเคลื่อนไหวของแบบจำลองของสัปดาห์ที่ 1 104
4-47 การทวนสอบโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล 105
4-48 รายงานผลลัพธ์ของการรันโปรแกรม 105
4-49 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% ของ Total cost 107
4-50 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% ของ Service level 107
4-51 ผลลัพธ์การทดสอบ T-Test จาก Minitab 108
4-52 กำหนดค่าควบคุม Q 111
4-53 กำหนดค่าควบคุม r 112
4-54 กำหนดค่าควบคุม Q ที่ดีที่สุด 113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-55 กำหนดค่าควบคุม r ที่ดีที่สุด 114

4-56 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายรวมพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซองภายใต้นโยบาย Q, r 118

4-57 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยระดับบริการพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซองภายใต้นโยบาย Q, r 118

4-58 ค่าใช้จ่ายรวมของทุกประเภทการแจกแจง 120

4-59 ระดับบริการของทุกประเภทการแจกแจง 121

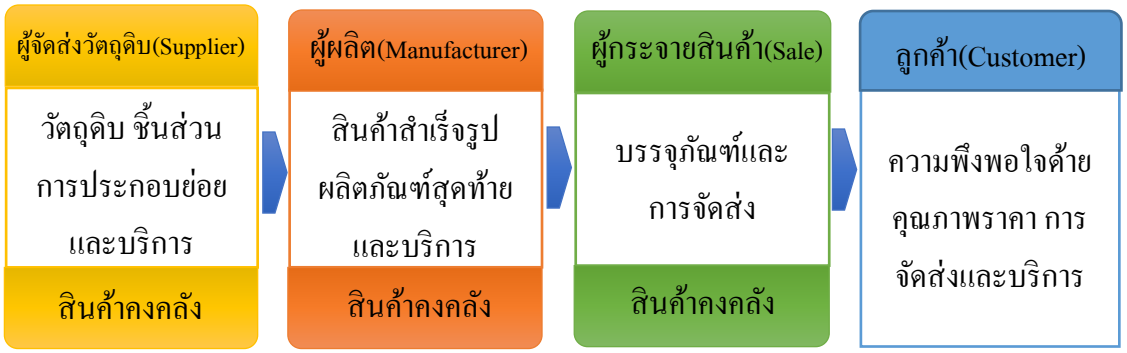
บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดำเนินงานทางด้านอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ โดยมีวัฏจักรการดำเนินการอย่างเป็นระบบประกอบด้วย การริเริ่มแนวความคิด การวางแผน การพัฒนา จนกระทั่งการนำไปปฏิบัติจริง (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2551) เพื่อสร้างประสิทธิภาพของการทำงาน สร้างความเชื่อมั่น และความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า

การผลิตสินค้าและบริการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้านั้น ต้องการปัจจัยนำเข้า (Inputs) ในรูปของวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนจากผู้ขายสินค้าและปัจจัยการผลิตอื่น ๆ เพื่อใช้ทำการผลิตให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป (Outputs) แล้วส่งให้กับลูกค้า ซึ่งกิจกรรมการแปรสภาพและกิจกรรมการจัดจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแก่ลูกค้า จะถูกเชื่อมโยงต่อเนื่องกันเป็นห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือดำเนินงานภายในองค์กร ได้แก่ การจัดการวัตถุดิบ (Material management) ซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้จัดสั่งวัตถุดิบ (Supplier) การจัดเก็บและการผลิตของผู้ผลิต (Manufacturers) ตลอดจนการขาย (Sale) ผ่านผู้จัดส่ง (Distributors) ไปยังลูกค้า (Customers) กิจกรรมเหล่านี้ดำเนินการภายใต้ความไม่แน่นอนทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก จึงต้องการจัดการคลังสินค้าอย่างเหมาะสม ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 ความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อุปทานกับสินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลังเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับธุรกิจ เพราะจัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนรายการหนึ่ง ซึ่งธุรกิจพึงมีไว้เพื่อการผลิตหรือการขายทำให้สามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างราบรื่น สินค้าคงคลังแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ วัตถุดิบ (Raw material) สินค้าคงคลังระหว่างการผลิต (Work in process) ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished goods) และอะไหล่เพื่อการซ่อมบำรุง (Spare part) (อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552) อะไหล่เพื่อการซ่อมบำรุงนั้น ก็เป็นสิ่งสำคัญในธุรกิจไม่ต่างจาก สินค้าคงคลังประเภทอื่น ในปัจจุบันเครื่องจักรเป็นกำลังสำคัญในการผลิตสินค้า ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ส่งผลให้กำไรมากขึ้น และทำให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันท่วงที ด้วยเหตุนี้จึงต้องส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้งานและความน่าเชื่อถือ (Efficiency and Reliability) ของเครื่องจักรอุปกรณ์ ให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพที่ดีนั้นได้จากการวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall equipment effectiveness: OEE) เป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งที่นอกจากทำให้รู้ประสิทธิผลของเครื่องจักรแล้วยังรู้ถึงสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้น คือ สามารถแยกประเภทการสูญเสียและรายละเอียดของสาเหตุ ทำให้สามารถที่จะปรับปรุง ลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรประกอบด้วยผลคูณของ 3 ปัจจัย นั้นคือ อัตราการเดินเครื่อง (Availability) ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance efficiency) และอัตราของดี (Good quality rate: Q) (จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และอภิสิทธิ์ บุญเกิด, 2553) ซึ่ง OEE จะเป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นสภาพโดยรวมในระบบการผลิตนั่นเอง ซึ่งอัตราการเดินเครื่อง (Availability) ก็เป็นส่วนหนึ่งของประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่ส่งผลทางตรงต่อ อัตราการหยุดทำงานของเครื่องจักร (Breakdown) ถ้าเครื่องจักรหยุดทำงานนาน ก็ส่งผลทำให้อัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ ซึ่งทำให้ OEE ต่ำตามไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นงานการซ่อมบำรุงหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown maintenance) หรืองานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) ก็เกี่ยวข้องกับอัตราการเดินเครื่องทั้งสิ้น และปัจจัยที่จะสนับสนุนให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพได้นั้น คือ การวางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร การเตรียมอะไหล่ชิ้นส่วน (Spare parts) ให้พร้อมสำหรับการซ่อมบำรุง อัตราการหยุดทำงานของเครื่องจักรต้องน้อยที่สุด (Breakdown) (กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์, วราภพ แซ่ชิน และอภิชิต มณีงาม, 2556)

การบริหารจัดการอะไหล่เพื่อการซ่อมบำรุงนั้น เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนในสายการผลิต ปัจจุบันพบว่า ภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการจัดเก็บอะไหล่ที่มากเกินความจำเป็นในการใช้งาน (กนกพร ศรีปฐมสวัสดิและคณะ, 2556) เนื่องจากต้องการมีอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในขณะเกิดความเสียหายได้ทันท่วงที ทำให้มีอะไหล่ที่ไม่เคลื่อนไหวหรือเคลื่อนไหวช้าหรือเกิดการเสื่อมสภาพก่อนการเบิกไปใช้งาน (Dead stock) เก็บไว้

เป็นจำนวนมาก (ขวัญชัย หักทะเล, 2557) ส่งผลให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดค่าเสียหายและค่าเสียโอกาสต่าง ๆ ตามมา ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการแข่งขันทางธุรกิจของบริษัทได้ ในขณะเดียวกันหากมีการสำรองอะไหล่ไว้ไม่เพียงพอ ก็อาจส่งผลให้การผลิตหยุดชะงัก และเกิดความเสียหายที่ตามมาเช่นกัน ดังนั้น การจัดการอะไหล่วัสดุควรจะอยู่ในระดับที่เหมาะสม

ความต้องการของอะไหล่เพื่อการซ่อมบำรุงมีสัมพันธ์กับอัตราการเดินเครื่องจักร ซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง การจัดเตรียมชิ้นส่วนอะไหล่เหล่านี้จึงต้องทำให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการใช้งาน (กิรณา มหิพันธ์, 2560) จากการสำรวจงานวิจัยในอดีตพบว่า มีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามจะพัฒนาและปรับปรุงแนวทางในการจัดการสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุง โดย กริณา มหิพันธ์ (2560) ได้นำเสนอการนำพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการอะไหล่มาพิจารณาในการจัดการอะไหล่ ซึ่งเป็นพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution) และแบบปัวซ์ซอง (Poisson distribution) โดยพิจารณานโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ 3 นโยบาย คือ นโยบาย Q, r นโยบาย Max-Min และนโยบาย T, s, S ซึ่งดัชนีในการเปรียบเทียบคือ ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด และระดับบริการที่ยอมรับได้ พบว่า นโยบาย Max-Min มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุดและระดับบริการดีที่สุด วรปรัชญ์ พูนสวัสดิ์ (2561) ได้พิจารณาพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการของอะไหล่แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution) ซึ่งมีพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการเป็นแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution) โดยนำมาพิจารณานโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ 3 นโยบาย คือ นโยบาย s, S นโยบาย s, Q และนโยบาย T, s, S ซึ่งดัชนีในการเปรียบเทียบ คือ ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุดและระดับบริการยอมรับได้ พบว่า นโยบาย s, S มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุดและระดับบริการดีที่สุด ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic order quantity: EOQ) เหมาะสมกับความต้องการ (Demand) และช่วงเวลานำ (Lead time) ที่มีลักษณะคงที่ สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการแบบต่อเนื่อง (Continuous demand) ในสถานการณ์ความเป็นจริงแล้ว ความต้องการที่ช่วงเวลานำ มีค่าคงที่เหล่านี้เป็นไปได้ยาก เนื่องจากความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงความต้องการและช่วงเวลานำ ดังนั้นการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอะไหล่คงคลังที่พารามิเตอร์มีค่าไม่แน่นอนจึงเป็นเรื่องสำคัญยิ่ง (บรรหาญ ลิลา, 2553) อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการแบบต่อเนื่องก็มิใช่ว่าจะไม่เกิดขึ้นเลย เพื่อให้การพิจารณาการบริหารจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ครอบคลุม ทั้งพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution) และพฤติกรรมการการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่อง

(Discrete distribution) ซึ่งยังมีพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นอีกหลายรูปแบบที่สมควรนำมาวิเคราะห์ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเสนอการเปรียบเทียบนโยบายการควบคุมจัดการวัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีความสำคัญกับเครื่องจักร โดยพิจารณาพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นของความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีเป้าหมายให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด อันประกอบด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering cost) ต้นทุนการเก็บรักษา (Carrying cost) ต้นทุนการขาดชิ้นส่วนอะไหล่ (Shortage cost) มีค่าต่ำที่สุด (พิภพ เล้าประจง, 2536) และระดับบริการที่ยอมรับได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่สำคัญในกระบวนการผลิต ระหว่างกรณีที่ความต้องการอะไหล่มีพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution probability) และไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution probability)

สมมติฐานของงานวิจัย

นโยบายของการจัดการอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร มีพฤติกรรมการแจกแจงที่เกิดขึ้นทั้งสองแบบ คือ แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง จากการศึกษางานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอะไหล่ซ่อมบำรุง พบว่านโยบายที่เหมาะสมกับอะไหล่ชิ้นส่วนที่มีความต้องการไม่ต่อเนื่อง คือ นโยบาย Max-Min (กิรณา มหิพันธ์, 2560; วรปรัชญ์ พูนสวัสดิ์, 2561) และยังพบอีกว่านโยบาย Q, r เหมาะสมกับความต้องการ และช่วงเวลานำที่คงที่และต่อเนื่อง ในสถานการณ์จริงนั้นชิ้นส่วนอะไหล่มีพฤติกรรมการแจกแจงที่แตกต่างกัน มีทั้งความต้องการต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งพฤติกรรมความต้องการก็มีหลายประเภท เช่น พฤติกรรมแบบต่อเนื่องความต้องการเป็นแบบปกติ (Normal Demand) พฤติกรรมแบบไม่ต่อเนื่องความต้องการเป็นแบบปัวซอง (Poisson) ทางผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า ชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีพฤติกรรมการแจกแจงที่แตกต่างกัน ก็จะเหมาะสมกับนโยบายที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการทดสอบหาความเหมาะสม ของแต่ละพฤติกรรมความต้องการ กับนโยบายการจัดการอะไหล่คงคลัง โดยดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบ คือ ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดและระดับบริการที่ยอมรับได้ อาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม ARENA ภายใต้ข้อเท็จจริงเสมือนสถานการณ์จริงของข้อมูลในอดีตที่สามารถเชื่อถือได้

กรอบแนวคิดในงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะนำเสนอพฤติกรรมความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง โดยจะค้นหานโยบายที่เหมาะสมของพฤติกรรมความต้องการแต่ละแบบ ซึ่งจะคัดเลือกพฤติกรรมความต้องการที่เกิดขึ้นจริงจากการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ โดยใช้ข้อมูลในการทดสอบ 52 สัปดาห์ และข้อมูลที่พิจารณาความต้องการเกิดขึ้นต้นสัปดาห์เสมอ คำนึงถึงต้นทุนการดำเนินการ ที่ประกอบไปด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering cost), ต้นทุนการเก็บรักษา (Carrying cost) ต้นทุนการขาดชิ้นส่วนอะไหล่ (Shortage cost) รวมถึงช่วงเวลานำของชิ้นส่วนอะไหล่ จำนวนอะไหล่สำรอง (Safety stock) และรวมถึงรอบการหาคำตอบที่เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองโปรแกรม ARENA นำมาทดสอบหาค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสม เพื่อนำมาเปรียบเทียบหานโยบายที่เหมาะสมกับพฤติกรรมความต้องการแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง โดยพิจารณาที่ต้นทุนรวมต่ำที่สุดและระดับบริการที่ยอมรับได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ได้นโยบายการบริการชิ้นส่วนอะไหล่ที่เหมาะสมกับ พฤติกรรมของกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ซ่อมบำรุงของพฤติกรรมแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง
2. ทราบถึงจุดสั่งซื้อและสต็อกความปลอดภัยที่มีความเหมาะสมกับความต้องการในการใช้งานของพฤติกรรมแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาความต้องการชิ้นอะไหล่ซ่อมบำรุงของเครื่องจักรในระบบการผลิตโดยพิจารณาความต้องการของพฤติกรรมแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง
2. ศึกษารูปแบบนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ 3 นโยบาย ได้แก่ นโยบาย Q, r นโยบาย Max-Min และนโยบาย T, S
3. ทราบค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ต้นทุนการดำเนินการ ที่ประกอบไปด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering cost) ต้นทุนการเก็บรักษา (Carrying cost) ต้นทุนการขาดชิ้นส่วนอะไหล่ (Shortage cost) และกำหนดระดับบริการที่ยอมรับได้ของการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่
4. ไม่ทราบปริมาณความต้องการและปริมาณความต้องการแต่ละช่วงเวลาไม่คงที่
5. ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่แต่ละชนิด เป็นอิสระต่อกัน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละรายการเป็นอิสระต่อกัน

6. พฤติกรรมความต้องการเชิงสถิติสามารถวิเคราะห์ได้จากข้อมูลในอดีต
7. การจำลองสถานการณ์ใช้ โปรแกรม ARENA

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อะไหล่เพื่อการซ่อมบำรุง (Spare parts) เป็นวัสดุคงคลังที่นำมาใช้ซ่อมบำรุงเครื่องจักร จะมีการสำรองไว้เผื่อเปลี่ยนเมื่อชิ้นส่วนเดิมเสียหายหรือหมดอายุการใช้งาน โดยต้องมีการควบคุมเพื่อไม่ให้ชิ้นส่วนอะไหล่ขาดแคลน หรือมีการเก็บอะไหล่ที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งจะมีความสำคัญส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

2. วัสดุคงเหลือ (Inventory) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับธุรกิจ เพราะจัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนรายการหนึ่งซึ่งธุรกิจพึงมีไว้เพื่อให้การผลิตหรือการขาย สามารถที่จะดำเนินไปได้อย่างราบรื่น (อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552)

3. จำลองสถานการณ์แบบด้วยโปรแกรม ARENA เป็นการสร้างสถานการณ์สมมติโดยอาศัยข้อเท็จจริงเสมือน สถานการณ์ เพื่อการทดลองตัดสินใจแก้ปัญหาและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาและปรับปรุงการจัดเก็บวัสดุคงคลังประเภทอะไหล่เพื่อส่งผลให้ต้นทุนรวมในการดำเนินงานน้อยที่สุด โดยวิธีที่จะทำได้ศึกษา ได้แก่ ระบบการจัดการสินค้าคงหลัง ระบบการจัดการอะไหล่ ซึ่งทฤษฎีเหล่านี้จะช่วยในการสนับสนุนต่อการพิจารณาการจัดการกับวัสดุคงคลังประเภทอะไหล่ นอกจากนี้ส่วนสุดท้ายของบทนี้จะเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษางานวิจัยนี้และยังเป็นข้อมูลอ้างอิงสนับสนุนงานวิจัยอีกด้วย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นการนำหลักการโดยภาพรวม เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนา สำหรับงานวิจัยนี้สำหรับจัดการเกี่ยวกับวัสดุคงคลังประเภทอะไหล่ เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดเก็บวัสดุคงคลังประเภทอะไหล่ที่พอดีกับการใช้งานและทำให้ต้นทุนรวมในการดำเนินการต่ำที่สุดนี้

การจัดการโซ่อุปทาน (Supply chain management)

ชุติระ ระบอบ (2553) กล่าวว่า การจัดการโซ่อุปทาน (Supply chain management: SCM) หมายถึง รูปแบบที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลไกต่าง ๆ ของโลจิสติกส์เข้าด้วยกัน ทั้งในลักษณะที่เป็นความสัมพันธ์ภายในและความสัมพันธ์กับหน่วยธุรกิจภายนอก เพื่อเสริมสร้างและขยายขอบเขตการเป็นพันธมิตรทางธุรกิจ กำหนดจุดมุ่งหมายในทิศทางเดียวกันมีลักษณะการดำเนินงานเป็นห่วงหรือลูกโซ่ที่มีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันในระบบเครือข่าย (Network) โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญ

ชุติเดช วิศาลกิตติ (2555) กล่าวว่า การจัดการโซ่อุปทาน (Supply chain management) จะประกอบด้วยขั้นตอนทุก ๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมที่มีต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งไม่ได้เพียงแต่อยู่ในส่วนของผู้ผลิตและผู้จัดส่งวัตถุดิบเท่านั้น แต่รวมถึงส่วนของผู้ขนส่งคลังสินค้าพ่อค้าคนกลางและลูกค้าอีกด้วย ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างกันนั้นคือ สายสัมพันธ์ทางธุรกิจ (Business relationship) ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ซึ่งสายสัมพันธ์ที่ดีในทางธุรกิจจะทำให้เกิดความไว้วางใจจะนำไปสู่การเป็นพันธมิตรทางธุรกิจ

ธนภณ เจียรณัย (2556) กล่าวว่า การจัดการโซ่อุปทานเป็นแนวคิดด้านการจัดการที่มุ่งเน้นความสำคัญกับการเพิ่มประสิทธิภาพทั้งระบบ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นด้านการจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงการกระจายสินค้าสู่ลูกค้า โดยมีแนวคิดว่าธุรกิจจะไม่สามารถประสบความสำเร็จได้ถ้าหากมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับจุดใดจุดหนึ่งอย่างแยกส่วน แต่ต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างกันของฟังก์ชันของการทำงานต่าง ๆ ภายในองค์กรทั้งหมด รวมถึงองค์กรภายนอกที่เกี่ยวข้องกันกับระบบโดยรวมทั้งหมด ตั้งแต่ผู้จัดหาวัตถุดิบ ลูกค้า บริษัทขนส่ง คลังสินค้า ผู้กระจายสินค้า จนไปถึงผู้บริโภคสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทั้งระบบ ทำให้ลูกค้าได้รับประโยชน์จากการที่สินค้าและบริการมีต้นทุนที่ต่ำลงและมีระดับการให้บริการที่ดี

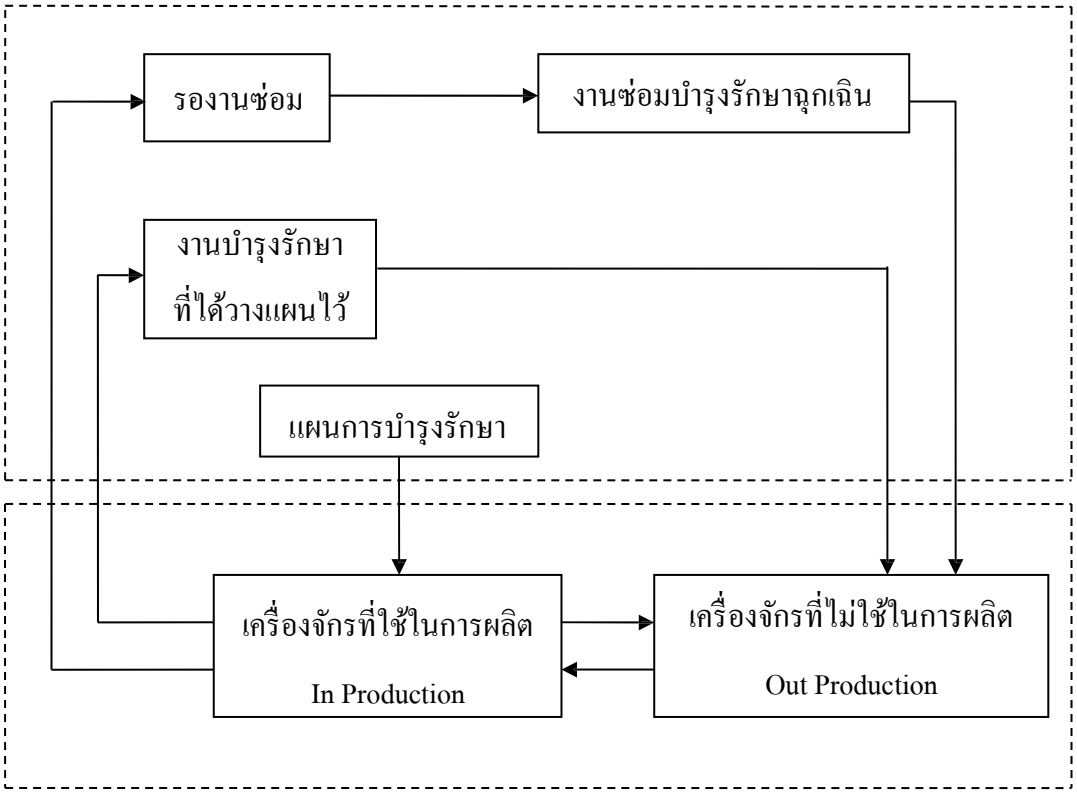
สุนทร ศรีลังกา (2551) กล่าวว่า กลยุทธ์หนึ่งที่ผู้บริหารให้ความสนใจในการทำธุรกิจยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยการแข่งขันก็คือ การจัดการโซ่อุปทาน (Supply chain management) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวกับการจัดซื้อจัดหา การผลิต การกระจายสินค้า การขนส่ง และการจัดเก็บ ซึ่งเชื่อมโยงกระบวนการดำเนินธุรกิจทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกันเป็นเครือข่าย (Network) ที่เกิดการทำงานร่วมกัน (Collaboration) ประสานงาน (Coordination) กันอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การดำเนินงานมีต้นทุนรวมต่ำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งขบวนการเชื่อมโยงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันนี้ไม่ได้ครอบคลุมเฉพาะขั้นตอนต่าง ๆ ภายในองค์กรเท่านั้น แต่ยังเชื่อมต่อกับองค์กรอื่น ๆ ภายนอกด้วยไม่ว่าจะเป็นคู่ค้า ผู้จัดส่งวัตถุดิบ ผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่ายหรือร้านค้า ดังนั้น การบริหารกระบวนการต่าง ๆ ในโซ่อุปทานต้องอาศัยความร่วมมือและทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดในขั้นตอนต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกันทั้งภายในองค์กรและระหว่างองค์กร จึงจะทำให้โซ่อุปทานมีประสิทธิภาพ (Efficiency) อันจะมีผลต่อการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าในที่สุด องค์ประกอบที่สำคัญของการเชื่อมโยงในโซ่อุปทาน ได้แก่ การติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งข้อมูลทางด้านการเงินและสินค้า ซึ่งข้อมูลนี้อาจได้มาจากการประสานงานกันระหว่างโซ่อุปทานภายในบริษัทเอง (Internal Supply Chain) ได้แก่ การประสานงานกันของฝ่ายการตลาด ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายการเงิน ฝ่ายบัญชี ฝ่ายสารสนเทศ ฝ่ายขนส่งและอื่น ๆ ของบริษัท

งานบำรุงรักษา (Maintenance)

1. นิยามของของการบำรุงรักษา (Defining maintenance)

ชวการ เนตรงามทวี (2549) ให้นิยามการบำรุงรักษาว่า การบำรุงรักษาจะถูกสร้างมาจากงานประจำวัน (Day-to-Day) แล้วถูกนำมาตีกรอบ โดยมีบรรทัดฐานมาจากนโยบายและงานที่ถูกมอบหมายเป็นหลัก โดยจะรวมไปถึงการวางแผนตารางเวลาทำงาน การควบคุมและการวัด เป็นต้น

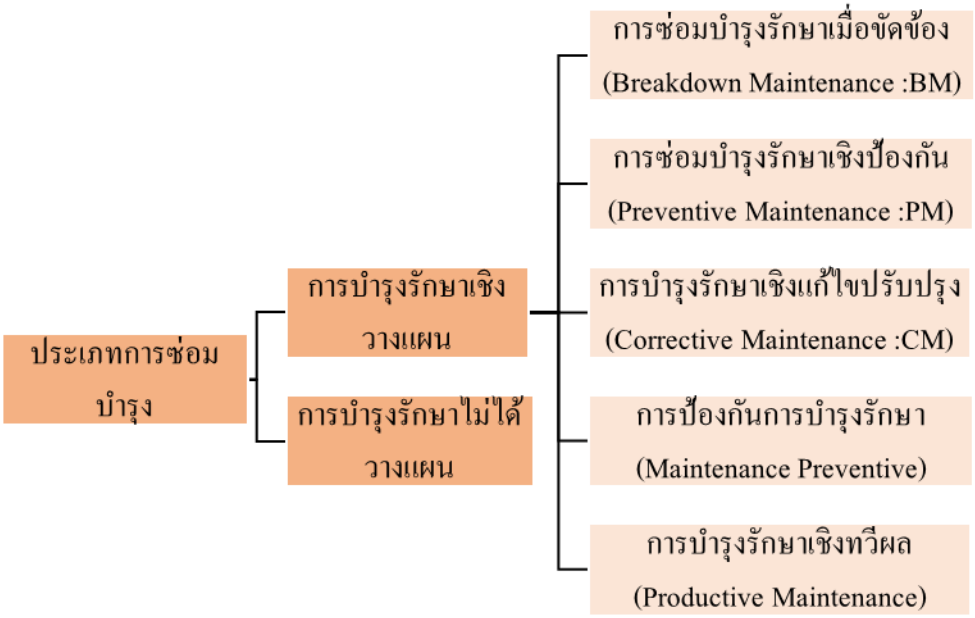
Shenoy,D.,and Bhadury,B. ให้คำนิยามของการบำรุงรักษาเครื่องจักรไว้ว่า การบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นการสงวนหรือรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตให้เป็นไปตามคุณลักษณะเงื่อนไขการทำงาน ซึ่งการบำรุงรักษานี้สามารถครอบคลุมถึงกิจกรรมหรืองานที่มีความสัมพันธ์กับการสงวนรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเป็นการดูแลรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพปกติ



ภาพที่ 2-1 การไหลของกิจกรรมการบำรุงรักษาและการผลิต (เยกสรร สิงห์ธนู, 2550)

2. ประเภทของการบำรุงรักษาเชิงวางแผน (ขวัญชัย หักทะเล, 2557)

การที่จะดำเนินการบำรุงรักษาเชิงวางแผนให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้รูปแบบของการบำรุงรักษา ซึ่งประกอบด้วย



ภาพที่ 2-2 ประเภทการซ่อมบำรุงในโรงงาน (สืบพงษ์ มาลี, 2554)

การบำรุงรักษาแบบมีแผน (Planned maintenance) จะทำตามกำหนดเวลาเพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ให้แน่ใจว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ส่วนมากนิยามว่าเป็นการซ่อมใหญ่ มีการดำเนินการจัดเป็นระบบและวางแผนไว่ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถแน่ใจว่าหน้าที่ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใด ๆ จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง หลีกเลี่ยงการหยุดชะงักและการขัดข้องของเครื่องจักรจึงต้องมีการดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการบำรุงรักษาต่าง ๆ ให้เครื่องจักรและอุปกรณ์มีความเชื่อมั่นสูง และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

2.1 การซ่อมบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง (Breakdown maintenance: BM) ความเสียหายของระบบ ประกอบด้วย ความเสียแบบเรื้อรังและเสียหายแบบฉับพลันการซ่อมบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องเป็นการซ่อมบำรุงรักษา การซ่อมบำรุงเมื่อขัดข้องนั้นไม่ใช่เพียงแค่แก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าให้ระบบกลับมาใช้งานได้ใหม่เท่านั้น แต่ต้องมีการรายงานเหตุความเสียหายที่รวดเร็ว การปรับปรุงแก้ไขให้ระบบใช้ได้อย่างรวดเร็ว การแก้ปัญหาที่สาเหตุและการเก็บข้อมูลการแก้ไข การวิเคราะห์หลัก PM เป็นเครื่องมือในการหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ระบบเสียหาย เพื่อหาทางแก้ไขและป้องกันต่อไป (ขวัญชัย หักทะเล, 2557; สืบพงษ์ มาลี, 2554)

2.2 การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) การซ่อมบำรุงรักษาเมื่อขัดข้อง ไม่ว่าจะเตรียมพร้อมหรือซ่อมบำรุงได้รวดเร็วเพียงใดก็ยังสู้ระบบที่ไม่เกิดการเสียหายไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การทำกิจกรรมบำรุงรักษาอยู่ตลอดเวลา เช่น การทำความสะอาด การตรวจเช็ค การปรับแต่ง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อกำจัดหรือชะลอความเสียหายแบบเรื้อรัง ชิ้นส่วนบางชิ้นไม่ต้องรอให้หมดอายุหรือรอให้เสียหายก็สามารถถอดออกมาซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนชิ้นใหม่ทดแทนได้เลย

2.3 การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective maintenance: CM) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันบางครั้งไม่สามารถทำได้อย่างสะดวก เนื่องจากสภาพระบบที่ออกแบบมีความยากลำบาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดัดแปลงระบบเพื่อให้เกิดความสะดวกในการดูแลบำรุงรักษา รวมทั้งเพื่อให้การใช้งาน การซ่อมบำรุง และการกำจัดแหล่งที่มาของปัญหาต่าง ๆ ทำให้ง่ายขึ้น ด้วยความผิดพลาดในการทำงานและการใช้เครื่องมือบ่อยครั้งเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบเกิดความเสียหาย ดังนั้นจึงต้องมีระบบเพื่อป้องกันความผิดพลาดและการควบคุมด้วยการมองเห็น การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุงเป็นการทำให้เกิดระบบบำรุงรักษา คือ สามารถทำการรักษาด้วยความสะดวกสบาย ไม่ต้องกลัวสกปรกหรืออันตราย เป็นต้น (สืบพงษ์ มาลี, 2554)

2.4 การป้องกันการบำรุงรักษา (Maintenance preventive) ระบบการบำรุงรักษาที่ดีที่สุดในอุดมคติ คือ ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา หรือเรียกว่า ปราศจากการบำรุงรักษา (Maintenance-Free) แต่ในความจริงระบบทุกชนิดก็ไม่สามารถเป็นแบบปราศจากการบำรุงรักษาได้ทั้งหมด การติดตั้งระบบป้องกันการบำรุงรักษา คือ การพยามยามหาอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาใช้ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบเอง หรือการหาซื้ออุปกรณ์ดังกล่าวมาเปลี่ยนทดแทน รวมทั้งการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จากที่ได้กล่าวมาการป้องกันการบำรุงรักษาจึงเป็นการทำให้ระบบอยู่ในสภาพที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษาให้มากที่สุด

2.5 การบำรุงรักษาเชิงทวีผล (Productive maintenance) การบำรุงรักษาทวีผล เกิดขึ้นเพราะเราไม่สามารถใช้การบำรุงรักษาแบบใดแบบหนึ่งที่ผ่านมาเพียงแบบเดียวได้ จึงต้องมีการรวมการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การบำรุงรักษาทวีผลสามารถช่วยแก้ปัญหาการบำรุงรักษาเกินความจำเป็นได้ การบำรุงรักษาทวีผลเป็นพื้นฐาน การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม แตกต่างกันตรงที่การบำรุงรักษาทวีผลเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุงแต่การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเป็นหน้าที่ของทุกคน ในทางเทคนิคแล้วการบำรุงรักษาทวีผล ไม่ใช่รูปแบบการบำรุงรักษาด้วยตัวของมันเองแต่เป็นการรวมเอา การบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน

ส่วนงานซ่อมบำรุงที่ไม่มีแผน (Unplanned maintenance) เป็นการดำเนินงานในรูปแบบที่ไม่ได้นำเสนอไว้ล่วงหน้า แก้ไขตามสภาพความเสียหายที่เกิดขึ้น รูปแบบการบำรุงรักษาไม่มีแผนส่งผลต่อการผลิต การผลิตต้องหยุกรอตั้งแต่การพิจารณาปัญหา เวลาที่รอคอยและซ่อมบำรุง หรือเวลารอคอยอะไหล่ที่ไม่มีอะไหล่ไว้สำรองเพื่อเหตุฉุกเฉิน (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

3. โปรแกรมการบำรุงรักษา (Maintenance program)

3.1 การทำความสะอาดเครื่องจักร การทำความสะอาดเครื่องจักรเป็นแม่บทของการซ่อมบำรุง ซึ่งนอกเหนือจะเป็นกระจก สะท้อนให้เห็นภาพของการจัดการในโรงงานแล้วยังให้ผลสะท้อนถึงความรู้สึกของพนักงาน อีกทั้ง การทำความสะอาดยังนับเป็นก้าวแรกของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน อีกด้วย

3.2 การหล่อลื่น การหล่อลื่นเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับ เครื่องจักรจาการสึกหรอและความร้อนแล้ว การหล่อลื่นยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงาน ของเครื่องจักรสูงขึ้น

3.3 การตรวจสภาพ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีวัตถุประสงค์ เพื่อค้นหาข้อบกพร่องขั้นต้นหรือสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ซึ่งอาจนำไปสู่ความขัดข้อง และสภาพแวดล้อมที่จะต้องได้รับการตรวจสอบแก้ไข เพื่อให้เข้าสู่สภาวะการทำงานปกติของเครื่องจักร

3.4 การปรับแต่งและการปรับเปลี่ยนชิ้นส่วน การซ่อมบำรุงเครื่องจักรแม้ว่าจะมีการรักษาความสะอาดและหล่อลื่นเพียงใด ความสึกหรอของชิ้นส่วนมักเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนและการปรับแต่งชิ้นส่วนจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะให้เครื่องจักรกลับสู่สภาพปกติพร้อมใช้งานภายในขอบเขตที่กำหนดของเครื่อง แต่ละเครื่อง

4. ความสูญเสียอันยิ่งใหญ่ 6 ประการ (จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และอภิสิทธิ์ บุญเกิด, 2553)

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตในแต่ละช่วงเวลาที่ใช้งาน หรือถูกกำหนดจะใช้งานจะมีพฤติกรรมที่จัดเป็นความสูญเสียต่าง ๆ ได้ 6 ประการหลักดังนี้ คือ

4.1 ความสูญเสียจากการที่เครื่องจักรขัดข้องทำให้ต้องหยุดผลิต รวมไปถึงการไม่มีอะไหล่ในการดำเนินการซ่อมอย่างทันทันเวลา ทำให้ต้องหยุดการผลิตทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา

4.2 ความสูญเสียจากการเตรียมงาน การปรับตั้งเครื่องจักร การเปลี่ยนไปผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่อไปจะต้องมีการเตรียมเครื่องจักรก่อน เช่น เปลี่ยนแม่พิมพ์ เปลี่ยนจิ๊กเวลาช่วงนี้ทำให้เกิดความสูญเสีย เนื่องจากเครื่องจักรไม่ได้เดินเครื่องทำการผลิต

4.3 ความสูญเสียจากการหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ หรือการเดินเครื่องเปล่า เช่น การที่เครื่องจักรมีปัญหาชั่วคราว เครื่องจักรสามารถผลิตได้แต่ไม่มีวัตถุป้อนให้กับเครื่องจักร การหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ อันเนื่องจากมีชิ้นงานเข้าไปติดที่เครื่องจักร

4.4 ความสูญเสียด้านความเร็ว หมายถึง การใช้เครื่องจักรด้วยความเร็วไม่ถึงที่ออกแบบไว้ สาเหตุหนึ่งของการสูญเสียนี้ คือ การที่เครื่องจักรเสื่อมสภาพซึ่งจะทำให้รอบการหมุนของเครื่องช้าลง หรือการที่ผู้ปฏิบัติงานไม่กล้าใช้เครื่องจักรที่ความเร็วสูง ๆ ทำให้ไม่สามารถใช้งานเครื่องจักรได้อย่างเต็มสมรรถนะ

4.5 ความสูญเสียจากการผลิตของเสีย เมื่อมีของเสียและต้องทำการซ่อม จะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นเหตุทำให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

4.6 ผลผลิตลดลง การผลิตเสีย การแก้ไขชิ้นงาน และการลดลงของชิ้นงานที่เกิดขึ้นระหว่างการเริ่มเดินเครื่องและการผลิตที่เสถียร

5. การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

OEE (Overall equipment effectiveness) เป็นคำที่รู้จักกันเป็นอย่างดีใน ฐานะตัวเลขที่ใช้บ่งบอกสมรรถนะของโรงงานที่ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในกระบวนการผลิต นอกจากนั้น OEE ยังใช้เป็นตัวเลขในการวัดความสำเร็จของโรงงานที่ดำเนินกิจกรรม TPM หรือเรียกได้ว่าการดำเนินกิจกรรม TPM ก็เพื่อเพิ่มค่า OEE ค่า OEE ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ความพร้อมของเครื่องจักร (Availability: A) อัตราสมรรถนะของเครื่องจักร (Performance rate: P) และอัตราของดี (Good quality rate: Q) โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และ อภิสิทธิ์ บุญเกิด, 2553)

5.1 ความพร้อมของเครื่องจักร (Availability: A) ความพร้อมของเครื่องจักรเกิดจากเวลาสูญเปล่าจากเครื่องจักรหยุดเนื่องมาจากเครื่องจักรขัดข้อง และการสูญเสียจากการปรับตั้งเตรียมงานของเครื่องจักร คำนวณได้ดังสมการที่ 2-1

$$\text{ความพร้อมของเครื่องจักร} = \frac{\text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาสูญเปล่าจากเครื่องหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \times 100\ \% \qquad (2\text{-}1)$$

5.2 อัตราสมรรถนะของเครื่องจักร (Performance rate: P) เวลาเดินเครื่องสุทธิเกิดเนื่องจากเวลาสูญเปล่าจากเครื่องเสียกำลังอันเนื่องมาจากการที่เครื่องจักรหยุดเล็กน้อย ๆ การเดินเครื่องตัวเปล่า และการสูญเสียด้านความเร็วทำให้เครื่องจักรไม่ สามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างเต็มกำลังการผลิตของเครื่อง คำนวณได้ดังสมการที่ 2-2

$$\text{อัตราสมรรถนะของเครื่องจักร} = \frac{\text{รอบเวลาทางทฤษฎี x จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \times 100\% \qquad (2\text{-}2)$$

5.3 อัตราของดี (Good quality rate: Q) การผลิตชิ้นงานของเครื่องจักรนั้นไม่สามารถผลิตชิ้นงาน ออกมาได้ดีเป็นที่ต้องการทั้งหมด อันเนื่องมาจากมีการผลิตชิ้นงาน บางชิ้นที่เป็นของเสีย ทำให้ผลผลิตที่ได้จากการผลิตลดลงคำนวณได้ดังสมการที่ 2-3

$$\text{อัตราของดี} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตที่ได้} - \text{ปริมาณของเสีย}}{\text{ปริมาณผลผลิตที่ได้}} \times 100\% \qquad (2\text{-}3)$$

5.4 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall equipment effectiveness: OEE) (กิรณา มหิพันธ์, 2560) คำนวณได้ดังสมการที่ 2-4

$$\text{ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร} = A \times P \times Q \qquad (2\text{-}4)$$

การวางแผนงานซ่อมบำรุงรักษามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร การวางแผนการบำรุงรักษานั้นจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้เครื่องจักรหยุดทำงานน้อยที่สุด เมื่อเครื่องจักรมีการทำงานเต็มสมรรถนะ การผลิตก็สามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความหมายของวัสดุคงคลัง

วัสดุคงคลัง หรือ วัสดุคงเหลือ (Inventory) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับธุรกิจ เพราะจัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนรายการหนึ่งซึ่งธุรกิจพึงมีไว้เพื่อให้การผลิตหรือการขาย สามารถที่จะดำเนินไปได้อย่างราบรื่น การมีวัสดุคงคลังมากเกินไปอาจเป็นปัญหากับธุรกิจ ทั้งในเรื่องต้นทุน

การเก็บรักษาที่สูง วัสดุคงคลังเสื่อมสภาพ หมดอายุ ล้าสมัย ถูกขโมย หรือสูญหาย นอกจากนี้ยังทำให้สูญเสียโอกาสในการนำเงินที่จมอยู่กับวัสดุคงคลังนี้ไปหาประโยชน์ในด้านอื่น ๆ วัสดุคงคลังแบ่งได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ (อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552)

1. วัตถุดิบ (Raw materials) สินค้าคงคลังเหล่านี้เป็นวัตถุที่ใช้ในการทำชิ้นส่วนที่จะต้องส่งเข้าสู่กระบวนการผลิตและกลายเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งจะมีมูลเพิ่มขึ้น

2. สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการผลิต (Work in process) หลังจากที่กระบวนการผลิต เริ่มต้นโดยการนำวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบที่สั่งซื้อจากภายนอกเข้าสู่กระบวนการผลิตจะมีช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่กระบวนการผลิตจะเสร็จสิ้น ช่วงเวลาระหว่างนั้น สินค้าคงคลังเหล่านั้นอยู่ในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อรอคอยการผลิตขั้นต่อไปให้เป็น ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

3. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished product) อาจจะเก็บอยู่ในโรงงานหรือในคลังสินค้าก่อนที่จะส่งให้กับลูกค้า สินค้าคงคลังประเภทนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนเพื่อบริการและผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

4. อะไหล่เพื่อการซ่อมบำรุง (Spare parts) เป็นวัสดุคงคลังที่นำมาใช้ซ่อมบำรุงเครื่องจักร จะมีการสำรองไว้เผื่อเปลี่ยนเมื่อชิ้นส่วนเดิมเสียหรือหมดอายุการใช้งาน โดยต้องมีการควบคุมเพื่อไม่ให้ชิ้นส่วนอะไหล่ขาดแคลนหรือมีการเก็บอะไหล่ที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งจะมีความสำคัญส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวม (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

อุปกรณ์ในโรงงานการควบคุมระดับของคงคลังด้วยการประเมินว่าจะสั่งของเข้ามาเท่าไหร่ และจะสั่งเมื่อไหร่ ระบบต่อเนื่องจะสั่งของเข้ามาเพิ่มในคลังวัสดุในปริมาณที่กำหนดเมื่อไหร่ก็ตามที่ระดับของในคลังสินค้าลดลงน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับที่กำหนด

ระบบการควบคุมของคงคลัง

ระบบการควบคุมของคงคลังควบคุมระดับของคงคลังด้วยการประมาณว่าจะสั่งของเข้ามาเท่าไหร่และจะสั่งเมื่อไหร่ ซึ่งชิ้นส่วนอะไหล่ก็มีเงื่อนไขของระบบเหมือนกับสินค้าคงคลังประเภทอื่น ๆ (บรรหาญ ลิลา, 2553; อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552)

1. ระบบต่อเนื่องหรือปริมาณการสั่งคงที่ (Continuous or fixed order quantity system) คือ การสั่งปริมาณคงที่ เมื่อระดับของในคงคลังลดลงถึงระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งวิธีนี้ต้องการมีการตรวจสอบระดับของในคงคลังอยู่ตลอดเวลา ปริมาณที่สั่งเข้ามาเพิ่มต้องเป็นปริมาณที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบการเก็บรักษาของคงคลังมีค่าต่ำสุด เรียกว่าปริมาณการสั่งประหยัด (Economic order quantity: EOQ) ข้อดี คือ สามารถทราบปริมาณของระดับสินค้าคงคลังอยู่ตลอดเวลา เพราะต้องมีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเหมาะสมสำหรับสินค้าคงคลังที่มี

ความสำคัญต่อองค์กรเป็นอย่างมาก ระบบนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในปริมาณที่สูง เช่น ในร้านค้าซุปเปอร์มาร์เก็ตที่มีการยิงบาร์โค้ดเมื่อสินค้าถูกซื้อไป

2. ระบบช่วงเวลาหรือระยะเวลาการสั่งคงที่ (Periodic or fixed time period system) คือ เป็นระบบที่มีการตรวจนับระดับของในคงคลังเป็นระยะ ๆ เช่น ทุกสัปดาห์ ทุกเดือน เป็นต้น หลังจากนั้นจะสั่งเข้ามาเพิ่มในปริมาณที่ทำให้ปริมาณของในวัสดุคงคลังอยู่ในระดับที่ต้องการ ในระหว่างนี้จะไม่มีการตรวจนับของในคงคลังแต่อย่างใด ทำให้ไม่ต้องมีระบบบันทึกตลอดเวลา และประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านนี้ แต่ก็ทำให้เสียการควบคุมระดับของในคงคลังอย่างใกล้ชิด ซึ่งบางครั้งทำให้ปริมาณของในคลังวัสดุมากหรือน้อยเกินไป

การบริหารวัสดุคงคลังประเภท ชิ้นส่วนอะไหล่ซ่อมบำรุง

สุชาติ ศุภมงคล (2559) ได้กล่าวว่า วัสดุสำหรับซ่อมบำรุงและปฏิบัติการ (Maintenance repair and operation item: MRO) หมายถึง วัสดุที่ใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเครื่องยนต์ที่ใช้ในโรงงานและครอบคลุมถึงวัสดุที่ใช้ในการปฏิบัติการเป็นประจำ เช่น ครุภัณฑ์ทั่วไป (General hardware) อุปกรณ์ป้องกันภัย เป็นต้น หรือจะกล่าวได้ว่า วัสดุประเภท MRO คือ วัสดุที่ไม่มีส่วนผสมอยู่ในสินค้าสำเร็จรูปเลย

กิตติ กอบบัวแก้ว (2550) ได้กล่าวไว้ว่า การซ่อมบำรุงในภาษาอังกฤษ เรียกว่า Maintenance หมายถึง งานหรือกิจกรรมที่ดำเนินการเพื่อให้เครื่องจักร อุปกรณ์ตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าและบริการอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานในทันทีตามต้องการ หากมีความชำรุดเสียหายเกิดขึ้นแล้วบริษัทจะประสบกับความสูญเสียอย่างน้อยที่สุด 3 ประการ คือ

1. ถ้าเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด จะทำให้โรงงานไม่สามารถทำการผลิตได้หรือผลิตได้ช้าซึ่งอาจส่งผลทำให้ส่งสินค้าตามที่ลูกค้าต้องการไม่ได้และทำให้ลูกค้าลดความน่าเชื่อถือของบริษัทลง

2. เมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตชำรุด พนักงานย่อมต้องหยุดงานแต่บริษัทยังต้องจ่ายค่าจ้างและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ คงที่

3. เมื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุดแม้เพียงหน่วยเดียว อาจทำให้ต้องหยุดเดินเครื่องทั้งระบบการผลิต ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งทางด้านการผลิตและทางด้านการเงินด้วยเหตุต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมานั้น ทำให้การซ่อมบำรุงระบบการผลิตมีความจำเป็นต่อโรงงานเป็นอย่างยิ่ง

การจัดการวัสดุคงคลังประเภทอะไหล่ (Spare part management)

วัฒนา เชียงกูล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์ (2546) ได้กล่าวว่า ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุอะไหล่เป็นสัดส่วนที่สูงมากในค่าใช้จ่ายซ่อมบำรุงทั้งหมด ในบางครั้งมากกว่ากำไรประจำปีเสียอีก ในประเทศอุตสาหกรรมมีการเก็บสำรองอะไหล่โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3-5 ของราคาเครื่องจักร และมีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสำรองประมาณร้อยละ 20-40 ของมูลค่าอะไหล่ที่เก็บสำรอง เหตุผลหลักที่องค์กรธุรกิจต้องลงทุนถึงเพียงนี้ ก็เพื่อปกป้องประกันความสามารถในการผลิตของตนนั่นเอง

การบริการอะไหล่ต้องใช้ความรู้ความสามารถทางด้านเทคนิคมากกว่าการจัดการโดยเฉพาะความรู้ด้านสถิติ การวิเคราะห์ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ สำหรับเป้าหมายของการบริหารจัดการวัสดุคงคลังอะไหล่ หรือเรียกว่า ดัชนีที่เกี่ยวกับ Spare part optimization คือ

1. การหมุนของอะไหล่ (Spare part turnover) เป็นดัชนีที่บอกถึงการหมุนหรือจำนวนรอบการใช้งานในการลงทุนเก็บพัสดุไว้ในคลัง ดัชนีนี้ค่อนข้างมาตรฐานใช้เปรียบเทียบระหว่างธุรกิจได้

2. ความพร้อมของอะไหล่ (Part availability rate, Service level) เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจัดการอะไหล่ของคลังพัสดุที่จะสามารถให้บริการได้ในระดับไหน หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ คือ เปอร์เซ็นต์ที่มีผู้ขอเบิกแล้วได้ของมีมากน้อยเท่าไหร่ เป็นดัชนีที่ค่อนข้างเป็นมาตรฐานใช้เปรียบเทียบระหว่างธุรกิจได้ แต่ข้อเสีย คือ เก็บข้อมูลได้ยาก กำหนดจุดตัดสินใจที่จะบอกว่า Stock out ได้ยาก ดัชนีนี้จะมีความหมายตรงกันข้ามกับ Stock out หรือเปอร์เซ็นต์ที่จะไม่ได้ของเมื่อมีผู้มาขอเบิก Service level เท่ากับ จำนวนรายการที่เบิกได้ครบจากคลังจำนวนรายการทั้งหมดที่เบิกจากคลัง ตัวเลขมาตรฐาน ควรอยู่ระหว่าง 95–97%

3. อัตราอะไหล่ไม่เคลื่อนไหว (Inactive stock) เป็นดัชนีที่บอกถึงรายการพัสดุที่เก็บไว้โดยไม่มีการใช้งานอีกต่อไป ซึ่งมีได้หลายสาเหตุ เช่น ซื้อของไม่ตรงคุณสมบัติที่ใช้ หรือซื้ออะไหล่มาใช้แต่ยกเลิกการใช้เครื่องจักร ทำให้สามารถตัดสินใจลดอะไหล่ลงได้ ดัชนีนี้ต้องพิจารณาอะไหล่ที่เป็น Insurance spare หรือพัสดุที่มีช่วงเวลาในการ จัดซื้อ จัดหา (Lead time) นาน ซึ่งทำให้ต้องเก็บเอาไว้ โดยที่ไม่ค่อยได้ใช้

4. ปริมาณการใช้อะไหล่ (Parts usage) ข้อมูลปริมาณการใช้อะไหล่ แต่ละรายการที่มีการจัดเก็บดีแล้ว ทำให้ทราบถึงอะไหล่ที่มีการเคลื่อนไหวมากหรือน้อย ทั้งในแง่จำนวนและมูลค่า สามารถนำมาใช้ในการวางแผนอะไหล่ได้เป็นอย่างดี เช่น การกำหนดค่าสูงสุด ต่ำสุด ที่ควรจะเก็บ

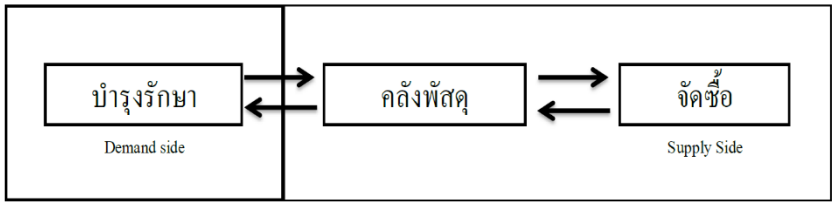
5. แผนการใช้อะไหล่งานบำรุงรักษาป้องกัน (PM Part requirement) งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นงานที่สามารถวางแผนล่วงหน้าได้ตลอดปี ดังนั้น รายการอะไหล่ที่จำเป็นต้องใช้

สามารถจัดรวบรวมเป็นแผนความต้องการการใช้อะไหล่ได้ ทำให้ไม่จำเป็นต้องเก็บอะไหล่จำนวนมากในเวลาเดียวกันแต่สามารถกระจายการซื้อตลอดทั้งปีตามความต้องการได้

6. อัตราการสั่งซื้ออะไหล่เร่งด่วน (Urgent purchase requisition) เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการวางแผนงานบำรุงรักษา ถ้างานส่วนใหญ่เป็นงานประเภทฉุกเฉิน แสดงว่าถูกงานคุม ซึ่งทำให้มีปัญหาเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาจนไม่สามารถวางแผนการใช้อะไหล่ได้ทำให้ต้องซื้อด่วนเสมอ

การทำงานของหน่วยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องวัสดุคงคลัง (ขวัญชัย หักทะเล, 2557)

1. หน่วยซ่อมบำรุงจะเป็นผู้กำหนดข้อมูลอะไหล่ ดังนี้
   1.1 กำหนดอัตราการใช้อะไหล่แต่ละรายการ
   1.2 กำหนดระดับความต้องการของอะไหล่คงคลัง
   1.3 วางแผนการใช้วัสดุอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเชิงรักษา
   1.4 จัดเตรียมข้อมูลของวัสดุอะไหล่ที่จะสำรองคลังและไม่ต้องสำรองคลัง
2. คลังพัสดุ จะมีหน้าที่ดังนี้
   2.1 ตรวจสอบใบเบิก ตัดยอดอะไหล่คงคลัง
   2.2 จัดทำใบเบิกซื้อพัสดุอะไหล่ เมื่อพัสดุอะไหล่หมดคลัง หรือยอดต่ำกว่า Min.Stock
   2.3 ร่วมกับหน่วยซ่อมบำรุงจัดทำ Stock level
   2.4 บริการรายการพัสดุอะไหล่คงคลัง โดยเฉพาะส่วนที่เป็น Common spare part
3. หน่วยจัดซื้อ มีหน้าที่ดังต่อไปนี้
   3.1 กำหนด Lead time หรือช่วงเวลานำ ของการจัดซื้ออะไหล่แต่ละรายการ
   3.2 กำหนดแหล่งซื้อและราคากลางของวัสดุอะไหล่
   3.3 บริหารการจัดซื้อ จัดส่ง ทั้งวัสดุอะไหล่คงคลังและจัดซื้องานให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว
   3.4 จัดทำสัญญาในลักษณะของ Supply management เช่น Blanket order หรือ Vender stock



ภาพที่ 2-3 ความสัมพันธ์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเบิกจ่ายพัสดุอะไหล่เพื่อใช้ในงานซ่อมบำรุงรักษา

องค์ประกอบของการจัดการของอะไหล่คงคลัง

1. ความต้องการ (Demand) สามารถ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ความต้องการอิสระ (Dependent demand) หมายถึง ความต้องการของสินค้าสำเร็จรูป เช่น จำนวนคันของรถยนต์ที่ต้องผลิต ซึ่งชิ้นส่วนอะไหล่จะไม่ใช่ความต้องการประเภทนี้

1.2 ความต้องการไม่อิสระ (Independent demand) หมายถึง ความต้องการชิ้นส่วนประกอบ วัตถุดิบ อะไหล่ชิ้นส่วน และสิ่งอื่น ๆ ที่ใช้ผลิตความต้องการอิสระ (บรรหาญ ลิลา, 2553)

2. การจัดการของอะไหล่คงคลังและคุณภาพ (Inventory and quality management) ความเกี่ยวข้องระหว่างการจัดการของคงคลังและการจัดการด้านคุณภาพ คือ ระดับการให้บริการแก่ลูกค้า (Customer service level) ซึ่งหมายถึงความสามารถขององค์กรในการตอบสนองความต้องการอะไหล่ชิ้นส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่กำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดการด้านคุณภาพก็คือ ต้องการให้มีระดับการให้บริการสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ในทางปฏิบัตินั่นเอง

3. ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมของชิ้นส่วนอะไหล่ (Inventory cost) มีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมของคงคลังอะไหล่อยู่ 3 ด้านที่ต้องพิจารณา คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Carrying หรือ Holding cost) ค่าการสั่งซื้อ (Ordering cost) และค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ (Shortage cost) (บรรหาญ ลิลา, 2553; อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552)

3.1 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Carrying หรือ Holding cost) คือ ต้นทุนในการดูแลจัดเก็บชิ้นส่วนอะไหล่ต่าง ๆ ต้นทุนประเภทนี้จะแปรผันโดยตรงต่อขนาดของชิ้นส่วนอะไหล่ ซึ่งจะคำนวณออกมาเป็นตัวเลขต่อปี และอยู่ในรูปของร้อยละของมูลค่าชิ้นส่วนอะไหล่ จะขึ้นอยู่กับระดับของของคงคลัง และระยะเวลาในการเก็บรักษา ต้นทุนประเภทนี้ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเครื่องมือ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการจัดให้มีอะไหล่คงคลัง ค่าขนส่ง ค่าประกันภัย ค่าของ

เสียหาย ค่าเสื่อมราคา ค่าภาษี และต้นทุนในการสูญเสียโอกาสของเงินทุนที่จมอยู่กับอะไหล่คงคลัง ค่าพื้นที่ในการจัดเก็บ ค่าไฟฟ้า ค่าคนงาน (อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552)

3.2 ค่าการสั่งซื้อ (Ordering cost) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ เป็นต้นทุนที่จ่ายไปเพื่อให้ได้มาซึ่งชิ้นส่วนอะไหล่ประกอบต่าง ๆ เกิดขึ้นเมื่อมีการสั่งซื้อ เราคำนวณต้นทุนชนิดนี้ออกมาในรูปของจำนวนเงินต่อการสั่งซื้อ 1 ครั้ง และต้นทุนนี้จะกำหนดไว้คงที่ ไม่ว่าจะมีการสั่งซื้อในปริมาณเท่าใด ต้นทุนนี้จะไม่แปรผันตามปริมาณอะไหล่คงคลังที่สั่งซื้อ แต่จะแปรผันตามจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ (อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552)

3.3 ค่าใช้จ่ายเมื่อมีสินค้าขาดมือ (Shortage cost) เมื่อมีอะไหล่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จะเกิดค่าใช้จ่าย ได้แก่ ทำให้เกิด ค่าเสียโอกาส (อกนิษฐ์ บุญศิลป์, 2552) หรือบางครั้งรวมถึงค่าปรับจากลูกค้าด้วยเมื่อความต้องการของลูกค้าไม่ได้รับการตอบสนอง ลูกค้าอาจปรับหรือค่าดำเนินการอื่น ๆ ซึ่งเป็นการยากที่จะประเมินค่าใช้จ่ายเหล่านี้ (จิรยุทธ คิ้วเที่ยง, 2551)

ผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้ง 3 เรียกว่า ค่าใช้จ่ายรวมของระบบบริหาร (Total cost) จะเห็นได้ว่าจะมีหรือไม่มีชิ้นส่วนอะไหล่ซ่อมบำรุงบริษัทก็ต้องมีค่าใช้จ่ายดังกล่าว ดังนั้นการวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบบริหารอะไหล่ซ่อมบำรุง จะเป็นวิธีที่ทำให้บริษัทเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในการควบคุมอะไหล่ (จิรยุทธ คิ้วเที่ยง, 2551)

การบริหารอะไหล่คงคลัง

ความสำคัญของการบริการอะไหล่คงคลัง ในภาวะของการผลิตสินค้าปัจจุบันจำเป็นต้องมีการควบคุมค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับอะไหล่คงคลัง เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงาน เพื่อการตอบสนองความต้องการต่อลูกค้าและการแข่งขันที่สูงในการทำธุรกิจ สัญลักษณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้ (บรรหาญ ลิลา, 2553)

Q = ปริมาณการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (หน่วย)

O_{opt} = ปริมาณการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตที่ประหยัดหรือ EOQ (หน่วย)

T = ช่วงเวลาระหว่างการสั่งซื้อ (หน่วยเวลา)

P = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (หน่วยเงินตรา/ ครั้งการสั่ง)

C = ต้นทุนต่อหน่วย (หน่วยเงินตรา/ หน่วย)

D = ปริมาณความต้องการซื้อ

I = ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอัตราผลตอบแทน (หน่วยเงินตรา/ หน่วย/ หน่วยเวลา)

W = ค่าใช้จ่ายด้านการเก็บรักษาและสถานที่ (หน่วยเงินตรา/ หน่วย/ หน่วยเวลา)

TC = ค่าใช้จ่ายรวม (หน่วยเงินตรา)

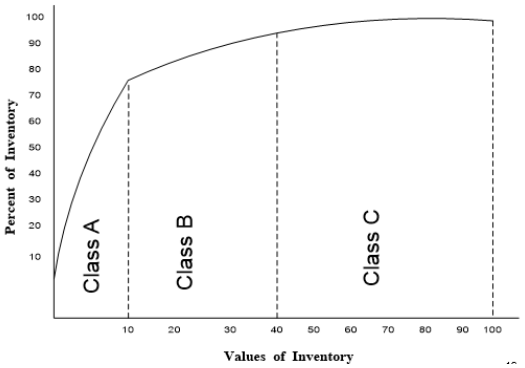
H = ค่าใช้จ่ายรวมของการเก็บรักษา (I+W) (หน่วยเงินตรา/หน่วย/หน่วยเวลา)

L = ช่วงเวลานำ (หน่วยเวลา)

SS = สินค้าสำรอง (หน่วย)

การจัดกลุ่มของวัสดุคงคลังด้วยวิธี ABC (ABC Analysis)

เป็นระบบการจัดกลุ่มวัสดุคงเหลือออกเป็น 3 กลุ่ม ตามมูลค่าของสินค้า คือ A, B และ C อาศัยหลักการของพาเรโตที่มุ่งให้ความสำคัญในวัสดุคงคลังจำนวนน้อยแต่มีมูลค่ามาก โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในรูปของมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ที่มีผลต่อองค์กร เช่น กำไร ต้นทุน หรือยอดขาย (บรรหาญ ลิลา, 2553) โดยสามารถจำแนกอะไหล่ได้เป็นกลุ่ม A ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนน้อยแต่มีอัตราการใช้ต่อปีสูง ในขณะที่กลุ่ม C มีอยู่จำนวนมากแต่มีอัตราการใช้ต่อปีต่ำ สำหรับกลุ่ม B เป็นกลุ่มที่อยู่ระหว่าง A กับ C (จิรยุทธ คิ้วเที่ยง, 2551)



ภาพที่ 2-4 การแบ่งกลุ่มวัสดุคงคลังตาม ABC Analysis

ขั้นตอนการจัดลำดับสำคัญ (ABC Analysis) (พงษ์ทัย กงยนต์, 2558)

1. จัดทำข้อมูลวัสดุคงคลังโดยมีรายละเอียดเป็นจำนวนที่สั่งซื้อต่อปีและราคาต่อหน่วยของวัสดุคงคลังแต่ละชนิด

2. คำนวณหามูลค่าในการซื้อวัสดุคงคลังแต่ละชนิดที่หมุนเวียนในรอบปีนั้น

3. จัดเรียงลำดับข้อมูลตามลำดับของมูลค่าในการซื้อวัสดุคงคลังจากมากไปหาน้อย

4. หาค่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนหน่วยสะสมในแต่ละชนิดของวัสดุคงคลังจำนวนมูลค่าการซื้อสะสม

5. นำเอาค่าเปอร์เซ็นต์มาเขียนกราฟ แล้วแบ่งชนิดของวัสดุคงคลังเป็นชนิด A และ B และ C ตามความเหมาะสม

การจัดกลุ่มของวัสดุคงคลังด้วยวิธี VED (VED analysis)

พงษ์ทัย กงยนต์ (2558) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี ABC นั้นยังไม่สามารถจัดเข้ากับความสำคัญที่มีต่อการทำงานเครื่องจักรได้ ซึ่งอะไหล่สำหรับเครื่องจักรแต่ละส่วนมีความสำคัญต่างกัน ความสำคัญของอะไหล่แต่ละชิ้นจึงคิดเฉพาะตัวอะไหล่ไม่ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดความสำคัญของอะไหล่แต่ละรายการ โดยทั่วไปเครื่องจักร สามารถจัดระดับความสำคัญเป็น 3 กลุ่ม คือ (กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ, วราภพ แซ่ชิน และ อภิชิต มณีงาม, 2556)

1. กลุ่มอะไหล่ที่มีความสำคัญยิ่งยวด (Vital: V) เป็นอะไหล่หลักที่สำคัญมาก ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเครื่องจักรทำให้ไม่สามารถทำงานได้ ทำให้กระบวนการผลิตต้องหยุด ได้แก่ มอเตอร์ขับเกียร์บล็อค อะไหล่ของชุดควบคุมอุณหภูมิลูกกลิ้งรีดแผ่น อะไหล่ของชุดไฮโดรลิกส์ตัดแผ่นพลาสติก และอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ เป็นต้น

2. กลุ่มอะไหล่ที่ความสำคัญมาก (Essential: E) เป็นอะไหล่ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักรบ้าง แต่เครื่องจักรยังทำงานได้ แต่หากทิ้งไว้นานจะส่งผลให้อะไหล่กลุ่ม V เกิดขัดข้องไปด้วย ได้แก่ ชุดวัดอุณหภูมิ ตลับลูกปืน อุปกรณ์ไฮโดรลิกส์ เป็นต้น

3. กลุ่มอะไหล่ที่มีความสำคัญ (Desirable: D) เป็นอะไหล่ที่อาจมีผลต่อการทำงานกับเครื่องจักรบ้างแต่เครื่องจักรยังทำงานได้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น็อต สกรูต่าง ๆ และจารบีหล่อลื่น เป็นต้น

การจัดกลุ่มอะไหล่เข้าใน เอบีซี-วีอีดี เมทริกซ์ (ABC-VED Matrix) การแบ่งกลุ่มอะไหล่เครื่องจักรที่ได้จากวิธี ABC Analysis และวิธี VED Analysis มาวิเคราะห์ร่วมกันในตารางเอบีซี-วีอีดี เมทริกซ์ (ABC-VED Matrix) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของอะไหล่โดยมีเกณฑ์ด้านปริมาณการใช้จากวิธี ABC Analysis และเกณฑ์ด้านความสำคัญของอะไหล่ในการซ่อมบำรุง จากวิธี VED Analysis ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 เมทริกซ์การจัดกลุ่มอะไหล่ในการวิเคราะห์ ABC-VED Matrix

VED / ABC	V		E		D	
	5 คะแนน		3 คะแนน		1 คะแนน	
A 3 คะแนน	AV	3x5=15	AE	3x3=9	AD	3x1=3
B 2 คะแนน	BV	2x5=10	BE	2x3=6	BD	2x1=2
C 1 คะแนน	CV	1x5=5	CE	1x3=3	CD	1x1=1

การนำผลคะแนนของ ABC Analysis มารวมกับค่าถ่วงน้ำหนักของ VED Analysis โดยการนำเอาคะแนนของทั้ง ABC และ VED มาจับคู่กันและคูณกันเพื่อให้ได้กลุ่มใหม่ที่ใช้เกณฑ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

การแบ่งประเภทการควบคุมการจัดการอะไหล่ (พงษ์ทัย กงยนต์, 2558) การแบ่งประเภทการควบคุมการจัดการอะไหล่แต่ละรายการตามเกณฑ์ที่ได้เมทริกซ์ การจัดกลุ่มอะไหล่ออกเป็น 3 ประเภท (Classes) ตามระดับคะแนน ดังนี้

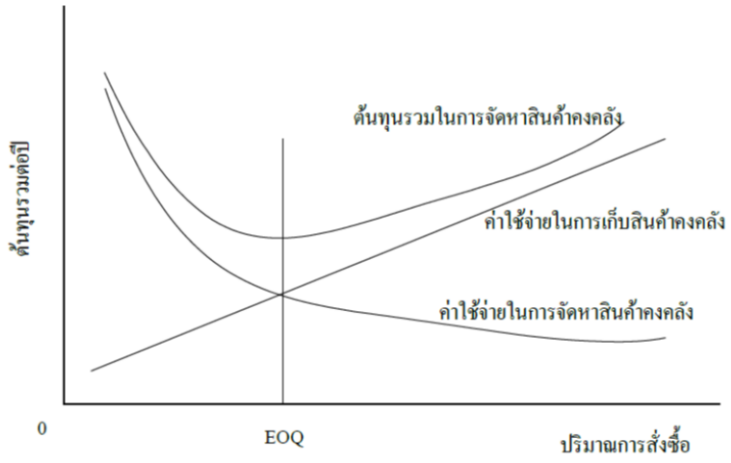
Class 1: AV มีคะแนนมากกว่า 10 คะแนน

Class 2: AE, BV, BE และ CV มีคะแนน 4-10 คะแนน

Class 3: AD, BD, CE และ CD มีคะแนนน้อยกว่า 4 คะแนน

ปริมาณการสั่งเมื่อพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic order quantity: EOQ) จากแนวคิดของการลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บซึ่งเกิดจากเงินลงทุนที่ใช้ในการเก็บรักษาวัสดุคงคลัง ถ้าซื้อวัสดุคงคลังครั้งละมาก ๆ ต้องใช้เงินลงทุนสูงแต่ถ้าจะสั่งครั้งละน้อย ๆ ก็ต้องสั่งบ่อยครั้ง การสั่งซื้อแต่ละครั้งก็จะมี ค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเช่นกัน และถ้าจำนวนน้อยไปวัสดุก็อาจจะขาดมือได้ และอาจจะเกิดขึ้นบ่อย ๆ ตามจำนวนครั้งที่สั่ง ซึ่งอาจจะเป็นจำนวนเงินมากกว่าค่าของการจัดเก็บเสียอีก โดยทำให้หาความพอดีค่อนข้างยากจึงได้มีสูตรคำนวณจำนวนสั่งซื้อที่ดีที่สุดที่อยู่ระหว่างค่าของการเก็บรักษาและค่าของการสั่งซื้อ ตัดกันตรงจุดต่ำสุดทั้งสองฝ่าย (พัชรี ช่วยประดิษฐ์, 2556) ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กับระดับสินค้าคงคลัง

วิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ตามระบบต่อเนื่องหรือปริมาณการสั่งคงที่

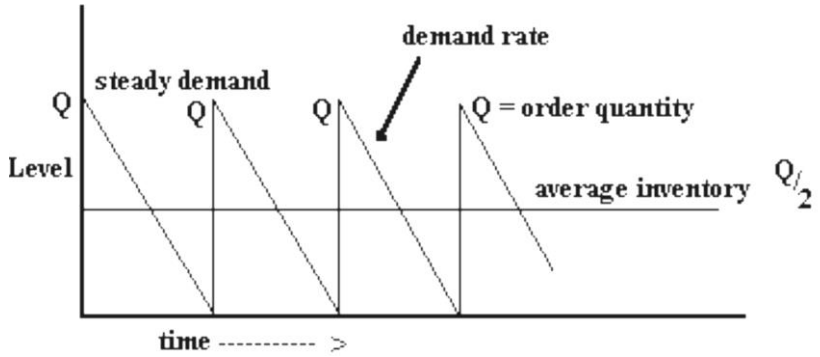
1. ความต้องการเป็นค่าคงที่

2. ปริมาณการสั่งแต่ละครั้งจะเท่ากัน และปริมาณการสั่งนั้นจะทำให้ต้นทุนรวมมีค่าต่ำสุด ประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

3. ช่วงเวลานำตั้งแต่สั่งของจนได้รับของมีค่าคงที่

4. ของที่สั่งจะมาถึงพร้อมกันทั้งหมด และเป็นการเติมสินค้าแบบเฉียบพลัน

5. ไม่มีภาวะของขาดมือ



ภาพที่ 2-6 พฤติกรรมของของสินค้าคงคลังแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

การคำนวณหา ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

$$EOQ = Q_{opt} = \frac{\sqrt{2DP}}{I+W} \tag{2-5}$$

การหาค่าใช้จ่ายรวม

$$\text{ค่าใช้จ่ายรวม } TC = C + \frac{P}{Q} + \frac{(I+W)(Q)}{2D} \tag{2-6}$$

ปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัด (Economic manufacturing quantity: EMQ) EMQ ต่างจาก EOQ คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ต้องเป็นไปตามอัตราการผลิต ดังนั้นการมาถึงคลังสินค้าจะไม่พร้อมกัน การเติมเข้าคลังสินค้าจะไม่เป็นแบบเฉียบพลัน ดังภาพที่ 2-6

ในกรณีนี้ ปริมาณผลิตภัณฑ์สูงสุดจะน้อยกว่าปริมาณที่สั่งผลิต (Q) เพราะขณะที่ทำการผลิตจะมีการใช้ไปพร้อม ๆ กันด้วย

การคำนวณหา ปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัด

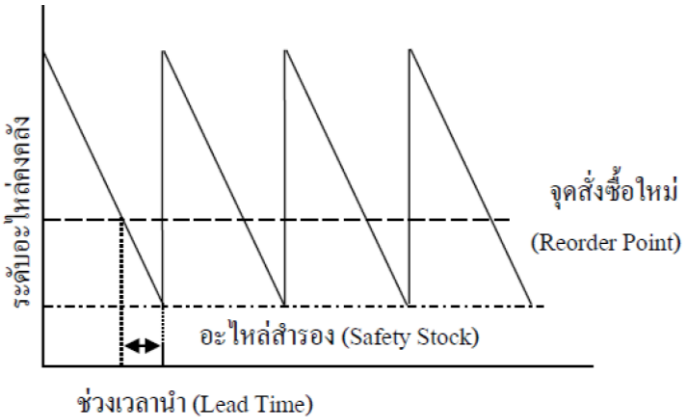
$$EOQ, \quad Q_{opt} = \sqrt{\frac{(2DP)}{(I+W)(1-\frac{d}{M})}} \tag{2-7}$$

การหาค่าใช้จ่ายรวม

$$\text{ค่าใช้จ่ายรวม } TC = C + \frac{P}{Q} + \frac{(I+W)(Q(1-\frac{d}{M}))}{2D} \tag{2-8}$$

จุดสั่งซื้อ (Reorder point; RP)

ระดับสินค้าในคงคลังที่เป็นระดับหรือเวลาที่บ่งบอกว่าควรสั่งของเข้ามาเพิ่มในคงคลังได้แล้ว หรือจุดที่บ่งบอกว่าควรสั่งซื้อเมื่อไรนั่นเองซึ่งขึ้นอยู่กับนโยบายที่ใช้ในการควบคุม (บรรหาญ ลิลา, 2553)



ภาพที่ 2-7 การกำหนดจุดสั่งซื้อและระดับอะไหล่สำรอง (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

จุดสั่งซื้อ

$$ROP = (D \times LT) + SS \tag{2-9}$$

โดย

D คือ ปริมาณความต้องการหรืออัตราการใช้เฉลี่ย (หน่วย/ หน่วยเวลา)

LT คือ ช่วงเวลานำเฉลี่ย (หน่วย/ หน่วยเวลา)

SS คือ อะไหล่สำรอง หรือสต๊อก เพื่อความปลอดภัย

ในทางปฏิบัติ ความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่มีความแปรปรวน ดังนั้นการกำหนดระดับอะไหล่ต่ำสุดในทางทฤษฎี ที่ใช้เพียงจุดสั่งซื้อที่มาจากผลคูณของอัตราการใช้ และช่วงเวลานำอาจไม่มีสามารถการันตีได้ว่าจะเพียงพอต่อการใช้งานได้หรือไม่ จึงจะต้องมีการกำหนดระดับอะไหล่สำรอง หรือเรียกว่า Safety stock

สินค้าสำรองเผื่อ (Safety stock: SS)

ปริมาณสินค้าคงคลังที่จัดให้มีเผื่อไว้ เพื่อความมั่นใจว่าถ้าหาเกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิดขึ้นจะยังมีสินค้าหรือของสำหรับดำเนินการต่อไป เมื่อมีการใช้สินค้าและปริมาณลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อ (Reorder point) หรืออุปสงค์สูงกว่าระดับวัสดุคงคลังสำรองที่เก็บไว้ จุดสั่งซื้อจะใช้เตือนสำหรับการสั่งซื้อรอบถัดไป ทั้งนี้จำเป็นต้องกำหนดปริมาณระดับวัสดุคงคลังสำรองเพื่อป้องกันการขาดแคลน โดยปกติยิ่งมีวัสดุคงคลังสำรองเผื่อไว้มากเท่าไรยิ่งทำให้ความเสี่ยงในการที่สินค้าจะหมดจากคลังน้อยลง ในทางกลับกันมักทำให้ต้นทุนวัสดุคงคลังสำรองก็จะยิ่งสูงขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามวิธีการกำหนดปริมาณระดับวัสดุคงคลังสำรองควรมีเผื่อไว้ในระดับที่เหมาะสมที่สุด คือ กรณีที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณวัสดุคงคลังสำรองดังนี้

$$SS = Z\sigma_d\sqrt{L} \qquad (2\text{-}10)$$

โดย

SS คือ Safety Stock

Z คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) จากความต้องการสินค้า ณ ระดับการให้บริการต่าง ๆ

L คือ ช่วงเวลาการสั่งสินค้า หรือ ช่วงเวลานำ (Lead time)

σ_d คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้า

ระดับบริการลูกค้า (Service level)

ระดับการบริการลูกค้า หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ความต้องการของลูกค้าจะไม่เกินกว่าปริมาณวัสดุคงคลังที่มีอยู่คลังที่มีอยู่ในขณะนั้น

1. ถ้ามีลูกค้าสั่งวัสดุหรือสินค้า 100 ครั้งจะมีแค่ 5 ครั้งที่เราจะไม่มีวัสดุหรือสินค้าให้ทันที (วัสดุหรือสินค้าที่มีอยู่ในคลังวัสดุหรือสินค้าไม่เพียงพอ)

2. ถ้าระดับ Service level สูงจะมีการตัดสินใจว่าจะกำหนดระดับ Service level เป็นเท่าไหร่ต้องคำนึงถึงต้นทุนที่เกิดเพิ่ม คือ ต้นทุนในการเก็บวัสดุหรือสินค้าไว้ในคงคลังในรูปแบบของ Safety stock

3. ถ้าระดับ Service level สูงจะมีต้นทุนในการเก็บวัสดุหรือสินค้าไว้ในคงคลังมากและต้นทุนจากการที่วัสดุคงคลังหรือสินค้าขาด (The cost of a stock out) น้อย

การวิเคราะห์ของคงคลังเมื่อพารามิเตอร์เป็นค่าที่ไม่แน่นอน (Stochastic parameters: สโตคาสติก) (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

ในสภาพความเป็นจริงแล้ว การรู้ปริมาณความต้องการและค่าคงที่ ช่วงเวลานำมีค่าคงที่อัตราการผลิตมีค่าคงที่เหล่านี้เป็นไปได้ยาก ดังนั้นการวิเคราะห์ของคงคลังเมื่อพารามิเตอร์มีค่าไม่แน่นอนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ปัญหาที่พบทั่วไปของการวิเคราะห์แบบนี้ คือ การขาดข้อมูลที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ เพราะต้องอาศัยการแจกแจงของความต้องการและช่วงเวลานำเป็นหลักการของการวิเคราะห์จะใช้พื้นฐานทางสถิติเบื้องต้น กรณีความต้องการ (D) ไม่คงที่ และกรณีช่วงเวลานำ (L) ไม่คงที่

1. ความต้องการที่ไม่คงที่ (Variable demand) เมื่อช่วงเวลานำคงที่ ในกรณีของระบบการควบคุมแบบต่อเนื่อง ระดับของของคงคลังมีการตรวจติดตามอย่างสม่ำเสมอ เมื่อมีข้อมูลที่เพียงพอเชื่อถือได้ จะสามารถประเมินการแจกแจงความต้องการและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้ ในกรณีที่ความต้องการมีการแจกแจงแบบปกติ จุดสั่งซื้อคำนวณได้จากการกำหนดระดับการให้บริการ และการแจกแจงความต้องการและความต้องการเฉลี่ย ($\bar{D}$) (บรรหาญ ลิลา, 2553) ดังสมการที่ 2-11

$$RP = D\bar{L} + Z\sigma_d\sqrt{L} \qquad (2\text{-}11)$$

โดย

σ_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ

Z คือ จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับระดับบริการ

$Z\sigma_d\sqrt{L}$ คือ เป็นจำนวนสินค้าสำรองเผื่อที่ต้องมีเพื่อรับรองระดับการให้บริการ

$\sigma_d\sqrt{L}$ คือ ผลรวมของความแปรปรวนของความต้องการระหว่างเวลาย่อยในช่วงเวลานำ

ความแปรปรวน = ความแปรปรวนรายวันxจำนวนวันในช่วงเวลานำ = $\sigma_d^2 L$ (2-12)

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = $\sqrt{\sigma_d^2 L} = \sigma_d\sqrt{L}$ (2-13)

2. ช่วงเวลานำไม่คงที่ (Variable lead time) เมื่อช่วงเวลานำไม่คงที่ (L) ในขณะที่ความต้องการคงที่แล้วจะต้องสั่งล่วงหน้านานเท่าใดในหน่วยของช่วงเวลาย่อย เช่น กี่วัน กี่สัปดาห์ ต้องมีข้อมูลช่วงเวลานำในอดีตที่เพียงพอและเชื่อถือได้ สำหรับการวิเคราะห์การแจกแจงของช่วงเวลานำและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในกรณีที่การแจกแจงเป็นปกติจะต้องทราบค่าช่วงเวลานำเฉลี่ย (L) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่วงเวลานำ (σ_L)

ช่วงเวลาที่สั่งล่วงหน้า $\bar{L} = + Z\sigma_L$ (2-14)

โดย

Z คือ จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับระดับการให้บริการ

3. ความต้องการและช่วงเวลานำไม่คงที่ (Variable demand and lead time) ในกรณีที่ทั้งสองตัวแปรมีความไม่แน่นอน การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำได้ยากเทคนิคหนึ่งของการวิเคราะห์ที่ทำให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า คือ การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เข้าช่วย อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ต้องการความถูกต้องความต่อเนื่อง และเพียงพอของข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ

4. การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อของระบบการควบคุมแบบช่วง ระบบการควบคุมของคงคลังแบบช่วงเวลาจะต้องมีการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อทุกครั้งเมื่อถึงกำหนดการสั่งทำได้ในลักษณะเดียวกันกับระบบการควบคุมต่อเนื่องเพียงต้องรวมช่วงระยะเวลา การตรวจสอบและจำนวนของในคงคลัง ณ เวลาที่ตรวจสอบด้วย ในกรณีที่การแจกแจงของความต้องการเป็นแบบปกติจะหาปริมาณการสั่งซื้อ ดังสมการที่ 2-15

$$Q = \bar{D}(t_b + L) + Z\sigma_d\sqrt{(t_b + L)} - I \quad (2\text{-}15)$$

โดย

σ_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ

Z คือ จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับระดับบริการ

t_b คือ ช่วงเวลาระหว่างการตรวจสอบปริมาณของในคงคลัง

I คือ จำนวนของในคงคลัง ณ วันที่ตรวจสอบ

$Z\sigma_d\sqrt{t_b + L}$ คือ จำนวนสินค้าสำรองเผื่อที่ต้องมีเพื่อรับรองระดับบริการ

นโยบายวัสดุคงคลัง (Inventory policies)

นโยบายวัสดุคงคลัง หมายถึง การกำหนดว่าจะสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้าเมื่อใด และจะสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้าปริมาณเท่าใด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมของวัสดุคงคลังทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาต่ำที่สุด ดังนั้นควรเลือกใช้นโยบายที่ให้ผลสอดคล้องกับพฤติกรรมการสั่งซื้อมากที่สุด ทินวัฒน์ ขาวเหลือง (2554) ได้เขียนกำหนดสัญลักษณ์ดังนี้ โดยแทนด้วย (*, **)

โดยที่

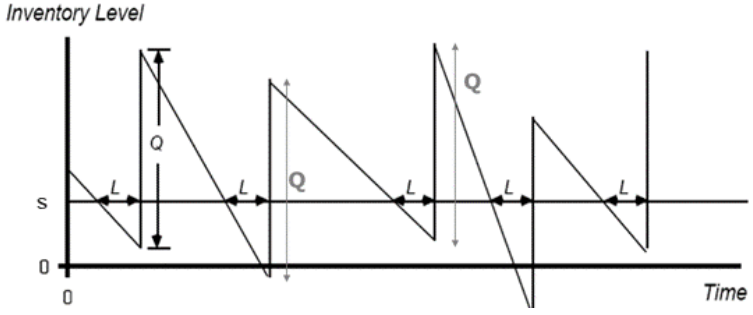
T คือ ช่วงเวลาระหว่างการสั่งซื้อ โดยทุกครั้งเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดจะต้องสั่ง

s คือ ระดับวัสดุคงคลังที่จะต้องสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้า

S คือ ระดับวัสดุคงคลังสูงสุด หรือ ระดับวัสดุคงคลังที่กำหนดไว้

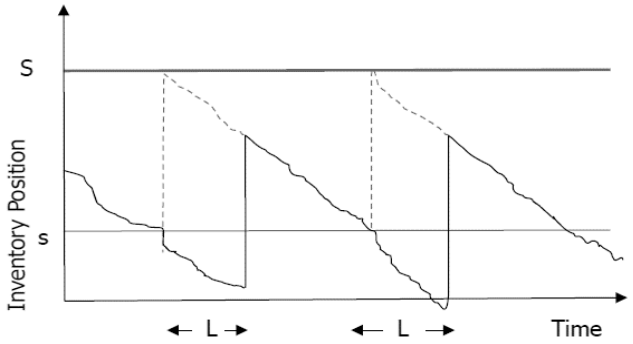
Q คือ จำนวนสินค้าที่จะต้องสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้า

นโยบายการจัดการวัสดุคงคลังแบบ (s,Q) คือ การตรวจสอบปริมาณวัสดุคงคลัง ที่มีอย่างต่อเนื่อง และสั่งซื้อสินค้าเมื่อระดับวัสดุคงคลังมีค่าเท่ากับจุดสั่งซื้อ (s) โดยมีปริมาณการสั่งซื้อคงที่ หรือ Fixed order quantity (Q) วิธีนี้จะทำให้ปริมาณการสั่งซื้อเท่ากันทุกครั้ง แต่รอบการสั่งซื้อมีค่าไม่คงที่



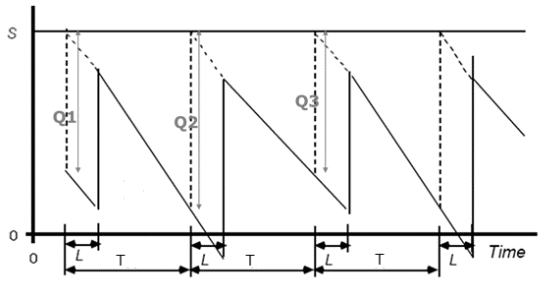
ภาพที่ 2-8 การเคลื่อนไหวของระดับวัสดุคงคลัง ภายใต้นโยบายวัสดุคงคลัง (s,Q)

นโยบายการจัดการวัสดุคงคลังแบบ (*s,S*) หมายถึง จะมีการจัดหาสินค้าเมื่อระดับวัสดุคงคลังลดลงมาถึง s หน่วยหรือต่ำกว่า โดยกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ (*Q*) ขึ้นอยู่กับระดับวัสดุคงคลังที่กำหนด คือ $S = s + Q$ เป็นระบบที่บอกถึงจุดสูงสุด-ต่ำสุดของวัสดุคงคลัง



ภาพที่ 2-9 การเคลื่อนไหวของระดับวัสดุคงคลัง ภายใต้นโยบายวัสดุคงคลัง (*s,S*)

นโยบายการจัดการวัสดุคงคลังแบบ (*T, S*) คือ การตรวจสอบวัสดุคงคลังแบบเป็น ระยะมีช่วงระยะเวลาแน่นอน (Fixed time period) สินค้าจะถูกสั่งซื้อทุกครั้งเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด (T) โดยสั่งซื้อ ให้มีระดับวัสดุคงคลังเท่ากับระดับวัสดุคงคลังสูงสุด (S) ที่บริษัทกำหนด ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน แต่รอบการสั่งซื้อสินค้ามีค่าคงที่ (ไกรวิทย์ สินธุคำมูล, 2560)



ภาพที่ 2-10 การเคลื่อนไหวของระดับวัสดุคงคลัง ภายใต้นโยบายวัสดุคงคลัง (*T,S*)

ตัวแบบ Mixed integer linear programing

กริณา มหิพันธ์ (2560) ตัวแบบ MILP สร้างภายใต้เงื่อนไขที่ค่าความต้องการอาจจะประมาณจากการพยากรณ์ หรือข้อมูลในอดีตได้ โดยกำหนดดัชนี (Indexes) พารามิเตอร์ (Parameters) และตัวแปรในการตัดสินใจ ดังนี้

ดัชนี (Indexes)

i = ชิ้นส่วนอะไหล่ (Spare part) ที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \ldots, k$

t = ช่วงระยะเวลา (Period) ที่ t โดยที่ $t = 1, 2, 3, \ldots, T$

พารามิเตอร์ (Parameters)

$I_{avg,it}$ = จำนวน spare part ชนิด i ที่มีใน period t โดยเฉลี่ย (หน่วย)

$I_{int,it}$ = จำนวน spare part ชนิด i ที่มีในต้น period t (หน่วย)

$I_{end,it}$ = จำนวน spare part ชนิด i ที่มีในปลาย period t (หน่วย)

C_{ci} = ต้นทุนการเก็บรักษา spare part สำรอง ชนิด i (บาท/ หน่วย/ หน่วยเวลา)

C_{oi} = ต้นทุนการสั่งซื้อ spare part ชนิด i (บาท/ หน่วย / หน่วยเวลา)

C_{si} = ต้นทุนการขาด spare part ชนิด i (บาท/ หน่วย)

LT_i = ช่วงเวลานำในการสั่งของ spare part ชนิด i (บาท/ หน่วยเวลา)

d_{it} = ความต้องการของ spare part ชนิด i ใน period t (หน่วย)

M = จำนวนเต็มบวกที่มีค่ามากกว่า 1,000 เป็นต้น

SS_i = จำนวน Spare part สำรองสำหรับชนิด i (หน่วย)

$d_{s,it}$ = ความต้องการของ spare part ชนิด i ที่ตอบสนองได้ใน period t (หน่วย)

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision variables)

Z_{it} = $\begin{cases} 1 \text{ เมื่อทำการสั่ง spare part ชนิด } i \text{ ใน period } t \\ 0 \text{ เมื่อไม่มีการสั่ง spare part ชนิด } i \text{ ใน period } t \end{cases}$

Q_{it} = จำนวน Spare part ชนิด i ที่สั้งซื้อใน period t (หน่วย)

R_{it} = จุดสั่งซื้อเพิ่มของ Spare part ชนิด i ที่สั้งซื้อใน period t (หน่วย)

B_{it} = จำนวน Spare part ชนิด i ที่ขาดในช่วงเวลาที่ t (หน่วย)

การสร้างตัวแบบ MILP จะดำเนินการในลักษณะความต้องการเป็นอิสระต่อกันในแต่ละช่วงเวลา โดยต้นทุนรวมประกอบด้วยต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา และต้นทุนการขาดชิ้นส่วนอะไหล่ ตัวแบบ MILP ดำเนินการภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$Min.TC = \sum_{i=1}^{k}\sum_{t=1}^{T}[C_{Ci}.I_{avg,it} + C_{oi}.Z_{it} + C_{si}.B_{it}] \quad (2\text{-}16)$$

สมการเงื่อนไข

$$I_{int,it} - I_{end,it-1} = 0 \quad (2\text{-}17)$$

$$I_{avg,it} = \frac{I_{int,it}+Q_{it-LT}+I_{end,it}}{2} \quad (2\text{-}18)$$

$$I_{int,it} + Q_{it-LT} - I_{end,it} + B_{it} = d_{it} \quad (2\text{-}19)$$

$$I_{end,it} + Q_{it} \geq R_{it} \quad (2\text{-}20)$$

$$Q_{it} \leq M.Z_{it} \quad (2\text{-}21)$$

$$R_{it} \geq ss_i \quad (2\text{-}22)$$

โดย

$$Q_{it}, R_{it}, I_{avg,it}, I_{int,it}, I_{end,it}, B_{it} \geq 0 \quad (2\text{-}23)$$

$$Z_{it} = \{0,1\} \quad (2\text{-}24)$$

การประเมินต้นทุนรวม ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขจำนวนอะไหล่ (Spare part) เฉลี่ยต่อช่วงเวลา ($I_{avg,it}$) ดังสมการที่ (2-18) และจำนวนอะไหล่คงเหลือเมื่อสิ้นช่วงเวลา t ($I_{end,it}$) จะเป็นอะไหล่ที่พร้อมใช้งานเมื่อต้นเวลาที่ *t+1* ($I_{int,it}$) ดังสมการที่ (2-17) ในแต่ละช่วงเวลา *t* อะไหล่ที่มีประกอบด้วย อะไหล่ที่พร้อมใช้งาน ($I_{int,it}$) จำนวนอะไหล่ที่ได้รับล่วงหน้าเมื่อมีการสั่งล่วงหน้า (Q_{it-LT}) อะไหล่คงเหลือเมื่อชิ้นส่วนเวลา *t* ($I_{end,it}$) จำนวนอะไหล่ที่ขาดในช่วงเวลาที่ *t* (B_{it}) ทั้งหมดจะต้องมีการไหลที่สมดุลกับความต้องการในช่วงเวลา *t* (d_{it}) ดังสมการที่ (2-19) และกำหนดให้จำนวนอะไหล่ที่มีในช่วงเวลาปลายเวลา *t* ($I_{end,it}$) เมื่อรวมกับปริมาณที่สั่งซื้อในช่วงเวลา *t* (Q_{it}) จะต้องมีค่ามากกว่าจุดสั่งซื้อ (R_{it}) ดังสมการที่ (2-20) เนื่องจากเป็นการบังคับให้เกิดการสั่งซื้อ โดยเมื่อมีการสั่งซื้อเกิดขึ้นค่า Z_{it} เป็นตัวแปรแบบ {0,1} ที่กำหนดในสมการที่ (2-24) จะมีค่าเท่ากับ 1 และ 0 เมื่อไม่มีการสั่ง ดังสมการที่ (2-21) และกำหนดให้ช่วงสั่งซื้อในแต่ละช่วงเวลา *t* (R_{it}) จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าจำนวนอะไหล่สำรอง (SS_i) ดังสมการที่ (2-22) รวมถึงกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจในสมการที่ (2-23) จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 สำหรับระดับบริการจะดำเนินการเมื่อเสร็จสิ้นช่วงเวลาการวางแผน โดยระดับบริการของชิ้นส่วนอะไหล่แต่ละชนิดประเมินจากสมการที่ (2-25)

$$SL_i \sum_{t=1}^{T} d_{it} \sum_{t=1}^{T} d_{s,it} = 0 \quad (2\text{-}25)$$

โดยที่ สมการ (2-16) - (2-25) สำหรับ $i = 1, 2, 3, \ldots, k$

และ $t = 1, 2, 3, \ldots, T$

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena simulation ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง (Simulation procedure) การจำลองสถานการณ์โดยอาศัยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้นตัวแบบต้องทำงานได้เสมือนระบบงานจริง โดยขั้นตอนในการศึกษาแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มีดังนี้ (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2553)

1. การกำหนดลักษณะของปัญหาว่ามีอะไรบ้าง
2. การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจน
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของระบบทั้งหมด 25 ตัวแปร เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาเป็นข้อมูลนำเข้า (Input data) ให้กับแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญมาก เพราะการเก็บข้อมูลนำเข้าที่ผิดพลาดจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบจำลองผิดพลาดตามไปด้วย
4. การสร้างแบบจำลอง ที่อธิบายพฤติกรรมของระบบลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Verification) ว่าโปรแกรมที่สร้างนั้นสามารถทำงานได้หรือไม่
6. การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรมรันผ่านแล้วให้ผลลัพธ์ถูกต้องหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบงานจริง และมีการใช้เทคนิคทางสถิติเข้ามาตรวจสอบผลลัพธ์โดยการตั้งสมมติฐานทางสถิติ เพราะผลลัพธ์ ที่ได้จากการจำลองเป็นเพียงค่าประมาณ
7. การวางแผนการทดลองว่าจะใช้ตัวแบบจำลองอย่างไร และทำการทดลองซ้ำจำนวนเท่าใด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมาใช้ในการวิเคราะห์ระบบ
8. การดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้
9. การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากตัวแบบจำลอง รวมทั้งวิเคราะห์วิธีปรับปรุงตัวแบบจำลองเมื่อระบบงานจริงมีการปรับเปลี่ยน
10. การจัดทำเอกสารแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง
11. การนำผลสำเร็จที่ดีที่สุด ที่ได้จากตัวแบบจำลองไปใช้งาน

แบบจำลองควรใช้ในกรณีใดบ้าง

1. เมื่อต้องการปรับปรุงระบบก่อนดำเนินการจริง เช่น การเพิ่มจำนวนเครื่องจักรเข้าไปในจุดคอขวด (Bottleneck station) จะใช้แบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมก่อนที่จะลงทุนจริง

2. เมื่อต้องการเพิ่มทางเลือกให้กับระบบ เช่น การปรับเปลี่ยนผังโรงงาน จะใช้แบบจำลองช่วยในการวางผังโรงงานไว้หลาย ๆ ทางเลือกเพื่อศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในแต่ละผังโรงงานเพื่อเลือกผังโรงงานแบบที่เหมาะสมที่สุด

3. เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานแบบจำลองจะถูกใช้ เพื่อชี้วัดประสิทธิภาพของวิธีการทำงานแบบเก่าและแบบใหม่

4. เมื่อต้องการออกแบบระบบขึ้นมาใหม่ จะใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับระบบ เพราะการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงจะทำให้เข้าใจระบบได้มากยิ่งขึ้น 26

ข้อดีของการใช้แบบจำลอง

1. สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อนและไม่สามารถหาความสัมพันธ์โดยการเขียนสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์หรือใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ได้

2. สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอนาคตของระบบได้โดยใช้เวลาอันสั้นในการประมวลผลลัพธ์ของแบบจำลอง เช่น ต้องการทราบว่าเครื่องจักรที่มีอยู่ มีกำลังการผลิตที่สามารถรองรับความต้องการของสินค้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต 5 ปี ได้หรือไม่

3. สามารถใช้แบบจำลองกับระบบ ที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้

ข้อเสียของการใช้แบบจำลอง

1. การสร้างตัวแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ด้านการใช้โปรแกรมสร้าง

2. แบบจำลองและผู้สร้างต้องมีพื้นฐานทางสถิติ เพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปปรับปรุงต่อได้ ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจในระบบเป็นอย่างดี และมีการเก็บข้อมูลทางสถิติในอดีตอย่างถูกต้อง จึงจะทำให้แบบจำลองนั้นมีความใกล้เคียงกับระบบจริง

3. เนื่องจากตัวแบบจำลอง ผู้สร้างตัวแบบเป็นผู้สร้างทางเลือกให้กับระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองอาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่บ่งบอกถึงทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ

4. ผลที่ได้จากการจำลองมักเป็นค่าประมาณ

คุณลักษณะสำคัญของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์มีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบจำลองชนิดอื่น ๆ ดังนี้

1. เป็นแบบจำลองที่ใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง

2. มีลักษณะการบรรยายหรือการคาดการณ์จริงที่จะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ กัน

3. มีเหตุผลเป็นการตรวจสอบว่าผลที่ได้ต้องอยู่ในขอบเขตของผลลัพธ์ที่คาดคะเนไว้ และสามารถนำผลการทดลองนั้นมาวิเคราะห์ผลได้

4. มีการตรวจสอบความถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการนำค่าพยากรณ์ไปใช้ประโยชน์

5. ลักษณะที่เกิดเป็นการเลียนแบบสถานการณ์จริงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นมา มากกว่าการนำเสนอความจริงของสถานการณ์นั้น ๆ เป็นการลดค่าความเบี่ยงเบนลง เนื่องจากใช้ค่าสุ่มตัวเดียวกันเพื่อลดค่าความแปรผันและเพิ่มความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบที่ต่างกันได้

ประโยชน์ของการจำลองสถานการณ์ (วัลลภ ภูผา, 2557)

ในการใช้รูปแบบการจำลองสถานการณ์เพื่อการตัดสินใจในการแก้ปัญหา นั้นสามารถแจกแจงประโยชน์ได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นการอธิบายให้เห็นเป็นรูปธรรมมากกว่าการใช้เป็นเครื่องมือธรรมดา

2. สามารถทำการทดลองเปลี่ยนตัวแปรที่แตกต่างกันไปตามแต่ละเหตุการณ์ในแบบจำลองเพื่อดูผลลัพธ์ทางเลือก จากนั้นจึงเลือกทางที่ดีที่สุดเพียงทางเดียว

3. สามารถนำมาใช้ในการรวบรวมปัญหาของเหตุการณ์จริงที่มีความซับซ้อนได้

4. สามารถใช้จัดการกับปัญหาได้มากมายหลายชนิด เช่น การจัดการคลังสินค้า การจัดการทรัพยากรบุคคล ฯลฯ

5. สามารถใช้เพื่อคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคตได้อย่างตรงไปตรงมา

ข้อจำกัดของแบบจำลองสถานการณ์

ไม่ว่าแบบจำลองสถานการณ์จะสามารถจำลองและหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงได้ดีเท่าใด ก็ยังคงมีข้อจำกัดบางประการ กล่าวคือ

1. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะต้องใช้เวลาในการจำลองสถานการณ์มาก

2. แนวทางแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้ จะไม่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาอื่น ๆ ได้ เนื่องจากเป็นการรวบรวมเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ

3. วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

การแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability distribution) (วรวุฒิ แซ่เอ้ง, 2558)

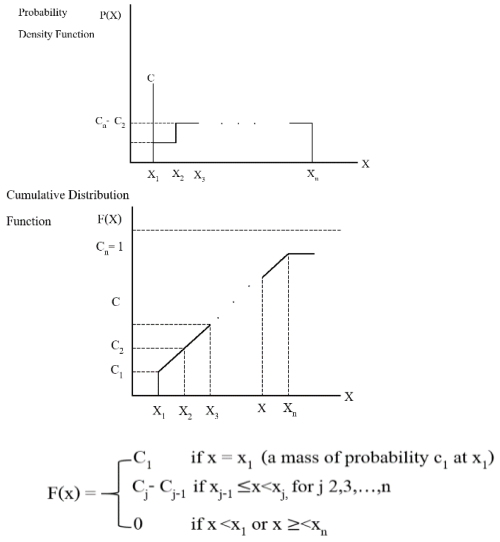
ฟังก์ชั่นการแจกแจง (Distribution function)

ตัวแปรสุ่มในประชากรหรือการทดลองใด ๆ ก็ตาม จะมีรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นอย่างหนึ่ง ซึ่งรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรมีหลายรูปแบบ ในที่นี้จะขอกล่าวถึงที่มีใช้ในโปรแกรม ARENA เท่านั้น ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-2 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่าง ๆ

รูปแบบการแจกแจง	พารามิเตอร์	สัญลักษณ์
การแจกแจงเบต้า	Bata (Beta, Alpha)	BETA (β, α)
การแจกแจงต่อเนื่อง	Continuous (ComP1, Val1, …, ComPn, Valn)	CONT (C1, X1, …, CnXn)
การแจกแจงไม่ต่อเนื่อง	Discrete (ComP1, Val1, …, ComPn, Valn)	DISC (C1, X1, …, CnXn)
การแจกแจงเออร์แลงค์	Erlang (ExpoMean, K)	ERLA (β, k)
การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล	Exponential (Mean)	EXPO (β)
การแจกแจงแกมมา	Gamma (Beta, Alpha)	GAMM (β, α)
การแจกแจงจอร์นสัน	Johnson (Gamma, Delta, Lambda, Xi)	JOHN (γ, δ, λ, ξ)
การแจกแจงล๊อกปกติ	Lognormal (LogMean, LogStd)	LOGN (μ, σ)
การแจกแจงปกติ	Normal (Mean, StdDev)	NORM (μ, σ)
การแจกแจงปัวส์ซอง	Poisson (Mean)	POIS (λ)
การแจกแจงสามเหลี่ยม	Triangular (Min, Mode, Max)	TRIA (a, m.b)
การแจกแจงสม่ำเสมอ	Uniform (Min, Max)	UNIF (a, b)
การแจกแจงไวบูลล์	Weibull (Beta, Alpha)	WEIB (β, α)

1. การแจกแจงต่อเนื่อง (Continuous distribution) มักจะใช้ในการรวบรวมข้อมูลจริงสำหรับรูปแบบตัวแปรสุ่มต่อเนื่องโดยตรง การแจกแจงนี้สามารถใช้เป็นทางเลือกในการแจกแจงทางทฤษฎีที่ได้รับการกำหนดข้อมูลมาให้ เช่น ในข้อมูลที่มีรายละเอียดต่อเนื่องหรือในกรณีที่มีค่าผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น ดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงต่อเนื่อง

โดยมี พารามิเตอร์ CONT (C1, X1, …, CnXn) คือ

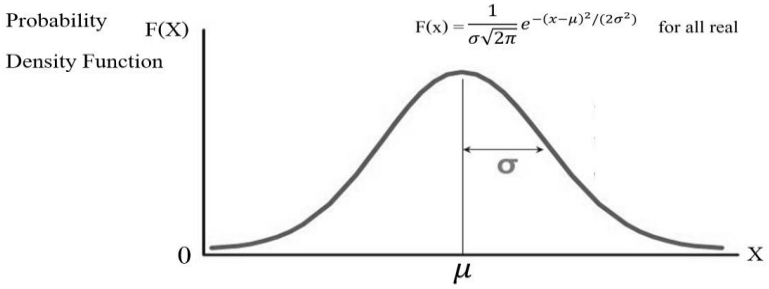
Cumulative probabilities, ComP (C1) คือ ความน่าจะเป็นสะสม

Value, Val (X1) คือ ค่าที่เกี่ยวข้อง

ในโปรแกรม ARENA จะส่งกลับค่าตัวอย่างจากการนิยามการกระจายตัวของผู้ใช้งาน โดยจะเป็นคู่ความน่าจะเป็นสะสมกับค่าที่เกี่ยวข้องที่กำหนดไว้ ค่าตัวอย่างที่ส่งกลับจะเป็นจำนวนจริงระหว่าง X1 ถึง Xn และจะน้อยกว่าหรือเท่ากับแต่ละ Xj ร่วมกับ Cj ค่าของ Xj ต้องเพิ่มขึ้นตามค่า j ค่าของ Cj ทั้งหมดต้องอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ต้องเพิ่มขึ้นตามค่า j และ Cn ต้องเป็น 1

2. การแจกแจงปกติ (Normal distribution) จะใช้ในสถานการณ์ที่ทฤษฎีบทกำหนดศูนย์กลาง นั่นคือ ปริมาณที่มีผลรวมของจำนวนอื่น ๆ ซึ่งมีข้อมูลหลายชนิดโดยธรรมชาติเป็นการแจกแจงปกติ เช่น ค่าความผิดพลาดในด้านขนาด น้ำหนัก หรือปริมาตร นอกจากนี้ยังใช้สำหรับ

กระบวนการสังเกตหลายอย่างที่ปรากฏว่ามีค่าสมมาตร โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น ดังภาพที่ 2-12



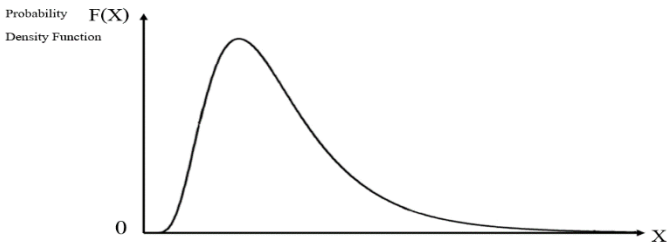
ภาพที่ 2-12 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ

โดยมี พารามิเตอร์ NORM (μ, σ) คือ

ค่าเฉลี่ย (μ) คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด ระบุเป็นจำนวนจริง

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) คือ ค่าที่แสดงความเบี่ยงเบนของข้อมูล ระบุเป็นจำนวนจริงบวก

3. การแจกแจงล๊อกปกติ (Lognormal distribution) ถูกนำมาใช้ในสถานการณ์ซึ่งมีปริมาณการสุ่มจำนวนมากของปริมาณผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการใช้บ่อยในการแสดงเวลาของงานที่มีการกระจายตัวไปทางบวก โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น ดังภาพที่ 2-13



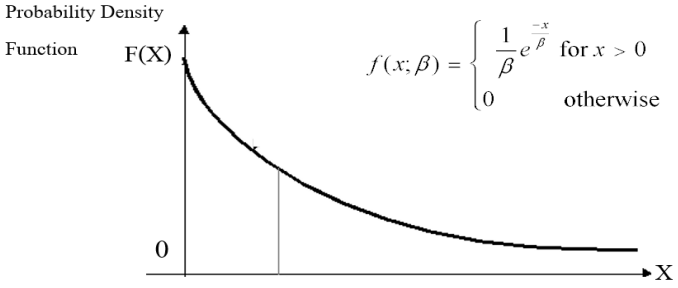
ภาพที่ 2-13 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงล๊อกปกติ

โดยมี พารามิเตอร์ LOGN (μ,σ) คือ

ล๊อกเฉลี่ย (μ) คือ ตัวแปรลู่เข้าสู่ค่าเฉลี่ย

ล๊อกมาตรฐาน (σ) คือ ตัวแปรลู่เข้าสู่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พารามิเตอร์ทั้งสองจะต้องระบุเป็นจำนวนจริงบวกเท่านั้น

4. การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential distribution) มักจะใช้กับรูปแบบเวลาระหว่างเหตุการณ์การมาถึงแบบสุ่ม และกระบวนการที่เสียหาย แต่โดยทั่วไปไม่เหมาะสมกับรูปแบบของกระบวนการที่มีการล่าช้าของเวลา การกระจายตัวนี้จะเป็นประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริการ เช่น ธุรกิจค้าปลีก หรือศูนย์โทรศัพท์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของลูกค้าตลอดทั้งวัน โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นดังภาพที่ 2-14

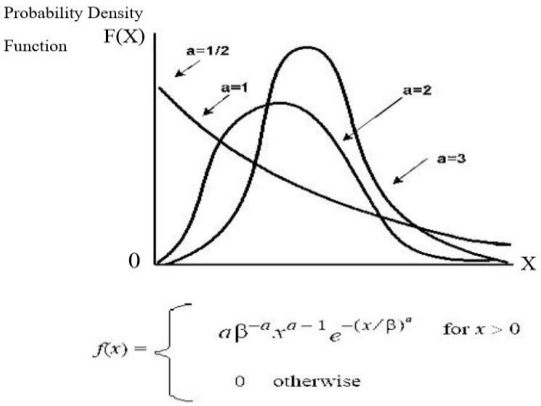


ภาพที่ 2-14 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล

โดยมี พารามิเตอร์ EXPO (β) คือ

เบต้า (β) คือ ค่าเฉลี่ยของการแจกแจง ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงให้ระบุเป็นจำนวนจริงบวก

5. การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull distribution) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในรูปแบบที่น่าเชื่อถือเพื่อเป็นตัวแทนอายุการใช้งานของอุปกรณ์ หากระบบประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมากที่มีความเสียหายไม่เป็นอิสระต่อกัน และหากระบบล้มเหลวเมื่อชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งเสียหายเวลาระหว่างที่เกิดความล้มเหลวสามารถประมาณได้โดยการแจกแจงไวบูลล์ โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น ดังภาพที่ 2-15



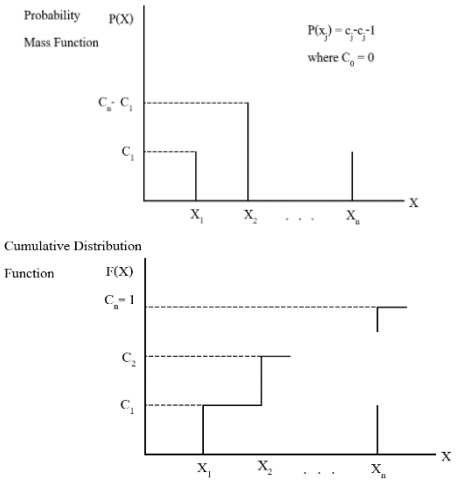
ภาพที่ 2-15 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงไวบูลล์

โดยมี พารามิเตอร์ WEIB (β, α) คือ

เบต้า (β) คือ ค่าขนาดของตัวแปร

อัลฟ่า (α) คือ ค่าภาพทรงของตัวแปร ระบุเป็นจำนวนจริงบวก

6. การแจกแจงไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution) มักจะถูกนำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลการทดลองสำหรับรูปแบบตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่องโดยตรง การแจกแจงนี้มักถูกใช้สำหรับการมอบหมายงานที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น ประเภทงาน ลำดับการเยี่ยมชม หรือการมาถึงของกลุ่มวัตถุ โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นดังภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงไม่ต่อเนื่อง

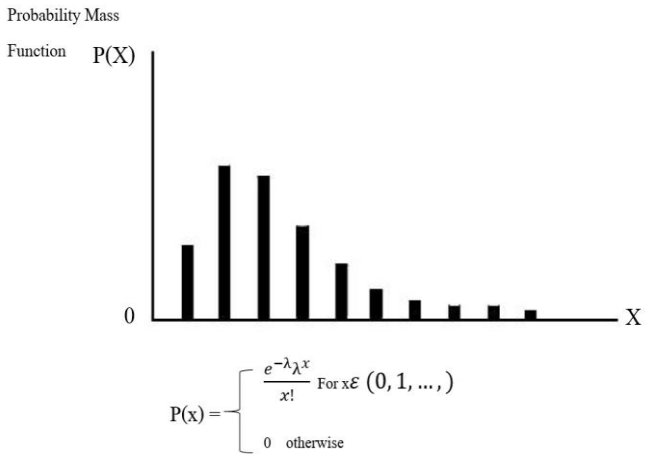
โดยมี พารามิเตอร์ DISC (C1, X1, …, CnXn) คือ

Cumulative probabilities, ComP (C1) คือ ความน่าจะเป็นสะสม

Value, Val (X1) คือ ค่าที่เกี่ยวข้อง

ในโปรแกรม ARENA จะส่งกลับค่าตัวอย่างจากการนิยามการกระจายตัวไม่ต่อเนื่องของผู้ใช้งาน การกระจายตัวนี้นิยามโดยเซตของ n ค่าเป็นไปได้ที่ไม่ต่อเนื่อง แสดงโดย X1, X2, …, Xn ซึ่งสามารถส่งกลับค่า โดยฟังก์ชั่นและความน่าจะเป็นสะสมที่เกี่ยวข้อง แสดงโดย C1, C2, …, Cn กับค่าที่ไม่ต่อเนื่องเหล่านี้

7. การแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) เป็นการกระจายแบบไม่ต่อเนื่องที่มักใช้ในการสร้างแบบจำลองจำนวนเหตุการณ์สุ่มที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด หากเวลาระหว่างเหตุการณ์ต่อเนื่องรูปแบบการแจกแจงจะเปลี่ยนเป็น การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังนั้นแล้ว จำนวนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดจะเป็นการแจกแจงแบบปัวส์ซอง การแจกแจงนี้จะใช้ในการสร้างแบบจำลองแบบกลุ่มทดลองสุ่ม โดยมีกราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่น และฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น ดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 กราฟฟังก์ชั่นความหนาแน่นและฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปัวส์ซอง

โดยมี พารามิเตอร์ POIS (λ) คือ

แลมด้า (λ) คือ ค่าเฉลี่ย ระบุจำนวนจริงบวก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทาน

ธนภณ เจียรณัย (2556); สุนทร ศรีลังกา (2552); ชุติเดช วิศาลกิตติ (2555) ได้นำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ห่วงโซ่อุปทาน โดย ธนภณ เจียรนัย (2556) ได้เสนอแนะการพัฒนากระบวนการโซ่อุปทานยางพาราจากความสัมพันธ์และปัจจัยเชิงการจัดการโซ่อุปทานกรณีศึกษาโซ่อุปทานยางพาราตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยใช้แบบจำลองเชิงระบบเป็นเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งสุนทร ศรีลังกา (2552) ก็ได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง เพื่อศึกษาเกี่ยวกับโซ่อุปทานภายใต้ความแตกต่างของระดับการทำงานร่วมกันเป็นการปรับปรุงสมรรถนะโดยรวมขององค์กร เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ส่วน ชุติเดช วิศาลกิตติ (2555) มีการศึกษากระบวนการห่วงโซ่อุปทานของสินค้า เพื่อหาการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่ดี โดยมีการใช้แบบจำลอง SCOR (Supply chain operation-Reference model) ในระบบห่วงโซ่อุปทานนั้น จะมีความสัมพันธ์กันหลายกระบวนการ ในส่วนของการซ่อมบำรุงก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นเราจึงต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทานเพื่อทำความเข้าใจและสามารถดำเนินการได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้สำเร็จ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษา

ยอดนภา เกษเมือง, เถลิง พลเจริญ, ศุภชัย แสงจันทร์, และกิตติพงษ์ วริศรากุล (2552); จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และอภิสิทธิ์ บุญเกิด (2553); ประจวบ นำนาผล (2554); เษกสรร สิงห์ธนู (2550) ได้ทำการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยทำการศึกษาข้อมูลการทำงานของเครื่องจักร ทำให้ทราบถึงการขาดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ยอดนภา เกษเมือง และคณะ (2552) ได้นำหลักการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มาประยุกต์ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรหรือ OEE เพิ่มขึ้น ยอดนภา เกษเมือง และคณะ (2552) ได้แบ่งสาเหตุของปัญหาออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ ปัญหาจากคน วิธีการทำงานและปัญหาจากลักษณะของเครื่องจักร เช่นเดียวกันกับ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และอภิสิทธิ์ บุญเกิด (2553) ก็ได้ทำการแก้ไขปัญหา OEE ต่ำโดยการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้อง และเพิ่มระบบควบคุมติดตามผลด้านการบำรุงรักษา ส่วน ประจวบ นำนาผล (2554) หลังจากทำการศึกษาปัญหาแล้วพบว่าตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมต่ำนั้น คือ ค่าความพร้อมของเครื่องจักร เนื่องจากอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ เช่นเดียวกันกับ มาโนช ทองเจือ, ณิชกุล ไชยศร, บรรรหาญ ลิลา และชยธัช เผือกสามัญ (2555) ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์ด้วยการบำรุงรักษาด้วยตนเอง งานวิจัยนี้พบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรต่ำนั้นมาจาก

ค่าความพร้อมของเครื่องจักร เนื่องจากอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ เช่นกันกับ ประจวบ นำนาผล (2554) แต่ มาโนช ทองเจือ และคณะ (2555) ใช้ระบบการบำรุงรักษาแบบทวีผลเป็นเครื่องมือในการดำเนินการแก้ไข ระบบการบำรุงรักษาแบบทวีผลก็เป็นส่วนหนึ่งของการบำรุงรักษาแบบมีแผน เช่นเดียวกันกับการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ส่วนเษกสรร สิงห์ธนู (2550) ได้ทำการศึกษาการบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร ปัญหาที่พบคือระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เครื่องจักรเกิดการหยุดกะทันหัน

สืบพงษ์ มาลี (2554) ได้จัดทำฐานข้อมูลงานซ่อมบำรุงระบบเชิงป้องกัน และความสัมพันธ์เกี่ยวกับระบบบำรุงรักษาการจัดทำแผนบำรุงรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน งานวิจัยของ สืบพงษ์ มาลี (2554) จะแตกต่างจากงานวิจัยที่ได้กล่าวไปข้างต้น เนื่องจาก จะเป็นการจัดการกับประสิทธิภาพการทำงานด้านสาธารณูปโภค ภายในอาคาร แต่ สืบพงษ์ มาลี (2554) ก็ยังใช้การวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาของงานวิจัย

ชวการ เนตรงามทวี (2549) ได้ทำการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดการดำเนินการในการซ่อมบำรุง จากปัญหาของงานวิจัยนั้นต้องการสร้างผลกำไรที่เพิ่มขึ้น ให้ทางบริษัทซึ่งกำลังเป็นขาลงของธุรกิจ โดยแผนกที่จะดำเนินการ คือ แผนกซ่อมบำรุง งานวิจัยนี้จะศึกษาการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่อยู่ในกระบวนการผลิตของบริษัทโดยการตอบสนองการซ่อมบำรุงที่รวดเร็วกว่าเดิม ดำเนินการซ่อมให้ใช้เวลาน้อยที่สุด โดยส่วนหนึ่งที่งานวิจัยนี้กล่าวถึง นอกเหนือจากการเตรียมทีมงานการซ่อมบำรุงที่ชำนาญแล้ว คือ การเตรียมความพร้อมของอะไหล่ซ่อมบำรุง ที่จำเป็นในการซ่อมบำรุง

จากงานวิจัยในส่วนของการซ่อมบำรุงรักษานั้น จะเห็นได้ว่าปัญหาที่พบในการซ่อมบำรุงมีหลากหลายทั้งส่วนงานการผลิตเองและส่วนงานด้านการสนับสนุนต่าง ๆ แต่เมื่อเกิดปัญหาขึ้นไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการซ่อมบำรุงที่ไม่เหมาะสมทำให้อัตราการเดินเครื่องจักรต่ำหรือปัญหาเครื่องจักรหยุดกะทันหันนั้น สิ่งที่ต้องรีบดำเนินการ คือ ทำให้เครื่องจักรกลับมาดำเนินการผลิตให้ได้รวดเร็วที่สุด คือ การซ่อมบำรุงและที่สิ่งที่สำคัญในการซ่อมบำรุง คือ อะไหล่ จากงานวิจัยดังกล่าวนั้นก็ปฏิเสธไม่ได้เลยว่า การควบคุมด้านอะไหล่คงคลังก็สำคัญกับกิจกรรมการซ่อมบำรุง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการชิ้นส่วนอะไหล่คงคลัง

ปริญญา จันทรวินิจ และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2554); กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ และคณะ (2556); บรรหาญ ลิลา และคณะ (2559); ทินวัฒน์ ขาวเหลือง (2554); พัชรี ช่วยประดิษฐ (2556); จิรายุทธ คิ้วเที่ยง (2551); เนตรนภา เสียงประเสริฐ (2558) ได้เสนอ การคัดแยกอะไหล่ออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อดำเนินการควบคุมจัดการได้ง่ายขึ้น ปริญญา จันทรวินิจ และศิริจันทร์ ทองประเสริ (2554) ได้ใช้ ABC Analysis ช่วยในการจัดกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่ไม่ต้องการใช้ และจัดกลุ่มความสำคัญของอะไหล่โดยพิจารณา ทั้งความสำคัญด้านอุปกรณ์และด้านอะไหล่ร่วมกับการจัดกลุ่มอะไหล่ตามการเคลื่อนไหว โดยมีการกำหนดนโยบายที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม นโยบายการจัดการอะไหล่คงคลังหมุนช้า อะไหล่ที่หมุนช้าจะเป็นอะไหล่ที่มีความต้องการแบบไม่ต่อเนื่อง ทินวัฒน์ ขาวเหลือง (2554) ได้ประยุกต์ใช้ ABC Analysis สินค้าคงคลังที่มีอัตราของขาด และนำไปคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อไป เนตรนภา เสียงประเสริฐ (2558) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยใช้ ABC Analysis แบ่งกลุ่มวัตถุดิบเพื่อหาระดับความสำคัญของวัตถุดิบแต่ละชนิด แล้วนำข้อมูลไปหาจุดสั่งซื้อใหม่และการสั่งซื้ออย่างประหยัดต่อไป พัชรี ช่วยประดิษฐ (2556) การมีสินค้าคงคลังที่มีปริมาณมากเกินไปส่งผลต่อต้นทุนการจัดเก็บรักษาเพราะสินค้าบางประเภทมีความเคลื่อนไหวที่ช้า โดยได้แก้ไขโดยการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าและหาการสั่งซื้อประหยัด สต็อกเพื่อความปลอดภัย จุดสั่งซื้อใหม่ รวมไปถึงการออกแบบแผนผังการจัดเก็บสินค้าตามชั้นวางสินค้าอีกด้วย จิรายุทธ คิ้วเที่ยง (2551) ได้ศึกษาการบริหารสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุง โดยใช้ ABC Analysis ด้านมูลค่าการใช้งาน เข้ามาแบ่งกลุ่มอะไหล่ชิ้นส่วน และยังใช้ทฤษฎีเรื่องการบำรุงรักษาทวีผล หรือ TPM และกลยุทธการจัดการบริหารงานซ่อมบำรุงเพื่อตอบสนองต่อธุรกิจมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาอีกด้วย ส่วนกนกพร ศรีปฐมสวัสดิ และคณะ; บรรหาญ ลิลา และคณะ (2559) ได้ จำแนกกลุ่มอะไหล่ ด้วยเทคนิคเอบีซี (ABC Analysis) ด้วยเกณฑ์ปริมาณการใช้งาน และกำหนดวิธีการจำแนกกลุ่มอะไหล่ โดยใช้เกณฑ์ค่าความวิกฤติในการซ่อมบำรุง ด้วยเทคนิควีอีดี (Vital-Essential-Desirable: VED Analysis) หลังจากนำมาจัดกลุ่มร่วมกันในตารางเอบีซี-วีอีดี (ABC-VED Matrix) โดยได้กำหนดประเภทอะไหล่เป็นกลุ่ม ๆ และคำนวณปริมาณการจัดเก็บสูงสุด-ต่ำสุด ตามการกำหนดค่าความต้องการใช้อะไหล่ที่ไม่เกิดความเสียหายต่อระบบ และกำหนดค่าระดับการบริการ (Service level)

อกนิษฐ์ บุญศิลป์ (2552) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการวัสดุคงคลังสำหรับงานซ่อมบำรุง โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม โดยแบ่งปัจจัยเป็นสามปัจจัยดังนี้ นโยบายบริหารงาน

ซ่อมบำรุงรักษา การจัดการงานด้านคลังวัสดุ ช่วงเวลาในการจัดซื้อจัดหา และพบว่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมีความสำคัญต่อการจัดการวัสดุคงคลังสำหรับงานซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพ

วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ และสุธีรา ปุลิเวคินทร์ (2560) ได้ศึกษานโยบายการเติมเต็มสินค้าคงคลังที่เหมาะสม พฤติกรรมของการซื้อ คือ สินค้าเข้าที่หลังแต่ถูกจำหน่ายออกไปก่อน ซึ่งทำให้เกิดปัญหา คือ สินค้าที่ใกล้หมดอายุจะไม่ถูกซื้อออกไป ทำให้กลายเป็นสินค้าที่ขายไม่ได้ในอนาคต ดังนั้นจึงมีการประยุกต์การจำลองสถานการณ์ เพื่อพิจารณาการเติมเต็มสินค้าที่เหมาะสม ขวัญชัย หักทะเล (2556); อัญชลี ตามไวย์ (2557); ฑิตฐิตา เรืองโหน่ง (2553); วิทยา มานชู (2554); วัลลภ ภูผา (2557) ได้ประยุกต์ใช้ใช้เทคนิคมอนติคาร์โล โดย ขวัญชัย หักทะเล (2556) ได้ใช้เปรียบเทียบการใช้พัสดุอะไหล่คงคลังเพื่อตอบสนองความต้องการในงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันและเชิงเร่งด่วน โดยได้พิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการสั่งซื้อ ด้วยการทำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อการจัดเก็บเป็นพัสดุอะไหล่คงคลังให้กับการซ่อมบำรุง ซึ่งการสั่งซื้อพัสดุอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และเชิงเร่งด่วน วัลลภ ภูผา (2557) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยคัดเลือกวัตถุดิบที่มีความต้องการใช้มากที่สุดมาใช้พิจารณาในงานวิจัย จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาโดยใช้หลักการ ABC Analysis และกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อของวัตถุดิบ จำลองสถานการณ์เพื่อหานโยบายคำสั่งซื้อที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมในการจัดการสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด อัญชลี ตามไวย์ (2557) ได้ใช้ ABC Analysis แบ่งกลุ่มสินค้าและทำการวิเคราะห์หาระดับสินค้าคงคลังสำรองจากข้อมูลความต้องการ และทำการจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ฑิตฐิตา เรืองโหน่ง (2553) ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลสำหรับหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมของบริษัทผลิตลูกกลิ้งลำเลียง และอุปกรณ์ขับสายพานเนื่องจากการจัดซื้อวัตถุดิบของบริษัทอาศัยประสบการณ์ในอดีตในการตัดสินใจสั่งซื้อวัตถุดิบ ซึ่งหลายครั้งเกิดความผิดพลาดทำให้มีการเก็บสินค้าคงคลังบางชนิดไว้ในปริมาณที่มากเกินไป และบางชนิดไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า วิทยา มานชู (2554) ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหารูปแบบปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของวัตถุดิบไม้ยางพาราแปรรูปในการผลิตพาเลท เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อไม้ยางพาราที่เหมาะสม

Wan and Li (2008) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองของปัญหาที่มีข้อจำกัดเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (Constrained optimization problem) ของระบบสินค้าคงคลัง (s, S) ด้วยระยะเวลาสั่งซื้อที่ไม่แน่นอนและข้อจำกัดด้านระดับการให้บริการ (Stochastic lead-time and a service level constraint)

โดยใช้โปรแกรม ARENA และหาประมาณค่าโดยฟังก์ชัน OptQuest ได้ข้อสรุปว่าโปรแกรม ARENA และฟังก์ชัน OptQuest สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหา Constrained optimization problem ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกันกับ ตะวันฉาย โพธิ์หอม (2556) ก็ใช้โปรแกรม ARENA ในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง

Willem van Jaarsveld, Twan Dollevoet and Rommert Dekker (2015); กิรณา มหิพันธ์ (2560); วรปรัชญ์ พูนสวัวดิ์ (2561) ได้มีการกำหนดนโยบายวัสดุคงคลัง โดย Willem van Jaarsveld et al (2015) ได้ทำเรื่องการควบคุมสินค้าคงคลังของอะไหล่เครื่องบิน การตรวจสอบถึงข้อบกพร่องที่แสดงถึงความต้องการอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุง และการขาดแคลนอะไหล่ซ่อมบำรุงนั้นจะทำให้เกิดการชะลอการซ่อมแซม ในขณะเดียวกันผู้ประกอบการต้องการให้การซ่อมแซมแต่ละครั้งใช้เวลาสั้นที่สุด การซ่อมแซมและสินค้าคงคลังของพวกเขาจะควบคุมการใช้ (s, S) นโยบาย วิธีการแก้ปัญหา ใช้การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer programming formulation) วิธีการใหม่ได้รับการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดราคา การจับคู่กับขั้นตอนการปัดเศษที่มีประสิทธิภาพ วิธีแก้กรณีในชีวิตจริงของปัญหาประกอบด้วยอะไหล่ชิ้นส่วนเป็นพันชิ้น ซึ่งจะต้องใช้เวลาประกอบในไม่กี่นาที วรปรัชญ์ พูนสวัสดิ์ (2561) ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาเลือกใช้นโยบายการสั่งซื้อที่กำหนดตามข้อมูลความต้องการใช้วัสดุที่เกิดขึ้นในอดีต โดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการจัดการงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ประยุกต์ใช้หลักการบริหารสินค้าคงคลังเพื่อประเมินนโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนการจัดการรวมของวัสดุคงคลังโดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เลียนแบบระบบการจัดการวัสดุคงคลังของบริษัท เพื่อประเมินปริมาณการสั่งซื้อ รอบการสั่งซื้อวัสดุ จุดสั่งซื้อ และระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ตามนโยบายการจัดการวัสดุคลัง 4 แบบ คือ ประเมินคำตอบของนโยบายเดิมของบริษัท นโยบาย s, S นโยบาย s, Q และนโยบาย T, s, S ใช้การจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ผลการวิจัยพบว่าในกรณีที่ทราบความต้องการตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลลัพธ์ที่มีต้นทุนการจัดการรวมเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบอื่น ๆ สำหรับกรณีที่ไม่ทราบความต้องการตัวแบบ นโยบาย s, S กิรณา มหิพันธ์ (2560) ได้ศึกษานโยบายการจัดการพัสดุคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงของเครื่องจักร เมื่อมีปริมาณความต้องการต่ำ ไม่ต่อเนื่องแต่มีความผันแปรสูง โดยเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบ Q, r ตัวแบบ Max-Min ตัวแบบ T, s, S สำหรับกรณีที่ไม่ทราบความต้องการและตัวแบบคณิตศาสตร์ชนิดโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับกรณีที่ทราบความต้องการอะไหล่จำนวน 15 ชนิด ที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง 10 ชนิด และแบบลอคนอร์มอล 5 ชนิด ใช้การจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล ส่วนตัวแบบคณิตศาสตร์จะประเมินคำตอบที่ดีที่สุดด้วยเอ็กเซลโอเพ่นโซลเวอร์ 2.8.6 กรณีที่ทราบความต้องการตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม

จะให้ผลลัพธ์ที่มีต้นทุนการจัดการรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด สำหรับกรณีที่ไม่ทราบ ความต้องการตัวแบบ Max-Min ให้ผลลัพธ์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด งานวิจัยที่พิจารณาความต้องการพฤติกรรมการแจกแจงแบบอื่นที่นอกจากการแจกแจงแบบปกติ เช่น Begum, Sahoo, Sahu, and Mishra (2010) การพัฒนานโยบายเพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนสินค้า สำหรับสินค้าที่เกิดการเสื่อมสภาพด้วยความต้องการที่ไม่อิสระมีการแจกแจงแบบไวล์บูล และRakesh Prakash Tripathi, Disesh Singh and Tushita Mishra (2014) ได้ใช้ EOQ สำหรับการจัดการอะไหล่ที่มีความต้องการแบบเอ็กโปเนนเชียล ซึ่งได้ใช้ ค่าใช้จ่ายรวมในการพิจารณาตัวแบบโดยใช้โปรแกรม Mathematica 7

จากงานวิจัยที่กล่าวไปทั้งหมดนั้น จะเห็นได้ว่ายังขาดการ พิจารณาพฤติกรรมความต้องการความน่าจะเป็นของทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบกันนั่นก็คือ ความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องกับความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะใช้โปรแกรม ARENA เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ผลลัพธ์โดยจะใช้ดัชนีที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ กิรณา มหิพันธ์ (2560); วรปรัชญ์ พูนสวัสดิ์ (2561) คือ ค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ และการศึกษาการควบคุมการจัดการอะไหล่คงคลังต้องมีการกำหนดนโยบายซึ่งก็มีงานวิจัยที่ได้กล่าวไปหลายท่านนำเสนออยู่ซึ่งก็เป็นตัวอย่างที่ดีที่ทางผู้วิจัยจะนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของผู้วิจัยต่อไป

บทที่ 3

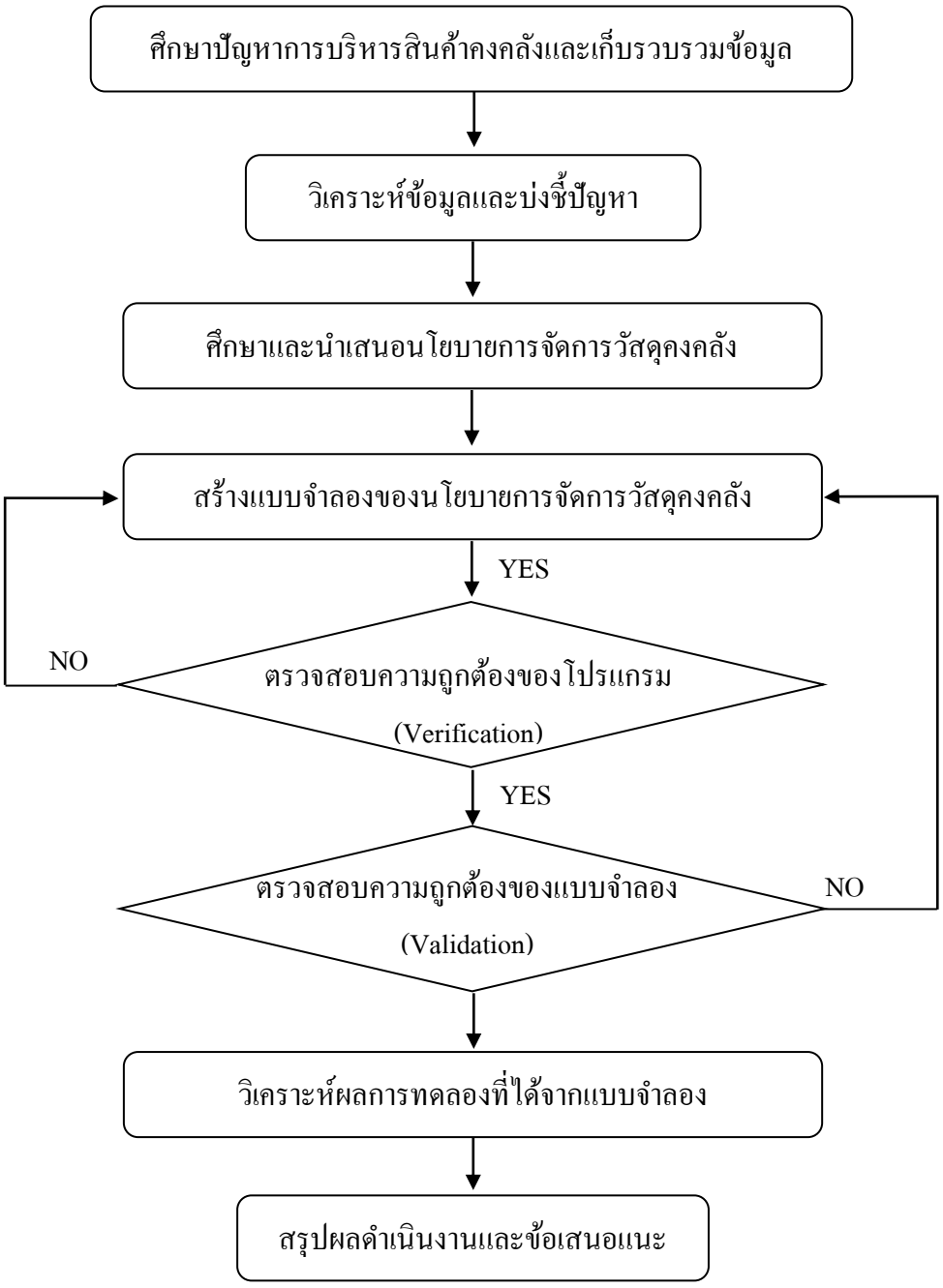
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะเสนอแนวทาง การศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการจัดการเกี่ยวกับการควบคุมวัสดุคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่ สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร เมื่อมีปริมาณความต้องการต่ำ ไม่ทราบความต้องการที่แน่นอน แต่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการแจกแจงจากข้อมูลในอดีตได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างความต้องการที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง ด้วยนโยบาย Q, r นโยบาย Max-Min และนโยบาย T, S เพื่อหาเทคนิคการตัดสินใจที่เหมาะสม โดยพิจารณาผลลัพธ์ ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด (Total cost) และ ระดับบริการที่ยอมรับได้ดีที่สุด (Service Level) โดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาปัญหาการบริหารสินค้าคงคลังและเก็บรวบรวมข้อมูล
2. วิเคราะห์ข้อมูลและบ่งชี้ปัญหา
3. ศึกษาและนำเสนอนโยบายการจัดการวัสดุคงคลัง
4. สร้างแบบจำลองของนโยบายการจัดการวัสดุคงคลัง
5. ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verification)
6. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation)
7. วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากแบบจำลอง
8. สรุปผลดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาปัญหาการบริหารสินค้าคงคลังและเก็บรวบรวมข้อมูล

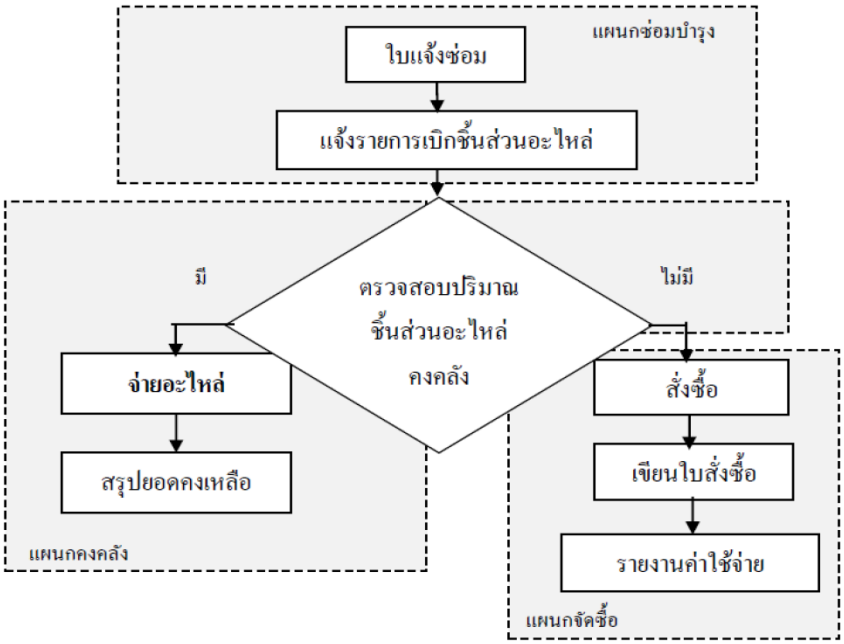
โครงสร้างปัญหาของงานวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการจัดการอะไหล่ชิ้นส่วน (Spare part) ที่นำไปใช้สำหรับการซ่อมบำรุงภายในเงื่อนไขที่ช่วงเวลาเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากการซ่อมบำรุงเชิงเร่งด่วนนั้นเกิดขึ้นโดยที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ทำให้ไม่สามารถจัดส่งชิ้นส่วนเพื่อตอบสนองความต้องการซ่อมบำรุงได้ทันทีเสมอ อาจเกิดการรอคอยอะไหล่ในช่วงอะไหล่ขาดมือ ซึ่งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการซ่อมบำรุงนานเพิ่มขึ้น และส่งผลให้เกิดการหยุดชะงักในกระบวนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาการดำเนินการเกี่ยวกับชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักร ที่มีความต้องการที่สม่ำเสมอในกระบวนการผลิต มีพฤติกรรมการแจกแจงความต้องการที่เป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution probability) และไม่สม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution probability) ภายใต้เงื่อนไขที่อัตราการล้มเหลวของอะไหล่แต่ละรายการเป็นอิสระต่อกัน และช่วงเวลานำสามารถควบคุมได้ โดยเป้าหมาย คือ ค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total cost) ต่ำที่สุด และระดับบริการอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักร จะทำเพื่อการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่จำเป็นต้องเกิดการซ่อมบำรุง โดยขั้นตอนการเบิกชิ้นส่วนอะไหล่ คือ แผนกซ่อมบำรุง เขียนใบแจ้งซ่อมนำไปแจ้งต่อคลังสินค้าขอเบิกชิ้นส่วนอะไหล่ที่ต้องการ คลังสินค้าจะต้องทำการตรวจสอบอะไหล่ว่ามีอยู่ในสต็อกสินค้าหรือไม่และเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ โดยถ้าในคลังอะไหล่มีชิ้นส่วนอะไหล่ที่ต้องการนั้นก็สามารถจ่ายให้กับแผนกซ่อมบำรุงได้เลย แต่ถ้าไม่มีทางคลังอะไหล่ต้องดำเนินการเขียนใบอนุมัติการซื้อ (Purchase requisition: PR) รายการอะไหล่ที่ต้องการให้กับทางแผนกจัดซื้อ และแผนกจัดซื้อก็ต้องเขียนใบสั่งซื้อ (Purchase order: PO) ให้กับทางเทรดดิ้งหรือดีลเลอร์ที่จำหน่ายอะไหล่รายการที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าว ต้องใช้เวลาในการดำเนินการต่าง ๆ และในขณะนั้นทางแผนกซ่อมบำรุงอาจจะแก้ไขด้วยการหาอะไหล่จากเครื่องจักรเครื่องอื่นที่อาจจะหยุดการผลิต มาเปลี่ยนใส่เครื่องจักรที่เกิดปัญหา หรืออาจจะต้องหยุดการผลิตเครื่องจักรที่เกิดปัญหาชั่วคราว และนั่นก็ทำให้เกิดการรอคอยเกิดขึ้น

การเก็บข้อมูลการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่จะทำให้ได้ข้อมูลความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่แต่ละชนิดในรูปแบบที่เป็นใบเบิกสินค้าโดยข้อมูลการเบิกจ่ายจะรวมการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ที่เกิดขึ้นทุกสถานการณ์ ซึ่งไม่ได้แยกว่าจะเป็นการเบิกจ่ายเพื่อการซ่อมบำรุงเมื่อเครื่องจักรขัดข้องฉุกเฉิน (Breakdown maintenance: BM) หรือ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive maintenance: PM) และถูกเก็บไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เช่น SAP (ธีทัต สุดพิทักษ์, 2559) หรือ

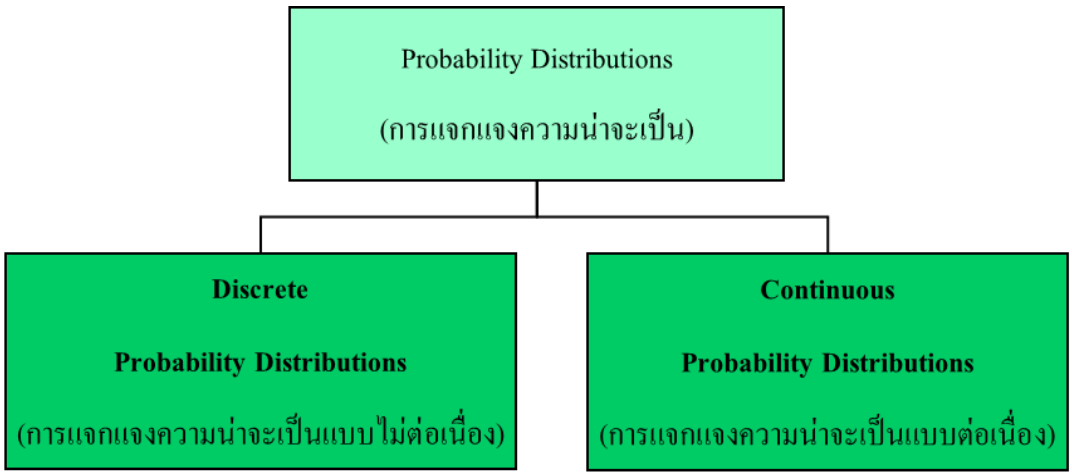
CMMS เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะรวบรวมข้อมูลการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ของเครื่องจักร เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเหมาะสมในการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ โดยจะประเมินความต้องการเป็นรายสัปดาห์



ภาพที่ 3-2 แผนผังการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ (กิรณา มหิพันธ์, 2560)

ลักษณะของปัญหา

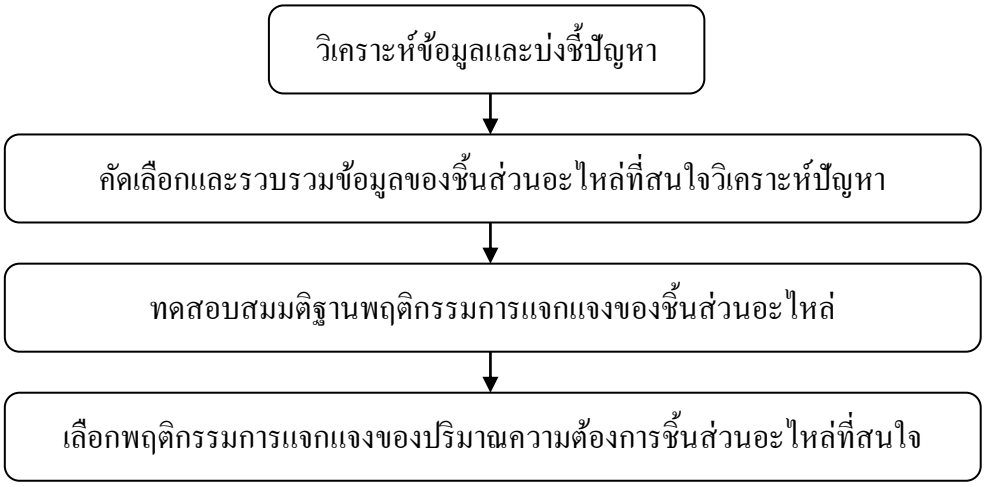
จากการสำรวจงานวิจัย พบว่า มีผลการวิจัย จากวิทยานิพนธ์ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้ศึกษาปัญหาในลักษณะคล้ายคลึงกัน ได้แก่ กิรณา มหิพันธ์ (2560) ซึ่งนำเสนอการศึกษานโยบายสำหรับการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่เมื่อความต้องการแจกแจกแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) และการแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution) วรปรัชญ์ พูนสวัสดิ์ (2561) ได้นำเสนอแนวทางการศึกษาลักษณะเดียวกับ กิรณา มหิพันธ์ (2560) แต่พิจารณาความต้องการชิ้นส่วนแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution) แต่ทั้งนี้ก็ยังไม่พบว่ามีการเสนอรวบรวมการจัดการพฤติกรรมความต้องการแบบต่าง ๆ ของปัญหาสินค้าคงคลังเอาไว้ ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะรวบรวมการจัดการพฤติกรรมความต้องการทั้งแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง



ภาพที่ 3-3 ประเภทของการแจกแจงความน่าจะเป็น

วิเคราะห์ข้อมูลและบ่งชี้ปัญหา

ข้อมูลของการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่นั้น ไม่ได้ระบุแน่ชัดว่ามีการเคลื่อนไหวแบบใด และมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบใด ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์พฤติกรรมความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงของปริมาณความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ที่เลือกทำการวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3-4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและบ่งชี้ปัญหา

คัดเลือกและรวบรวมข้อมูลของชิ้นส่วนอะไหล่ที่สนใจวิเคราะห์ปัญหา

ข้อมูลจากการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่นั้น มีจำนวนมากและในบางชิ้นยังไม่มีการเคลื่อนไหวมานานอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ จะคัดเลือกชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีการเคลื่อนไหวอย่างสม่ำเสมอและมีความต้องการสูงในการดำเนินกิจกรรมการซ่อมบำรุง โดยได้วิเคราะห์จากข้อมูลการเบิกจ่ายอะไหล่ชิ้นส่วนตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2558 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560 รวมระยะเวลา 3 ปี ของบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ซึ่งมีการใช้เครื่องจักรในการผลิต

ประเภทของต้นทุนที่เกี่ยวกับวัสดุคงคลัง

จากข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้รับข้อมูลที่ใช้สำหรับวิเคราะห์และ ประเมินผลมาจากผู้มีอำนาจรับผิดชอบของบริษัทกรณีศึกษา และสามารถประเมินต้นทุนรวมของวัสดุคงคลัง ซึ่ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ (อมรสิริ ดิสสร, 2550)

1. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Carrying cost)

เป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของฝ่ายดูแลควบคุมการเบิกจ่ายชิ้นส่วน อะไหล่โดยเฉพาะ ซึ่งจะมีการแยกคลังอะไหล่ออกจากการจัดเก็บวัสดุสำหรับผลิตในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงมีสถานที่เก็บชิ้นส่วนอะไหล่ชัดเจน โดยทางผู้วิจัยจะคิดเทียบค่าสถานที่กับขนาดห้องที่ทำการจัดเก็บ รายละเอียดในการจัดเก็บแสดงดังนี้

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลการเก็บรักษาชิ้นส่วนอะไหล่

รายการ	จำนวน	หน่วย
ค่าแรงพนักงานในการควบคุมคลังสินค้า	16,000.00	บาทต่อเดือน
ค่าสถานที่จัดเก็บชิ้นส่วนอะไหล่	6,000.00	บาทต่อเดือน
อัตราผลตอบแทน (%)	ร้อยละ 11.2 (ของราคาชิ้นส่วนอะไหล่)	

หมายเหตุ: ภายใน 1 ปี มีการจัดเก็บอะไหล่ชิ้นส่วนประมาณ 3,550 ชิ้น

สามารถคำนวณต้นทุนการเก็บรักษาได้ดังนี้ (บรรหาญ ลิลา, 2553)

$$H = I + W \quad (3\text{-}1)$$

หรือ $$H = iC + W \quad (3\text{-}2)$$

โดย

I คือ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอัตราผลตอบแทน (หน่วยเงิน/ หน่วย/ หน่วยเวลา)

W คือ ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาและสถานที่ (หน่วยเงิน/ หน่วย/ หน่วยเวลา)

i คือ อัตราผลตอบแทน (%)

C คือ ต้นทุนของวัสดุคงคลัง (หน่วยเงิน/ หน่วย)

2. ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (Ordering cost)

จะคำนวณตั้งแต่ผู้ใช้งานมีความต้องการในการใช้ชิ้นส่วนอะไหล่ โดยเริ่มจากการเขียนเอกสารใบสั่งซื้อ (Purchase order: PO) ยื่นให้แผนกจัดซื้อและแผนกจัดซื้อก็ดำเนินการตามขั้นตอนจนกระทั่งได้รับวัสดุคงคลังที่สั่งซื้อ ถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการ สำหรับงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยจะกำหนดการสั่งซื้อแต่ละครั้งให้ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อของแต่ละรายการมีค่าใช้จ่ายที่เป็นอิสระต่อกัน และในการสั่งซื้อ ทางบริษัทจะแจ้งความต้องการดังกล่าวผ่านบริษัทเทรดดิ้ง ซึ่งทางเทรดดิ้งจะเป็นผู้ดำเนินการในการจัดหาสินค้าที่ทางบริษัทต้องการต่อไป รายละเอียดในการสั่งซื้อแสดงดังนี้

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านการสั่งซื้อของชิ้นส่วนอะไหล่

รายการ	จำนวน(บาทต่อเดือน)
ค่าแรงพนักงานในการดำเนินการสั่งซื้อ	100,000.00
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการชำระเงิน	80.00
ค่าติดต่อสื่อสาร	900.00
ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	200.00
รวม	101,180.00
สรุปค่าเฉลี่ยการสั่งซื้อต่อครั้ง	1,163.0

หมายเหตุ: มีการสั่งซื้อ 87 ครั้งต่อเดือน

3. ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ (Shortage cost)

เป็นต้นทุนที่เกิดจากการมีวัสดุคงคลังไม่เพียงพอสำหรับความต้องการใช้งาน ทำให้กิจกรรมการปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องหยุด และอาจจะส่งผลต่อการตอบสนองความต้องการต่อลูกค้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการจัดหาชิ้นส่วนอะไหล่แบบเร่งด่วน ซึ่งก็เป็นเรื่องยากที่ประเมินค่าใช้จ่ายได้ เนื่องจากไม่ได้มีการกำหนดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ไว้ แต่จากการสอบถามผู้เกี่ยวข้อง พบว่าถ้าเกิดกรณีดังกล่าวเกิดขึ้น ทางบริษัทต้องไปรับสินค้าด้วยตัวเอง เพื่อให้ทำการซ่อมบำรุงได้ทันและไม่ส่งผลให้กระบวนการผลิตต้องหยุด ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น คือ ค่าขนส่ง ซึ่งประเมินครั้งละ 1,800 บาท และค่าใช่จ่ายอื่น ๆ ประมาณครั้งละ 300 บาท รวมเป็น 2,100 บาทต่อครั้ง

ทดสอบสมมติฐานพฤติกรรมการแจกแจงของความต้องการ

การทดสอบสมมติฐานจะกำหนดสมมติฐานหลัก H_0 และสมมติฐานรอง H_1 ดังนี้

H_0 = ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ d_i มีการแจกแจงแบบ $f(d_i)$

H_1 = ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ d_i ไม่ได้มีการแจกแจงแบบ $f(d_i)$

โดย

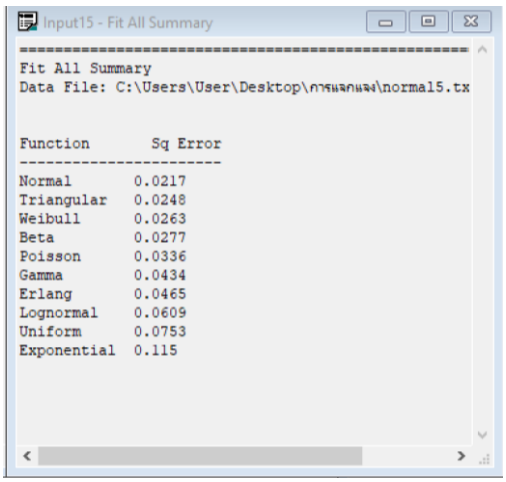
d_i = ปริมาณความต้องการของ spare part ชนิด i

$f(d_i)$ = ฟังก์ชันการแจกแจงของความต้องการ spare part ชนิด i

การวิเคราะห์เชิงสถิติจะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ก็ต่อเมื่อ ค่า P-Value มีค่ามากกว่า α โดย α แทนระดับนัยสำคัญของการทดสอบ แสดงว่า ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ d_i มีการแจกแจงแบบ $f(d_i)$ และปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) หรือยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) ก็ต่อเมื่อ ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า α แสดงว่า ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ d_i ไม่ได้มีการแจกแจงแบบ $f(d_i)$

พฤติกรรมการแจกแจงของปริมาณความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ที่สนใจ

จะวิเคราะห์โดยใช้ Input analyzer ของโปรแกรม ARENA โดยนำข้อมูลการเบิกอะไหล่ชิ้นส่วนที่สนใจ ซึ่งแบ่งการเบิกอะไหล่ชิ้นส่วนเป็นรายสัปดาห์ จากข้อมูล มกราคม พ.ศ. 2558 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560 แล้วนำมาสรุปผลเลือกพฤติกรรมการแจกแจงที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการของอะไหล่ที่สนใจ



ภาพที่ 3-5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Squared error) ของอะไหล่ชิ้นส่วนที่ 1

ในหัวข้อลักษณะปัญหาทางผู้วิจัยได้กล่าวไว้ว่าจะทำการศึกษาพฤติกรรมการแจกแจง โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มด้วยกันนั่นก็คือ การแจกแจงความต้องการแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกข้อมูลของชิ้นส่วนอะไหล่ทั้งหมด 15 รายการที่เกิดการเบิกจ่ายภายในระยะเวลาดังกล่าว และทำการทดสอบพฤติกรรมความต้องการ ซึ่ง Input analyzer จะทำการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Squared error) ของข้อมูลดังกล่าวว่าจะเป็นพฤติกรรมการแจกแจงแบบใด โดยทางผู้วิจัยจะนำค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองที่ได้เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก 3 ลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3-3 ลำดับในการทดสอบพฤติกรรมการแจกแจง

อะไหล่ชิ้นส่วน	Distribution		
	Sq error (1)	Sq error (2)	Sq error (3)
1	Normal	Triangular	Weibull
2	Weibull	Gamma	Beta
3	Erlang	Exponential	Weibull
4	Exponential	Beta	Lognormal
5	Weibull	Beta	Normal
6	Beta	Weibull	Erlang

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

อะไหล่ชิ้นส่วน	Distribution		
	Sq error (1)	Sq error (2)	Sq error (3)
7	Normal	Beta	Weibull
8	Beta	Normal	Poisson
9	Exponential	Lognormal	Beta
10	Beta	Erlang	Exponential
11	Poisson	Weibull	Triangular
12	Lognormal	Beta	Exponential
13	Lognormal	Poisson	Exponential
14	Lognormal	Beta	Poisson
15	Exponential	Lognormal	Weibull

จากตารางที่ 3-3 พบว่า ความต้องการอะไหล่ในข้อมูลจริงทั้ง 15 รายการ มีพฤติกรรมความต้องการที่เป็นไปได้ หลากหลายรูปแบบ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงของคัดเลือกพฤติกรรมความต้องการบางพฤติกรรมเท่านั้นโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution probability) แบ่งเป็น

   1.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution)

   1.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

   1.3 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

   1.4 การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)

2. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution probability) แบ่งเป็น

   2.1 การแจกแจงแบบปัวซองค์ (Poisson distribution)

   2.2 การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution)

สำหรับการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล หรือแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete probability distribution) เป็นพฤติกรรมการแจกแจงที่เมื่อทำการทดสอบสมมติฐานพฤติกรรมความต้องการแล้วพบว่า ไม่ได้เป็นการแจกแจงแบบใดเลย

ศึกษาและนำเสนอนโยบายการจัดการอะไหล่คงคลัง

วัตถุประสงค์ของการจัดการอะไหล่คงคลัง คือ การกำหนดระดับอะไหล่คงคลังให้เหมาะสม เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมีค่าต่ำสุด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับเมื่อไหร่จะมีการจัดหาอะไหล่คงคลังและจัดหาปริมาณเท่าไหร่ ดังนั้นนโยบายอะไหล่คงคลังจึงเป็นตัวกำหนด (วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล, 2536) งานวิจัยนี้นำเสนอนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ 3 นโยบาย ได้แก่ นโยบาย Q, r เป็นนโยบายที่ต้องมีการตรวจสอบอะไหล่คงคลังตลอดเวลาซึ่งทำให้เวลาในการจัดซื้ออะไหล่แต่ละครั้งมีความไม่แน่นอน (อมรศิริ ดิสสร, 2550) นโยบาย T, S เป็นนโยบายที่มีการบริหารงานที่ง่าย เวลาในการจัดซื้อแน่นอน ทำให้กำหนดแผนการดำเนินการได้ง่าย ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงนำนโยบายดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับนโยบายอื่น ๆ เนื่องจากสถาการณ์การทำงานจริงนั้นผู้ดำเนินการจัดซื้อ ถ้าการจัดซื้อวัสดุคงคลังเป็นรอบเวลาที่แน่นอน ก็จะทำให้ทำงานได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และนโยบายสุดท้าย วัสดุคงคลังสูงสุด–ต่ำสุด (Max-Min) เป็นนโยบายที่เหมาะสำหรับวัสดุคงคลังที่มีความต้องการต่ำ ซึ่งนโยบาย ทั้ง 3 นั้นจะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อทดสอบว่านโยบายใดมีความเหมาะสมกับลักษณะของพฤติกรรมความต้องการแบบใด ซึ่งเป็นกรณีไม่ทราบความต้องการที่แน่นอน โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด (Total cost) และระดับบริการที่ยอมรับได้ (Service level) สำหรับกรณีที่ทราบความต้องการทางผู้วิจัยขอแนะนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ชนิดโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programing หรือ MILP) (กริณา มหิพันธ์, 2560) ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ของผลของค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการดีที่สุด

นโยบาย Q, r

นโยบาย Q, r จะต้องทำการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ และจุดสั่งซื้อ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ปริมาณการสั่งซื้อ (Q)

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic order quantity: EOQ) คือ ปริมาณสั่งเพิ่มที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยมีสูตรคำนวณดังนี้ (บรรหาญ ลิลา, 2553; กริณา มหิพันธ์, 2560; พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}} \quad (3\text{-}3)$$

โดย

Q_0 คือ ปริมาณการสั่งซื้อประหยัดหรือ EOQ (หน่วย)

D คือ ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ต่อปี (หน่วย/ หน่วยเวลา)

P คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/ ครั้งการสั่ง)

H คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (บาท/ หน่วยเวลา)

จุดสั่งซื้อ (ROP)

สำหรับนโยบาย Q, r การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อ (Reorder point: ROP) จะแทนด้วยตัว r โดยจะเป็นการกำหนดปริมาณอะไหล่คงคลังไว้ส่วนหนึ่ง เพื่อเป็นอะไหล่ปลอดภัย (Safety stock) โดยมีสูตรคำนวณดังนี้ (บรรหาญ ลิลา, 2553; กริณา มหิพันธ์, 2560; พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

$$r = ROP = \bar{D}L + SS \quad (3\text{-}4)$$

โดย

r คือ จุดสั่งซื้อของชิ้นส่วนอะไหล่ (หน่วย)

$\bar{D}$ คือ ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่เฉลี่ย (หน่วย/ หน่วยเวลา)

L คือ ช่วงเวลานำเฉลี่ยของชิ้นส่วนอะไหล่ (หน่วยเวลา)

SS คือ ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง (หน่วย)

สำหรับงานวิจัยนี้มีพฤติกรรมความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ทั้งการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous probability distributions) และการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete probability distributions) ดังนั้นสมการในการคำนวณหาค่าตัวแปรต่าง ๆ จึงต่างจากสมการที่ได้นำเสนอไป โดยพฤติกรรมการแจกแจงแบบอื่นจะอธิบายดังต่อไปนี้

1. พฤติกรรมความต้องการเป็นแบบปกติ (Normal distribution)

การคำนวณจุดสั่งซื้อ r

$$ROP = \bar{D}L + Z\sigma_d\sqrt{L} \quad (3\text{-}5)$$

โดย

σ_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ

Z คือ จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับระดับ

โดยการคำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังสำรองผู้วิจัยได้กำหนดระดับบริการที่ 95%

สำหรับการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution) จะใช้สูตรในการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับพฤติกรรมความต้องการแบบปกติ

2. พฤติกรรมความต้องการเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \tag{3-6}$$

ในกรณีที่เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม

$$f(x) = 1 - e^{-\lambda x} \tag{3-7}$$

เมื่อกำหนดให้ d เป็นความต้องการใด ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลานำ และแทน λ ด้วยค่าเฉลี่ยความต้องการระหว่างช่วงเวลานำ (d_{LT}) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$f(d) = 1 - e^{-d_{LT}d} \tag{3-8}$$

โดย

e คือ ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 2.71828

d_{LT} คือ ปริมาณความต้องการเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลานำ (หน่วย/หน่วยเวลา)

จากสมการที่ (3-8) สามารถคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมที่เกิดจากความต้องการ d ใด ๆ ได้ดังนี้

$$F(d) = \sum_{i=0}^{n} 1 - e^{-d_{LT}d} \text{ เมื่อ } i = 1, 2, 3, \ldots, n \tag{3-9}$$

เมื่อกำหนดจุดสั่งซื้อเท่ากับ ROP ความน่าจะเป็นของการเกิดชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือ จะคำนวณได้จาก P(S) คือ ความน่าจะเป็นที่ 1-ความน่าจะเป็นสะสมที่ความต้องการ d ใด ๆ เมื่อถึงระดับของจุดสั่งซื้อ ซึ่งเป็นสมการดังนี้

$$P(S) = 1 - \sum_{d=1}^{ROP} 1 - e^{-d_{LT}d} \quad (3\text{-}10)$$

จากสมการที่ (3-10) พบว่า การปรับค่าจุดสั่งซื้อส่งผลต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือ การคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่จะทำการปรับค่าจนกระทั่งความน่าจะเป็นของการเกิดอะไหล่ขาดมือเท่ากับระดับความน่าจะเป็นของอะไหล่ขาดมือที่ระบบยอมรับได้ หรือค่าความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนอะไหล่จะเพียงพอเท่ากับระดับบริการที่กำหนด (Service level: P(SL)) ดังสมการต่อไปนี้

$$P(SL) = F_i(Q_i) = P[d_i \leq ROP] = \sum_{d=1}^{ROP} 1 - e^{-d_{LT}d} \quad (3\text{-}11)$$

3. พฤติกรรมความต้องการเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}\right]} \quad (3\text{-}12)$$

เมื่อกำหนดให้ d เป็นความต้องการใด ๆที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลานำ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$f(d) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\left[-\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta}\right]} \quad (3\text{-}13)$$

จากสมการที่ (3-13) สามารถคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมที่เกิดจากความต้องการ d ใด ๆ ได้ดังนี้

$$F(d) = \sum_{d=1}^{n} \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\left[-\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta}\right]} \quad (3\text{-}14)$$

เมื่อกำหนดจุดสั่งซื้อเท่ากับ ROP ความน่าจะเป็นของการเกิดชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือจะคำนวณได้จาก P(S) คือ ความน่าจะเป็นที่ 1-ความน่าจะเป็นสะสมที่ความต้องการ d ใด ๆ เมื่อถึงระดับของจุดสั่งซื้อ ซึ่งเป็นสมการดังนี้

$$P(S) = 1 - \sum_{d=1}^{ROP} \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\left[-\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta}\right]} \quad (3\text{-}15)$$

การหาค่าความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนอะไหล่จะเพียงพอเท่ากับระดับบริการที่กำหนด (Service Level: P(SL)) ดังสมการต่อไปนี้

$$P(SL) = F_i(Q_i) = P[d_i \leq ROP] = \sum_{d=1}^{ROP} \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{\left[-\left(\frac{d}{\alpha}\right)^{\beta}\right]} \quad (3\text{-}16)$$

4. พฤติกรรมความต้องการเป็นแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution) (กริณา มหิพันธ์, 2560) ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(In(x)-\mu)^2}{(2\sigma^2)}} \quad (3\text{-}17)$$

เมื่อกำหนดให้ d เป็นความต้องการใด ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลานำ และแทน μ ด้วยค่าเฉลี่ยความต้องการระหว่างช่วงเวลานำ (d_{LT}) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$f(d) = \frac{1}{\sigma d\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(In(d)-d_{LT})^2}{(2\sigma^2)}} \quad (3\text{-}18)$$

จากสมการความน่าจะเป็นเมื่อความต้องการมีการแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล จะสามารถคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมที่เกิดความต้องการ d ใด ๆ เมื่อพื้นที่ใต้โค้ง $f(d)$ ทั้งหมด คือความน่าจะเป็นของทุกค่า d ที่มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่ 0 ถึง d ใด ๆ แสดงดังนี้

$$f(d) = \int_0^d f(d)dx = \phi[z] \quad (3\text{-}19)$$

เมื่อความต้องการ (d) มีการแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล ดังนั้น In(d) จึงมีการแจกแจงแบบปกติ ทำให้การคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ คือ

$$Z = \frac{In(d) - d_{LT}}{\sigma} \tag{3-20}$$

พื้นที่ใต้กราฟของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานมีค่าเท่ากับ $\phi[z] = P[Z \leq z]$ ตั้งแต่ -∞ ถึง z ดังนั้นฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมที่จะเกิดความต้องการ d ใด ๆ จะเท่ากับสมการดังต่อไปนี้

$$F(d) = P\left[Z \leq \frac{In(d) - d_{LT}}{\sigma}\right] \tag{3-21}$$

เมื่อกำหนดจุดสั่งซื้อ ROP ให้มีค่าเท่ากับ In(d) ใด ๆ ความน่าจะเป็นของการเกิดชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือ จะคำนวณได้จาก P(S) คือ ความน่าจะเป็นที่ 1-ความน่าจะเป็นสะสมที่ความต้องการ d ใด ๆ เมื่อถึงระดับของจุดสั่งซื้อ ซึ่งเป็นสมการดังนี้

$$P(S) = 1 - P\left[Z \leq \frac{In(d) - d_{LT}}{\sigma}\right] \tag{3-22}$$

การหาค่าความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนอะไหล่จะเพียงพอเท่ากับระดับบริการที่กำหนด (Service Level: P(SL)) ดังสมการต่อไปนี้

$$P(SL) = P\left[Z \leq \frac{In(d) - d_{LT}}{\sigma}\right] \tag{3-23}$$

5. พฤติกรรมความต้องการเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution) (กริณา มหิพันธ์, 2560) ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution)

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \tag{3-24}$$

เมื่อกำหนดให้ d เป็นความต้องการใด ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลานำ และแทน λ ด้วยค่าเฉลี่ยความต้องการระหว่างช่วงเวลานำ (d_{LT}) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$f(d) = \frac{e^{-d_{LT}} {d_{LT}}^{d}}{d!} \tag{3-25}$$

จากสมการที่ (3-25) สามารถคำนวณฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมที่เกิดจากความต้องการ d ใด ๆ ได้ดังนี้

$$F(d) = \sum_{i=0}^{n} \frac{e^{-d_{LT}} {d_{LT}}^{d}}{d!} \quad \text{เมื่อ i = 1, 2, 3,…,n} \tag{3-26}$$

เมื่อกำหนดจุดสั่งซื้อเท่ากับ ROP ความน่าจะเป็นของการเกิดชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือ จะคำนวณได้จาก P(S) คือ ความน่าจะเป็นที่ 1-ความน่าจะเป็นสะสมที่ความต้องการ d ใด ๆ เมื่อถึงระดับของจุดสั่งซื้อ ซึ่งเป็นสมการดังนี้

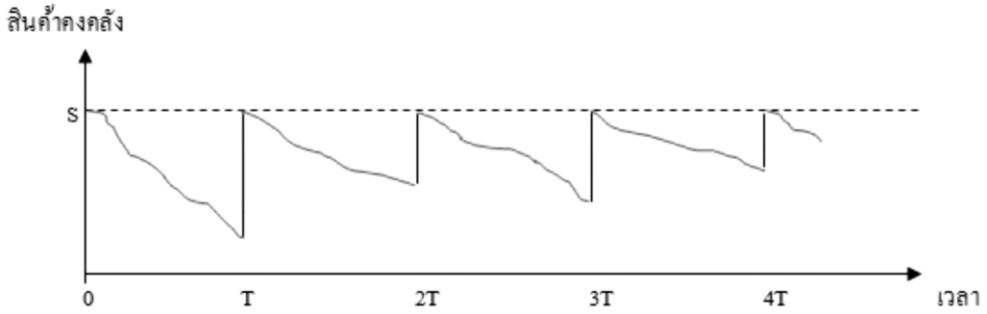
$$P(S) = 1 - \sum_{d=1}^{ROP} \frac{e^{-d_{LT}} {d_{LT}}^{d}}{d!} \tag{3-27}$$

การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนอะไหล่จะเพียงพอเท่ากับระดับบริการที่กำหนด (Service Level: P(SL)) ดังสมการต่อไปนี้

$$P(SL) = F_i(Q_i) = P[d_i \leq ROP] = \sum_{d=1}^{ROP} \frac{e^{-d_{LT}} {d_{LT}}^{d}}{d!} \tag{3-28}$$

นโยบาย T, S

นโยบาย T, S นั้นจะมีการจัดหาวัสดุคงคลังทุก ๆ หน่วย T หน่วยเวลา และปริมาณวัสดุคงคลังที่จัดหาเพื่อระดับวัสดุคงคลังกลับขึ้นไปอยู่ที่ระดับวัสดุคงคลังสูงสุด (S) ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 การเคลื่อนไหวของระดับสินค้าภายใต้นโยบาย T, S (ทินวัฒน์ ขาวเหลือง, 2554)

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max) ซึ่งจะมีสมการดังนี้

$$S = \bar{D}(T + LT) + SS \tag{3-29}$$

รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

$$T = \sqrt{\frac{2P}{HD}} \tag{3-30}$$

โดย

S คือ ระดับวัสดุคงคลังสูงสุด (หน่วย)

T คือ ช่วงเวลาระหว่างรอบการสั่งซื้อ หรือช่วงเวลานำ (หน่วย)

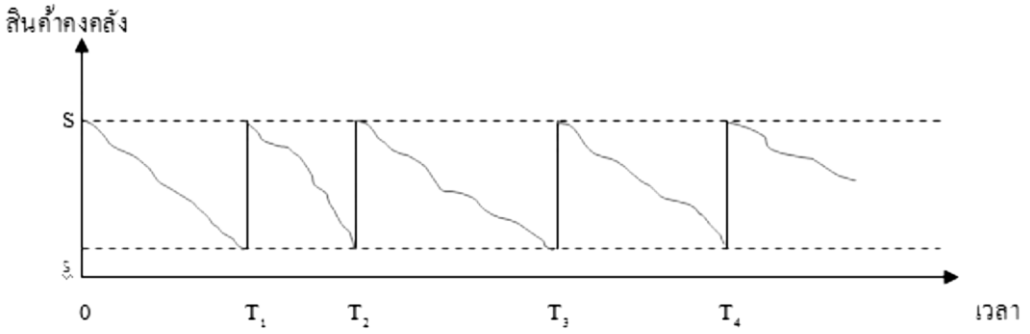
$\bar{D}$ คือ ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่เฉลี่ย (หน่วย/ หน่วยเวลา)

P คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/ ครั้งการสั่ง)

H คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (บาท/ หน่วยเวลา)

นโยบาย Max-Min

นโยบาย Max-Min จะมีการสำรองวัสดุคงคลังที่มีการเคลื่อนไหวช้าสำหรับการสั่งซื้อเป็นแบบ วัสดุคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min) โดยมีจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point) เท่ากับระดับต่ำสุดของสต๊อก (Min stock) และจะสั่งซื้อเข้ามาในจำนวนสต็อกสูงสุด (Max stock)



ภาพที่ 3-7 การเคลื่อนไหวของระดับสินค้าภายใต้นโยบาย Max-Min (ทินวัฒน์ ขาวเหลือง, 2554)

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

นโยบาย Max-Min กำหนดให้ปริมาณอะไหล่คงคลังมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ Max ดังสมการที่ (3-31) (กริณา มหิพันธ์, 2560)

$$Max = SS + Q_0 \tag{3-31}$$

โดยที่ค่า Q_0 สามารถให้ได้จากสมการที่ (3-3) และค่า SS สามาหาได้จากสมการที่ (3-33) สำหรับการแจงแจกแบบปกติ และจากการแจกแบบอื่น ๆ หาได้จากสมการที่ (3-34)

จุดสั่งซื้อ (Min)

นโยบาย Max-Min กำหนดให้ปริมาณอะไหล่คงคลังมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ Min ดังสมการที่ (3-32) (กริณา มหิพันธ์, 2560)

$$Min = ROP \tag{3-32}$$

การกำหนดสต็อกปลอดภัย (Safety stock: SS)

การคำนวณอะไหล่สำรองของทุกนโยบาย เมื่อมีความต้องการเป็นการแจกแจงแบบปกติ สามารถหาได้จาก สมการดังนี้

$$SS = Z\sigma_d \sqrt{LT} \tag{3-33}$$

โดย

LT คือ ช่วงเวลานำ (หน่วยเวลา)

Z คือ ค่า z ในตารางการแจกแจงแบบปกติ ที่สอดคล้องกับระดับบริการ

σ_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่

สำหรับการคำนวณอะไหล่สำรองของพฤติกรรมความต้องการแบบอื่นนั้นจะเป็นการคำนวณความต้องการต่อช่วงเวลานำโดยค่า ROP ประเมินความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนอะไหล่เพียงพอภายใต้ระดับบริการที่กำหนด ซึ่งจะกำหนดอะไหล่สำรองได้ดังนี้ (กริณา มหิพันธ์, 2560)

$$SS = ROP - d_{LT} \tag{3-34}$$

ค่าใช้จ่ายโดยรวม

ค่าใช้จ่ายโดยรวมสามารถคำนวณได้จาก ผลรวมของต้นทุนการเก็บรักษา ต้นทุนการสั่งซื้อ และต้นทุนชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$TC = HC + OC + SC \tag{3-35}$$

โดย

HC คือ ผลรวมของต้นทุนการเก็บรักษา

OC คือ ผลรวมของต้นทุนการสั่งซื้อ

SC คือ ผลรวมของต้นทุนชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือ

ระดับบริการ (Service Level)

ในงานวิจัยนี้ จะกำหนดระดับบริการที่ 95% ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$SL = \frac{\sum d_{s,it}}{\sum d_{it}} \tag{3-36}$$

โดย

$d_{s,it}$ คือ ความต้องการทั้งหมดที่สามารถตอบสนองได้ในช่วงเวลา t

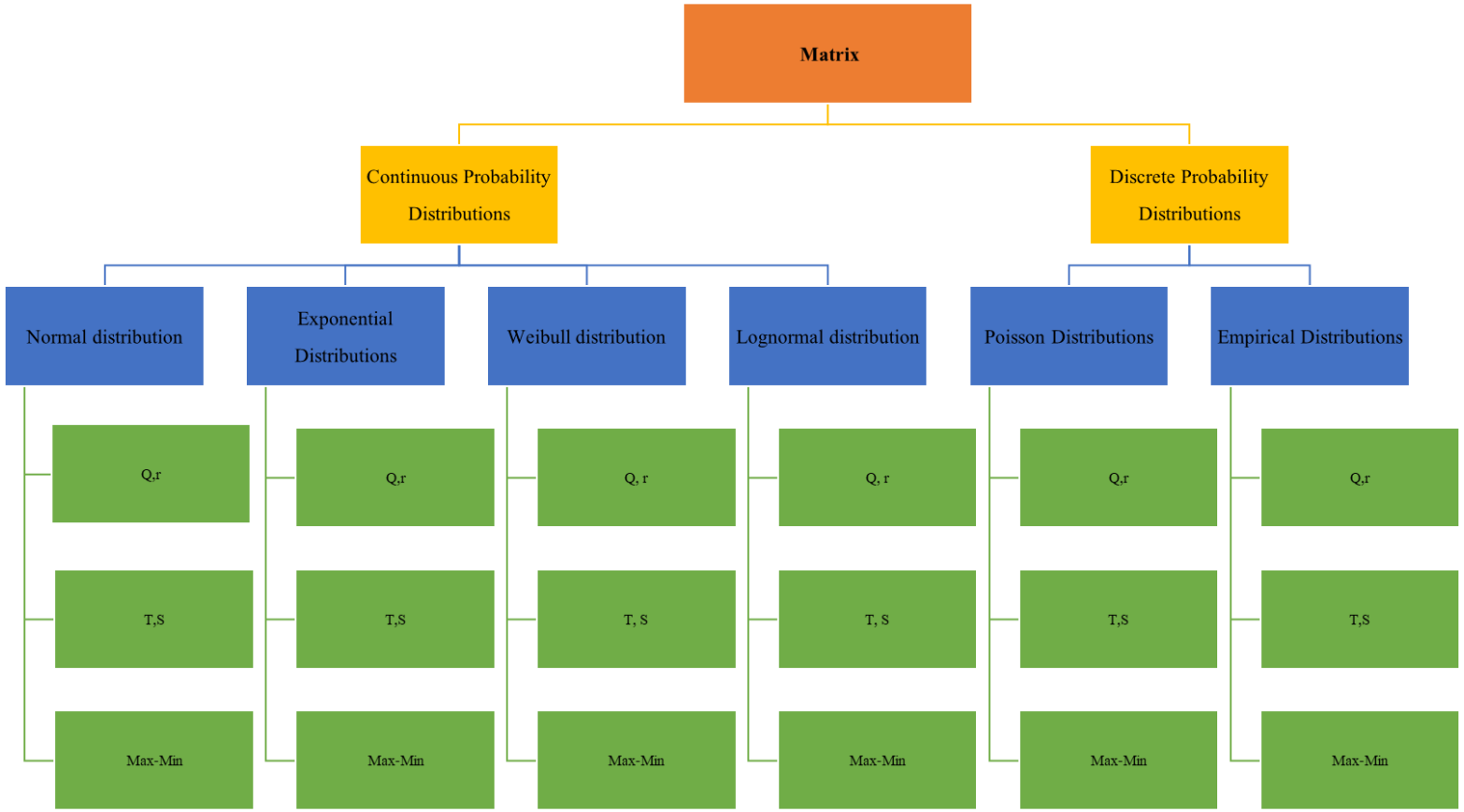
d_{it} คือ ความต้องการที่เกิดขึ้นทั้งหมดในช่วงเวลา t

เปรียบเทียบนโยบาย

งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม ARENA Version.14 เข้ามาช่วยในการจำลองสถานการณ์ โดยจะทำการจำลองสถานการณ์ทุกพฤติกรรมที่สนใจ แต่ละพฤติกรรมก็จะถูกจำลองสถานการณ์ของทั้งสามนโยบาย นั่นคือ นโยบาย Q, r นโยบาย T, S และนโยบาย Max-Min เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่นโยบาย แล้วนำมาเปรียบกันทุกนโยบายว่าพฤติกรรมความต้องการใดเหมาะสมกับนโยบายใดมากที่สุด โดยใช้ ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost) และระดับบริการที่ยอมรับได้ (Service level) เป็นดัชนีในการเปรียบเทียบ ซึ่งแสดงโครงสร้างการศึกษาเปรียบเทียบดังภาพที่ 3-8

ส่วนตัวแบบทางคณิตศาสตร์ชนิดโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม MILP นั้น เป็นกรณีที่ต้องทราบค่าความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ เนื่องจากเป็นโปรแกรมเชิงเส้นถูกสร้างขึ้นภายใต้สมมติฐานที่ต้องทราบความต้องการ จะประเมินคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม Excel Open Solver 2.9.0 ค่าความต้องการทำการสุ่มด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล โดยทั้ง 3 นโยบายจะประเมินจาก

การพยากรณ์ล่วงหน้า 52 สัปดาห์ หรือ 1 ปี โดยประเมินจากดัชนี ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost) และระดับบริการที่ยอมรับได้ (Service level) อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 3-8 โครงสร้างการศึกษาเปรียบเทียบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

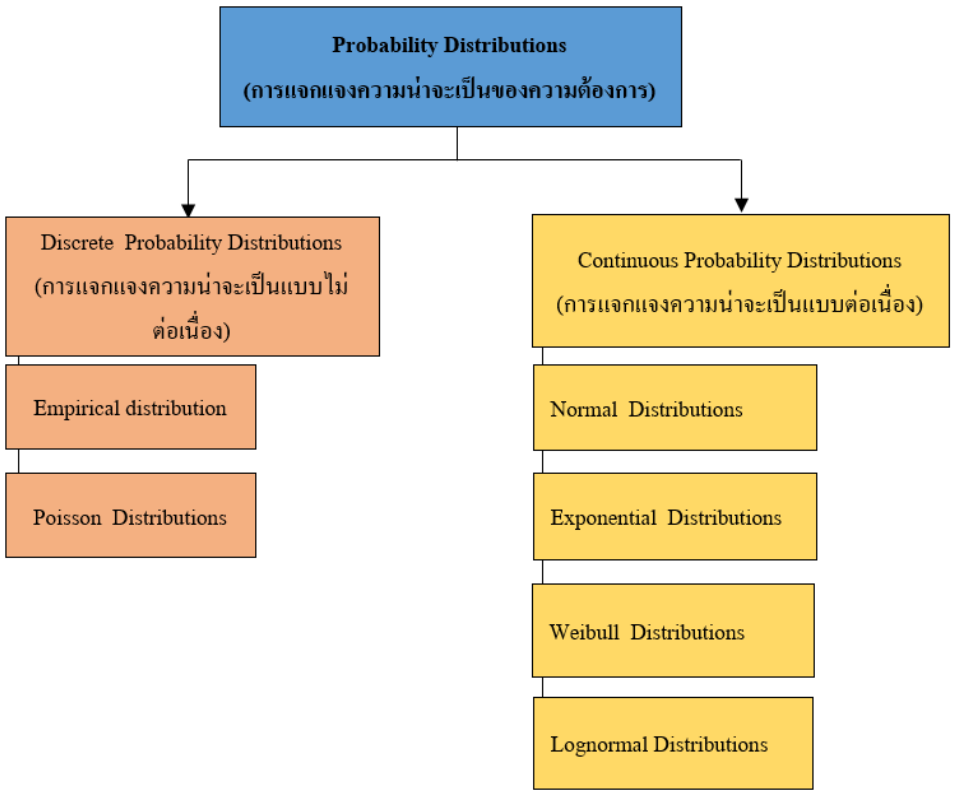
บทนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการดำเนินการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละพฤติกรรมการแจกแจง ซึ่งถูกแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ การแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution probability) และแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution probability) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบและบ่งชี้ว่า นโยบายใดเหมาะสมกับพฤติกรรมการแจกแจงแบบใด ระหว่างนโยบาย Q, r นโยบาย T, S และนโยบาย Max-Min ภายใต้เงื่อนไขที่ไม่ทราบความต้องการที่แน่นอน นโยบาย Q, r นโยบาย T, S และนโยบาย Max-Min จะถูกประเมินคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยใช้โปรแกรม ARENA ดัชนีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าใช้จ่ายโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด (Total cost) และระดับบริการที่ยอมรับได้ดีที่สุด (Service level) ภายใต้การดำเนินการที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์นั้นจะแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

การคัดเลือกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมความต้องการ

การคัดเลือกพฤติกรรมความต้องการนั้น เราจะแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็นสองกลุ่มด้วยกัน คือ พฤติกรรมการแจกแจงความต้องการแบบต่อเนื่อง และพฤติกรรมการแจกแจงความต้องการแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งแต่ละพฤติกรรมสามารถแยกประเภทการแจกแจงดังนี้

1. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution probability) แบ่งเป็น
    1.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution)
    1.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)
    1.3 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)
    1.4 การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)
2. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution probability) แบ่งเป็น
    2.1 การแจกแจงแบบป๋วซองค์ (Poisson distribution)
    2.2 การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution)

โดยข้อมูลที่นำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์นั้นเราจะใช้ข้อมูลการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ของบริษัทที่ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งใช้เครื่องจักรในการผลิต 100% ดังนั้นโอกาสที่มีการซ่อมบำรุง จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้ข้อมูลน่าจะเพียงพอในการวิเคราะห์



ภาพที่ 4-1 ประเภทของฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็น

การรวบรวมข้อมูลความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีพฤติกรรมการแจกแจงที่ต้องการ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยนั้น ได้อ้างอิงข้อมูลการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ของบริษัทผลิตชิ้นส่วนในรถยนต์ ซึ่งเป็นการเบิกชิ้นส่วนอะไหล่ไปใช้เพื่อการซ่อมบำรุงทั้ง การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และการซ่อมบำรุงเชิงเร่งด่วน เป็นข้อมูล ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2558 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560 รวมเป็นระยะเวลา 3 ปี และนำมาสรุปผลการแจกแจงความต้องการเพื่อเลือกพฤติกรรมการแจกแจงความต้องการของอะไหล่ที่สนใจ (ขั้นตอนการดำเนินการได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 ในหัวข้อลักษณะของปัญหา) โดยพฤติกรรมการแจกแจงที่สนใจสรุปได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลอะไหล่ชิ้นส่วนที่สนใจ

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ความต้องการเฉลี่ยต่อสัปดาห์ (ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/ ครั้ง)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อสัปดาห์ (บาท/ ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ (บาท/ ครั้ง)
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	5.58	1,163	2.99	2,100
B		Exponential	4.23	1,163	3.99	2,100
C		Weibull	2.84	1,163	2.62	2,100
D		Lognormal	2.42	1,163	4.02	2,100
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	3.07	1,163	4.41	2,100
F		Poisson	2.85	1,163	2.16	2,100

ทดสอบสมมติฐาน เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมความต้องการ

จากข้อมูลการเบิกจ่ายชิ้นส่วนอะไหล่ตลอด 3 ปีของบริษัทผลิตชิ้นส่วนในรถยนต์ ความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ มีหลากหลายของพฤติกรรมการแจกแจง แต่ทางผู้วิจัยจะคัดเลือกเฉพาะพฤติกรรมความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ที่สนใจ โดยได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 3 ซึ่งขั้นตอนการคัดเลือกพฤติกรรมความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ที่สนใจนั้นได้นำปริมาณความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่แต่ละชิ้นส่วน ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Input analyzer ในโปรแกรม ARENA เพื่อประเมินหาประเภทพฤติกรรมความต้องการที่เหมาะสมของชิ้นส่วนอะไหล่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ $\alpha = 0.05$ โดยจะยกตัวอย่างชิ้นส่วนที่ถูกเลือกเพื่ออธิบายวิธีการดำเนินการดังนี้

ชิ้นส่วนที่ถูกเลือกสำหรับการทดสอบพฤติกรรมการแจกแจงแบบปกติ

จากการวิเคราะห์ ข้อมูลความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ โดยใช้โปรแกรม Input analyzer ในโปรแกรม ARENA ดังภาพที่ 4-2 ซึ่งถ้าพิจารณาที่ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Square of error: SE) พบว่า การแจกแจงที่มีค่า SE ต่ำที่สุด คือ การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ดังนั้นเราเลือกทดสอบสมมติฐานกับการแจกแจงแบบปกติ ตามสมมติฐานดังนี้

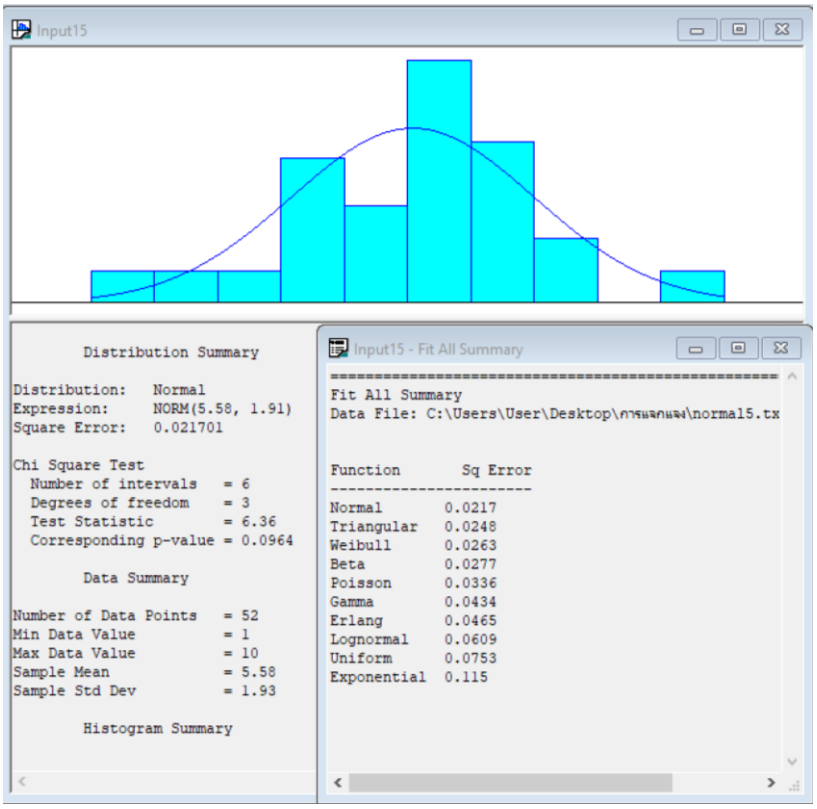
H_0 = ความต้องการอะไหล่ชิ้นส่วน d_i มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 = ความต้องการอะไหล่ชิ้นส่วน d_i ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

โดย

d_i คือ ความต้องการของอะไหล่ชิ้นส่วนชนิด A

P-Value คือ ค่าความน่าจะเป็นที่สังเกตได้



ภาพที่ 4-2 ผลการทดสอบพฤติกรรมความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ประเภทการแจกแจงแบบปกติ

ผลการทดสอบสมมติฐาน แสดงค่า P-Value เท่ากับ 0.096 ซึ่งมากกว่าระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ยอมรับ H_0 หมายความว่า ผลการทดสอบชิ้นส่วนอะไหล่ชนิด A มีการแจกแจงแบบปกติ และผลการทดสอบชิ้นส่วนอะไหล่ที่สนใจรายการอื่นก็ดำเนินการเช่นเดียวกับชิ้นส่วนอะไหล่ชนิด A โดยสรุปผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 พฤติกรรมการแจกแจงความต้องการอะไหล่ชิ้นส่วนที่สนใจ

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		Expression	P-Value
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	NORM(5.58, 1.91)	0.0960
B		Exponential	0.5+EXPO(3.85)	0.7120
C		Weibull	0.5+WEIB(2.9,1.79)	0.3830
D		Lognormal	0.5+LOGN(1.96,2.08)	0.0941
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	0.0,(-0.5) ,0.038 ,0.5 ,0.135 , 1.5, 0.442 ,2.5 ,0.596 ,3.5 ,0.827 ,4.5 ,0.923 ,5.5 ,0.962 ,6.5 ,0.962 ,7.5	-
F		Poisson	POIS(2.85)	0.2510

จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4-2 นั้น ทางผู้วิจัยจะนำการแจกแจงความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ทั้งหมดที่ได้คัดเลือกมาไปใช้กับการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม ARENA โดยใช้ค่า Expression เพื่อกำหนดความต้องการของอะไหล่ชิ้นส่วน เพื่อหานโยบายที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการแจกแจงที่สนใจ

การประเมินนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่

ในการประเมินจะทำการประเมินนโยบายทั้งสามนโยบาย โดยจะอธิบายถึงวิธีการและค่าของตัวแปรต่าง ๆ ที่จำเป็นในการประเมิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

นโยบาย Q, r

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจะอ้างอิงจากตารางที่ 4-1 โดยจะใช้ชิ้นส่วนอะไหล่ A ที่มีการแจกแจงแบบปกติเป็นตัวอย่างในการคำนวณ โดยคำนวณค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ 1,163 บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 2.99 บาทต่อชิ้น ค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ 2,100 บาทต่อครั้ง และเวลานำที่ 1 สัปดาห์ ก่อนทำการทดสอบ นโยบาย Q, r นั้นต้องมีการพิจารณาค่า (Variability coefficient: VC) Peterson และ Silver ได้นำเสนอขั้นตอนการคำนวณไว้ ซึ่งจะใช้ดัชนี VC ในการประเมินว่าสามารถใช้ EOQ Analysis หรือค่า Q กับข้อมูลได้หรือไม่ โดยกำหนดว่าถ้า VC มีค่าน้อย

กว่า 0.25 สามารถใช้ EOQ ในการกำหนดปริมาณสั่งซื้อได้ แต่ถ้า VC มีค่ามากกว่า 0.25 ไม่เหมาะสมที่จะใช้ค่า EOQ เนื่องจากไม่สามารถกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่คงที่ได้ (สุรเดช มีสีดา, 2554) โดยจะพิจารณาจากสมการที่ 4-1 ถึงสมการที่ 4-3

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของความต้องการต่อช่วงเวลา (d)

$$\bar{d} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i \tag{4-1}$$

2. คำนวณหาค่าความแปรปรวนของความต้องการ (Est.varD) ต่อช่วงเวลา

$$Est.var = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^2 - \bar{d}^2 \tag{4-2}$$

3. คำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของความต้องการกับค่าเฉลี่ยของความต้องการต่อช่วงเวลากำลังสอง ซึ่งแทนด้วยค่า (Variability coefficient: VC)

$$VC = \frac{Est.varD}{\bar{d}^2} \tag{4-3}$$

ซึ่งเมื่อคำนวณค่า VC ของอะไหล่ชิ้นส่วน A เท่ากับ 0.12 ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ EOQ Analysis สำหรับการแจกแจงแบบอื่น ๆ นั้น ค่า VC ที่ได้มีค่ามากกว่า 0.25 โดยได้แสดงค่า VC ไว้ที่ตารางที่ 4-3 ซึ่งตามทฤษฎีนั้นไม่เหมาะสมที่จะใช้ค่า Q แต่งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษานโยบายสินค้าคงคลังหลายนโยบายไม่เพียงแต่นโยบาย Q, r เท่านั้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจะนำนโยบาย Q, r ไปเปรียบเทียบผลลัพธ์กับนโยบายอื่น ๆ เพื่อทดสอบหาความเหมาะสมของนโยบายกับพฤติกรรมการแจกแจง และในการนำค่า EOQ ไปใช้ในงานวิจัยจะนำค่า EOQ ไปใช้สำหรับการเริ่มต้นการรันแบบจำลองเท่านั้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และทางผู้วิจัยจะใช้ Process analyzer ในการปรับหาค่าที่ดีกว่าผลลัพธ์เริ่มต้นต่อไป

ตารางที่ 4-3 สรุปค่า VC ของทุกพฤติกรรมการแจกแจง

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ค่า VC
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	0.12
B		Exponential	0.53
C		Weibull	0.28
D		Lognormal	0.43
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	0.28
F		Poisson	0.27

1. การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ จากสมการที่ (3-3) ของอะไหล่ชิ้นส่วน A จากตารางที่ 4-1 ความต้องการเฉลี่ย ($\bar{D}$) ของอะไหล่ชิ้นส่วน A เท่ากับ 5.58 ชิ้นต่อสัปดาห์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 1.91 ชิ้นต่อสัปดาห์ และช่วงเวลานำ เท่ากับ 1 สัปดาห์

จากสมการที่ 3-3

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2\times5.58\times1163}{2.99}}$$

$$= 65.88 \approx 66 \text{ ชิ้น}$$

โดย

Q_0 คือ ปริมาณการสั่งซื้อประหยัดหรือ EOQ (หน่วย)

D คือ ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ต่อปี (หน่วย/ หน่วยเวลา)

P คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/ ครั้งการสั่ง)

H คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (บาท/ หน่วยเวลา)

2. การประเมินจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบปกติ ตัวอย่างการคำนวณจุดสั่งซื้อ r โดยอะไหล่ชิ้นส่วน A มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จากสมการที่ (3-5)

จากสมการที่ (3-5) $ROP = \bar{D}L + Z\sigma_d\sqrt{L}$

$ROP = 5.58 \times 1 + 1.65 \times 1.91\sqrt{1}$

$ROP = 8.73 \approx 9$ ชิ้น

โดย

ROP คือ จุดสั่งซื้อใหม่

L คือ ช่วงเวลานำในการสั่งซื้อ (หน่วยเวลา)

$\bar{D}$ คือ ความต้องการเฉลี่ย

σ_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ

Z คือ จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับระดับการให้บริการ โดยกำหนดระดับบริการที่ 95%

ปริมาณการสั่ง (Q) จุดสั่งซื้อ (r) และชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง (SS) สำหรับนโยบาย Q, r ของทุกพฤติกรรมการแจกแจงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-4 และสำหรับการคำนวณของพฤติกรรมการแจกแจงพฤติกรรมอื่นจะแสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4-4 สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของทุกพฤติกรรมการแจกแจงภายใต้นโยบาย Q, r

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ปริมาณการสั่งซื้อประหยัด: Q (ชิ้น/ ครั้ง)	จุดสั่งซื้อ: r (ชิ้น)	อะไหล่สำรอง: SS (ชิ้น)
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	66	9	3
B		Exponential	50	1	0
C		Weibull	50	3	0
D		Lognormal	37	5	3
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	40	6	3
F		Poisson	55	6	3

นโยบาย T, S

การจัดการนโยบาย T, S จะใช้ข้อมูลในการทดสอบโดยอ้างอิงจากตารางที่ 4-1 นโยบาย T, S เป็นนโยบายที่มีการสั่งซื้ออะไหล่ เป็นเวลาทุก ๆ T หน่วย โดยในการสั่งซื้อ แต่ละครั้งระดับอะไหล่คงคลังจะกลับขึ้นไปอยู่ระดับสูงสุดของอะไหล่คงคลัง ดังนั้นต้องทำการคำนวณค่า T และ S

ตัวอย่างการคำนวณครั้งนี้จะใช้ ข้อมูลของอะไหล่ชิ้นส่วน A ที่มีการแจกแจงแบบปกติมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

1. ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

จากสมการที่ (3-43) $SS = Z\sigma_d\sqrt{L}$

$SS = 1.65 \times 1.91\sqrt{1}$

$SS = 3.15 \approx 3$ ชิ้น

2. รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

จากการสมการที่ (3-30) $T = \sqrt{\frac{2P}{HD}}$

$T = \sqrt{\frac{2\times1163}{2.99\times5.58}}$

$T = 11.83 \approx 12$ สัปดาห์

3. ค่าระดับคงคลังสูงสุด

จากสมการที่ (3-29) $S = \bar{D}(T + LT) + SS$

$S = 5.58(12 + 1) + 3$

$S = 75.54 \approx 76$ ชิ้น

โดย

S คือ ระดับวัสดุคงคลังสูงสุด (หน่วย)

T คือ ช่วงเวลาระหว่างรอบการสั่งซื้อ หรือช่วงเวลานำ (หน่วย)

$\bar{D}$ คือ ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่เฉลี่ย (หน่วย/ หน่วยเวลา)

รอบเวลาการสั่ง (T) และระดับคงคลังสูงสุด (S) สำหรับนโยบาย T, S ของทุกพฤติกรรมการแจกแจงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของทุกพฤติกรรมการแจกแจงภายใต้นโยบาย T, S

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		รอบการสั่งซื้อ: T (สัปดาห์)	ระดับคงคลังสูงสุด: S (ชิ้น)	อะไหล่สำรอง: SS (ชิ้น)
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	12	76	3
B		Exponential	12	55	0
C		Weibull	18	54	0
D		Lognormal	16	44	3
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	13	46	3
F		Poisson	19	61	3

นโยบาย Max-Min

การจัดการนโยบาย Max-Min นั้นจะใช้ข้อมูลในการทดสอบโดยอ้างอิงจากตารางที่ 4-1 นโยบาย Max-Min เป็นนโยบายที่มีการกำหนดระดับอะไหล่คงคลัง ระดับสูงสุด และระดับต่ำสุด ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 3 การคำนวณค่าระดับคงคลังสูงสุด (Max) จะเป็นการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ และระดับคงคลังต่ำสุด (Min) จะเป็นการคำนวณจุดสั่งซื้อ

ตัวอย่างในการคำนวณครั้งนี้เราจะใช้ข้อมูลของอะไหล่ชิ้นส่วน A มาใช้ในการคำนวณ สามารถคำนวณด้วยสมการดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

จากสมการที่ (3-31) $Max = SS + Q_0$

$Max = 3.15 + 66$

$Max = 69.15 \approx 69$ ชิ้น

2. จุดสั่งซื้อ (Min)

จากสมการที่ (3-32) $Min = ROP$

$Min = 9$ ชิ้น

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max) และจุดสั่งซื้อ (Min) สำหรับนโยบาย Max-Min ของทุกพฤติกรรมการแจกแจงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของทุกพฤติกรรมการแจกแจงของนโยบาย Max-Min

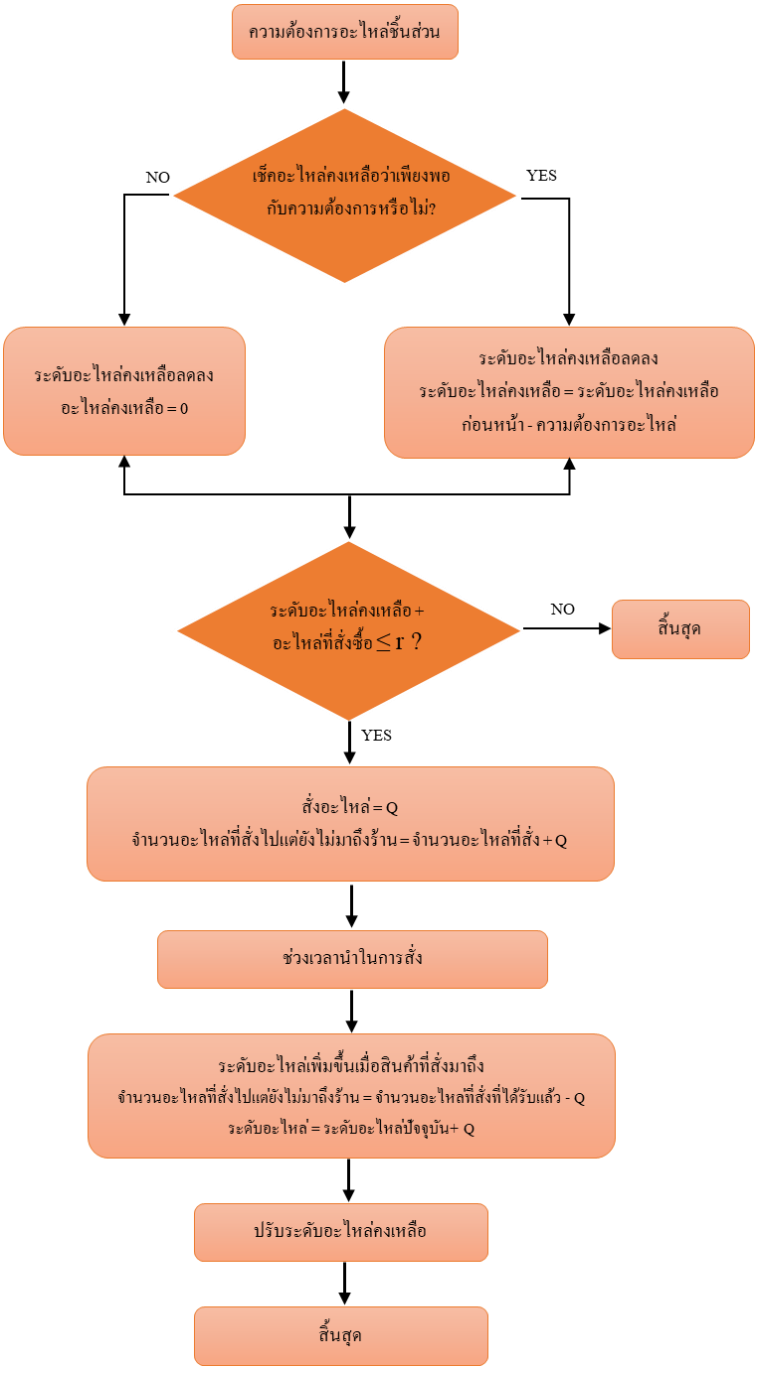
ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ปริมาณการสั่งซื้อ: Max (ชิ้น)	จุดสั่งซื้อ: Min (ชิ้น)	อะไหล่สำรอง: SS (ชิ้น)
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	69	9	3
B		Exponential	50	1	0
C		Weibull	50	3	0
D		Lognormal	40	5	3
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	43	6	3
F		Poisson	58	6	3

การสร้างตัวแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลอง ทางผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม AREN Version 14 เพื่อจำลองสถานการณ์ในระบบอะไหล่คงคลัง จำลองหานโยบายที่เหมาะสมของแต่ละพฤติกรรมการแจกแจงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้ตัวชี้วัด คือ ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดและระดับบริการที่ยอมรับได้ ซึ่งอะไหล่ที่จะนำมาใช้ในการอธิบายระบบของโปรแกรม คือ อะไหล่ชิ้นส่วน A เป็นอะไหล่ที่มีพฤติกรรมการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลที่จะนำไปใช้ คือ Expression เท่ากับ NORM(5.58, 1.91) ค่าใช้จ่ายในสั่งซื้อเท่ากับ 1,163 บาท ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือเท่ากับ 2,100 บาท ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเท่ากับ 2.99 บาทต่อชิ้น และผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมจะเป็นผลลัพธ์ต่อปี

นโยบาย Q, r

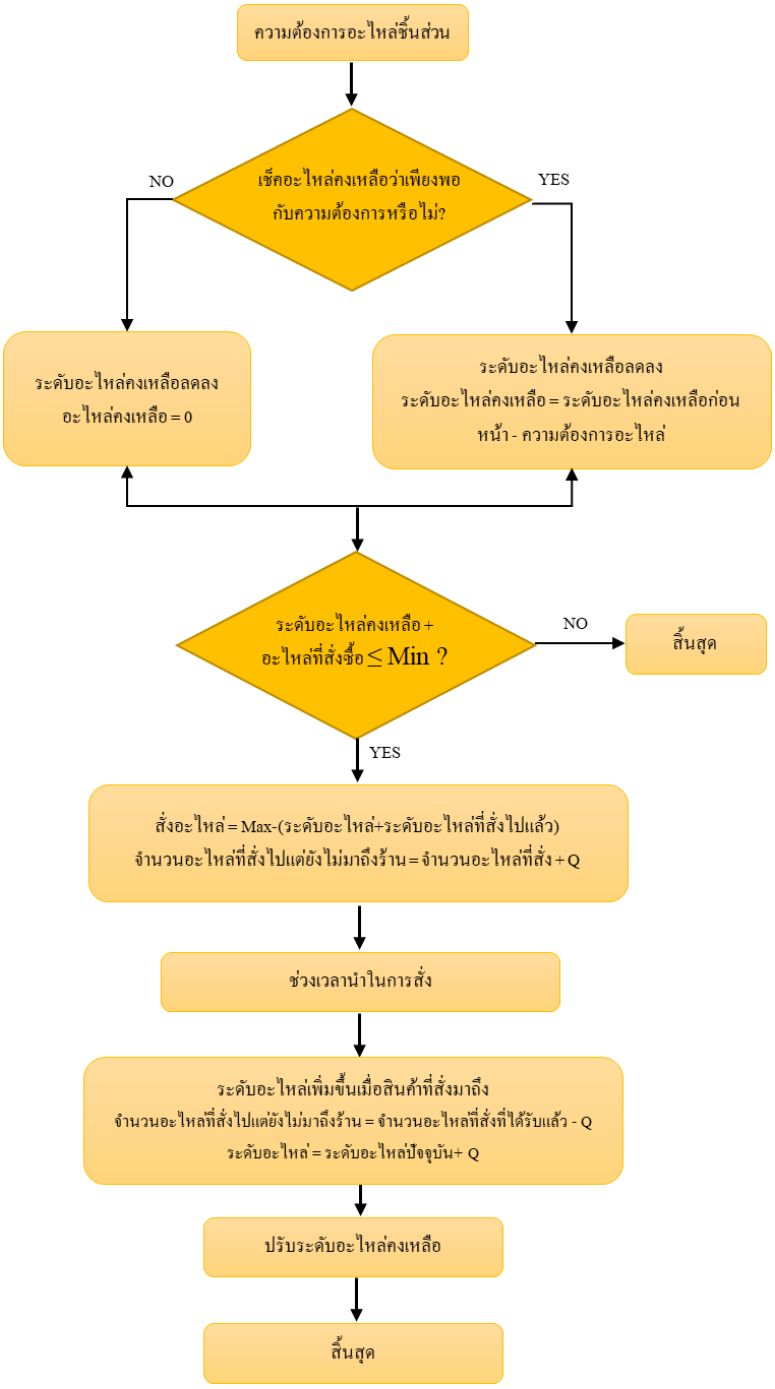
ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมของนโยบาย Q, r คือ ปริมาณการสั่งซื้อ (Q) เท่ากับ 66 ชิ้น และ จุดสั่งซื้อ (r) เท่ากับ 9 ชิ้น



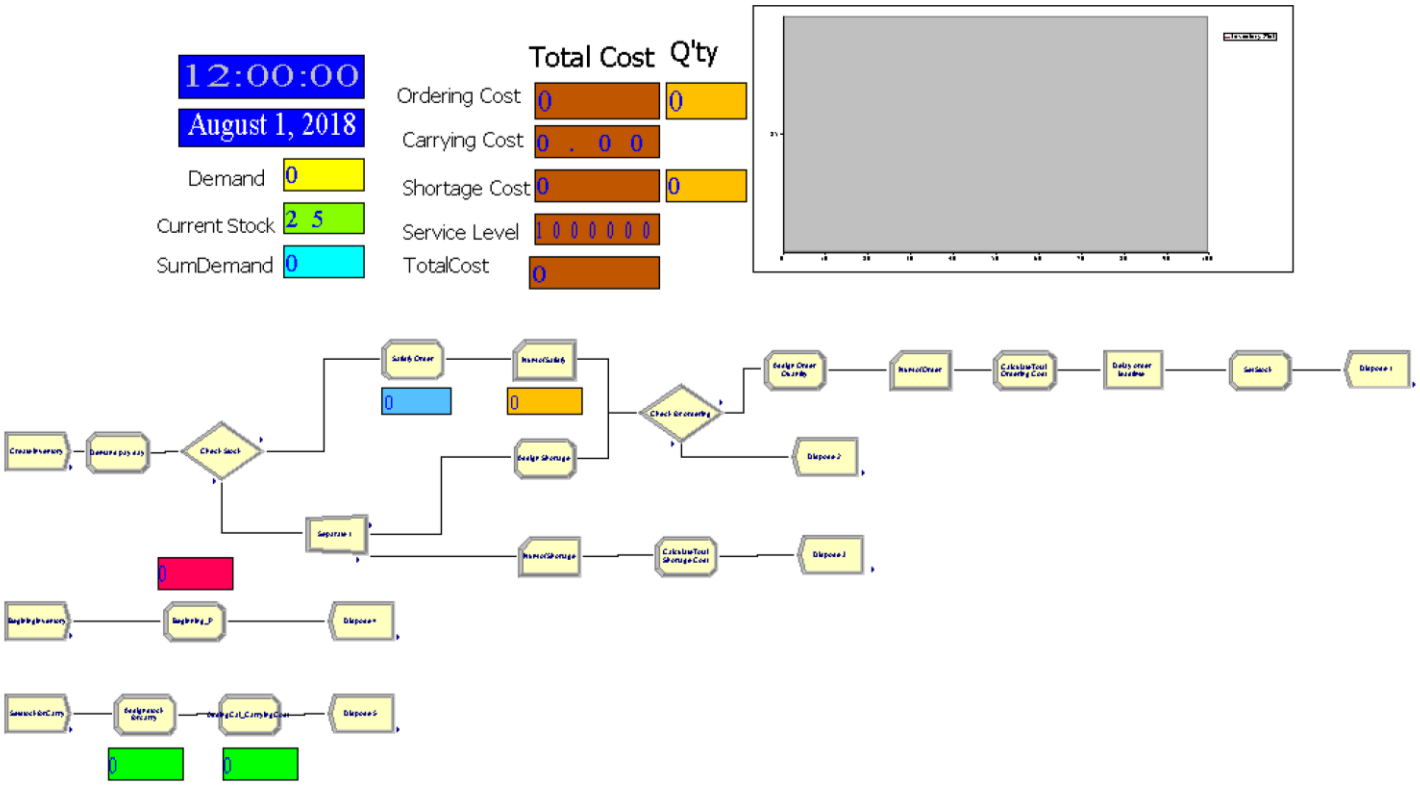
ภาพที่ 4-3 ขั้นตอนในการทำงานในแบบจำลอง นโยบาย Q, r

นโยบาย Max-Min

ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมของนโยบาย Max-Min คือ ปริมาณการสั่งซื้อ (Max) เท่ากับ 69 ชิ้น และ จุดสั่งซื้อ (Min) เท่ากับ 9 ชิ้น



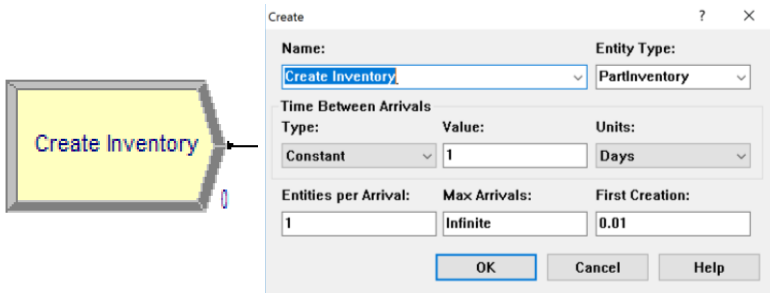
ภาพที่ 4-4 ขั้นตอนในการทำงานในแบบจำลอง นโยบาย Max-Min



ภาพที่ 4-5 แบบจำลองนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min

ทางผู้วิจัยจะอธิบาย รายละเอียดของการเขียนโปรแกรม ARENA ของทั้งสองนโยบายไปพร้อมกัน ซึ่งข้อแตกต่างของทั้งสองนโยบาย สามารถดูได้ที่ ข้อ11 และข้อ 13 ในการอธิบายแบบจำลอง

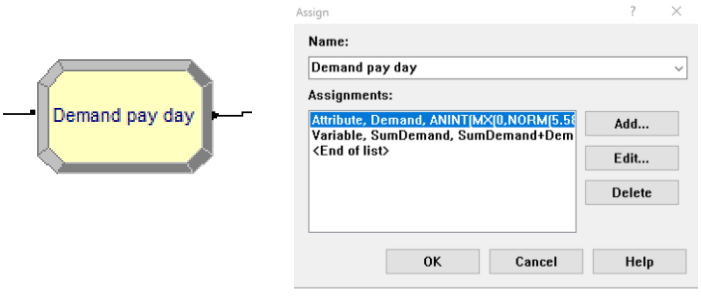
1. สร้าง Create module เพื่อกำหนดการมาถึงของความต้องการ



ภาพที่ 4-6 Create inventory

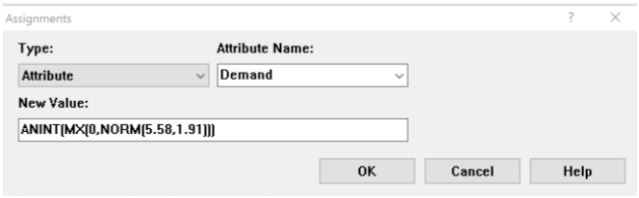
โดยให้ Create module ชื่อว่า “Create inventory” โดยให้ Units: Day แทน สัปดาห์ และกำหนดให้เกิดความต้องการอะไหล่ขึ้นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยกำหนดค่าคงที่เท่ากับ 1 (Constant = 1) และการมาถึงของความต้องการครั้งแรกเริ่มที่ เวลาผ่านไป 0.01 ของวัน เพื่อให้อะไหล่คงคลังของวันก่อนหน้าเข้าระบบก่อน

2. สร้าง Assign module เพื่อกำหนดให้วัตถุมีพฤติกรรมการแจกแจงความต้องการตามที่กำหนด



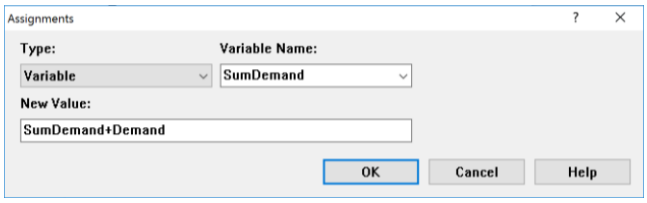
ภาพที่ 4-7 กำหนดคุณสมบัติให้กับความต้องการ

โดยให้ Assign module ชื่อว่า “Demand pay day” เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้จะถูกกำหนดคุณสมบัติ (Attribute) ชื่อว่า “Demand”



ภาพที่ 4-8 การกำหนด Assignments type: Attribute

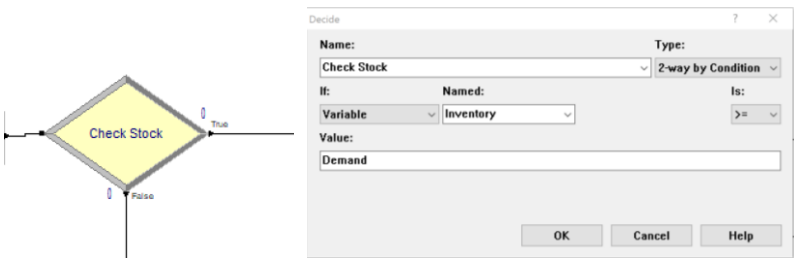
ซึ่งกำหนด Assignment ของวัตถุที่เข้ามาเป็น Attribute มี Value คือ “ANINT(MX(0,NORM(5.58,1.91)))” หมายความว่า วัตถุที่ผ่านโมดูลนี้ จะมีความต้องการแจกแจงแบบปกติมีค่า คือ NORM(5.58,1.91) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จาก Expression ที่แสดงในตารางที่ 4-2 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.91 กำหนดให้ค่าที่เกิดขึ้นไม่เป็นค่าลบด้วย MX() และไม่ให้เป็นค่าทศนิยม ANINT()



ภาพที่ 4-9 การกำหนด Assignments type: Variable

คุณสมบัติที่ 2 ของวัตถุถูกกำหนดเป็น Variable ซึ่งมี Value คือ “SumDemand+Demand” หมายความว่า วัตถุที่ผ่านโมดูลนี้ จะบวกค่าสะสมของ Demand เก็บเอาไว้ ในชื่อว่า “SumDemand”

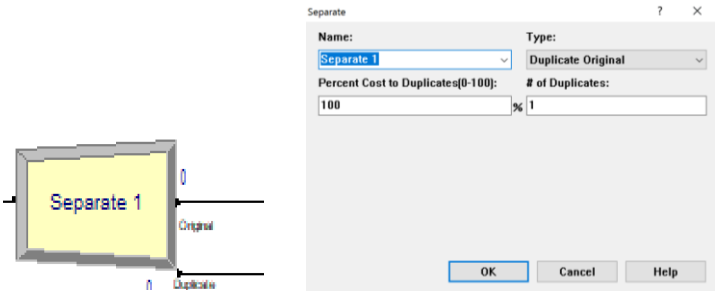
3. สร้าง Decide module เพื่อตรวจสอบระดับอะไหล่คงคลัง



ภาพที่ 4-10 การสร้าง Decide module

สร้าง Decide module ชื่อ “Check stock” โดยกำหนดเกณฑ์ว่า เมื่อมีวัตถุเข้ามาที่โมดูลนี้จะต้องทำการตรวจสอบระดับอะไหล่คงคลัง ว่าเหลือเพียงพอสำหรับจ่ายให้กับความต้องการหรือไม่ โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจเป็น 2 เงื่อนไข เงื่อนไขที่ 1: สร้างเงื่อนไข (If) ด้วยตัวแปร (Variable) ชื่อ “Inventory” ถ้า Inventory มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ “Demand” วัตถุจะเลือกไปเส้นทางนี้ เงื่อนไขที่ 2: ถ้าเงื่อนไขที่ 1 เป็นเท็จ คือ ระดับอะไหล่คงคลังมีน้อยกว่าความต้องการวัตถุจะเลือกไปอีกเส้นทาง

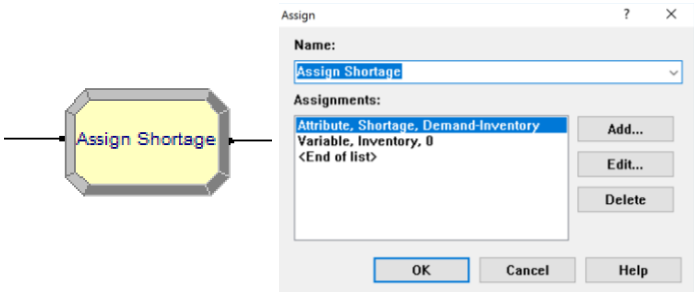
4. สร้าง Separate module



ภาพที่ 4-11 การสร้าง Separate module

สร้าง Separate module ชื่อ “Separate1” โดยวัตถุที่ผ่านโมดูลนี้คือ เมื่อเกิดสถานการณ์อะไหล่ขาดมือเกิดขึ้น โดยจะแยกวัตถุเป็นสองส่วนด้วยกัน ส่วนที่ 1 (Original) คือ ให้วัตถุกลับไปตรวจสอบระดับอะไหล่คงเหลือ เมื่อถึงจุดสั่งซื้อก็ทำการสั่งซื้อ และส่วนที่ 2 (Duplicate) คือ ให้วัตถุไปถูกนับจำนวนอะไหล่ขาดมือ ซึ่งวัตถุทั้งสองส่วนมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ

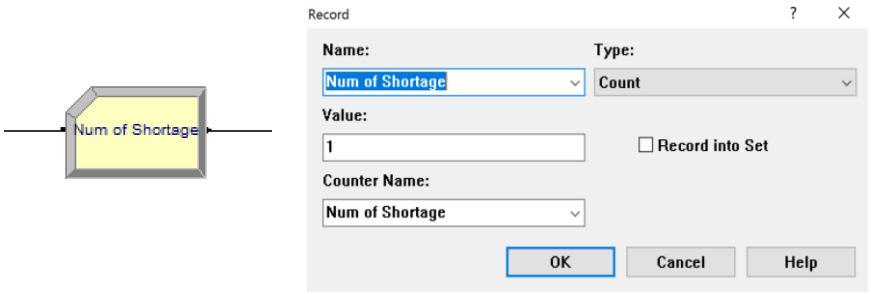
5. สร้าง Assign module เพื่อกำหนดระดับอะไหล่คงเหลือกรณีอะไหล่ขาดมือ



ภาพที่ 4-12 การสร้าง Assign shortage

สร้าง Assign module ชื่อ “Assign shortage” เพื่อกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลังใหม่ เพราะเมื่ออะไหล่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการจะทำให้เบิกอะไหล่เท่าที่มีในคลังอะไหล่ โดยกำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) มีค่าเป็น Demand-Inventory แล้วกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “Inventory” มีค่าเท่ากับ 0 เพราะอะไหล่ถูกเบิกไปจนหมดคลังอะไหล่

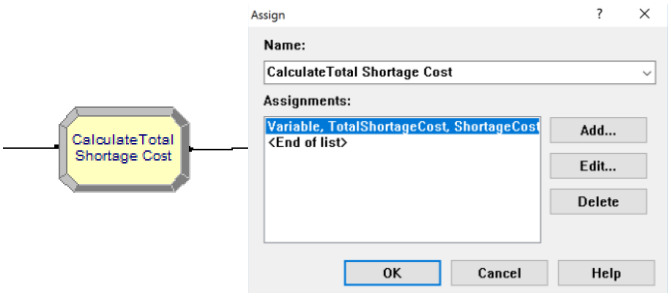
6. การสร้าง Record module เพื่อนับจำนวนอะไหล่ขาดมือ



ภาพที่ 4-13 การสร้าง Num of shortage เพื่อนับจำนวนอะไหล่ขาดมือ

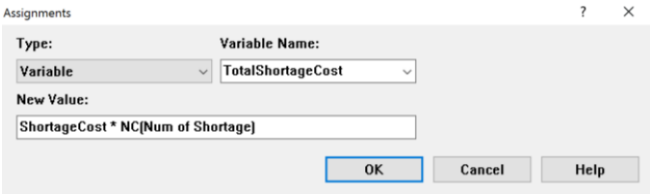
สร้าง Record module ชื่อ “Num of shortage” เพื่อนับจำนวนครั้งที่เกิดอะไหล่ขาดมือ เพื่อนำไปคำนวณค่าใช้จ่ายรวมที่จะเกิดขึ้นในการจำลองสถาการณ์แต่ละครั้ง โดยเลือกรูปแบบในการนับเป็น “Count”

7. สร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากอะไหล่ขาดมือ



ภาพที่ 4-14 การสร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากอะไหล่ขาดมือ

สร้าง Assign module ชื่อ “CalculateTotal shortage cost” เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดภาวะอะไหล่ขาดมือ

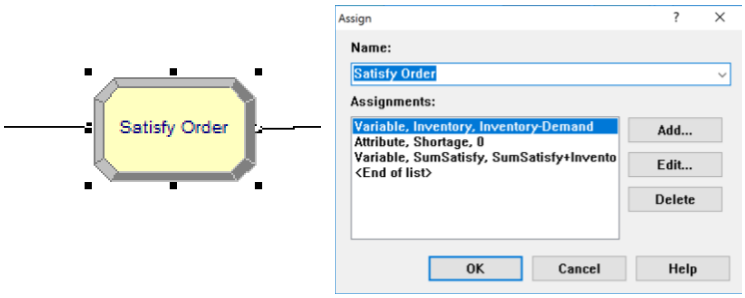


ภาพที่ 4-15 การกำหนด Assignments ของการคำนวณค่าใช้จ่ายจากอะไหล่ขาดมือ

โดย กำหนดให้ตัวแปร (Variable) ชื่อ “Totalshortagecost” ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่ออะไหล่ขาดมือ มีค่าเป็น “ShortageCost * NC(Num of shortage)” ซึ่งได้กำหนดค่าใช้จ่ายอะไหล่ขาดมือ (ShortageCost) ไว้ใน Variable spreadsheet module และค่า NC(Num of shortage) นำมาจากค่าของ “Num of shortage”

8. สร้าง Dispose module ชื่อ “Dispose3” ต่อจากโมดูลชื่อ “CalculateTotal shortage cost” เพื่อนำวัตถุออกจากระบบ

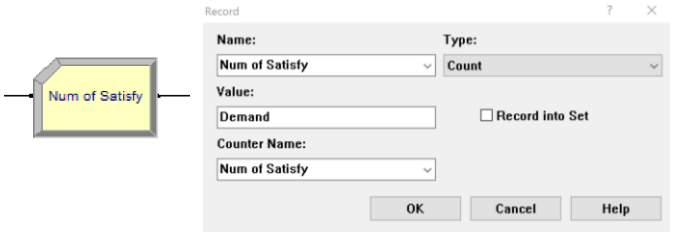
9. สร้าง Assign module เพื่อกำหนดระดับอะไหล่ กรณีอะไหล่มีเพียงพอต่อความต้องการ



ภาพที่ 4-16 กาสร้าง Assign module

สร้าง Assign module ชื่อ “Satisfy order” เพื่อกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลังกรณีมีอะไหล่เพียงพอต่อความต้องการ เพราะเมื่อเบิกอะไหล่แล้วระดับอะไหล่ที่อยู่ในคลังอะไหล่จะลดลง โดย กำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “Inventory” ให้มีค่าเป็น Inventory-Demand และวัตถุที่วิ่งผ่านโมดูลตัวนี้จะไม่มีอะไหล่ขาดมือเกิดขึ้น ซึ่งกำหนดค่าคุณสมบัติ (Attribute) มีค่าเป็น Shortage เท่ากับ 0 พร้อมทั้งกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “SumSatisfy” ให้มีค่าเป็น SumSatisfy+Inventory เพื่อคำนวณความต้องการที่ตอบสนองได้ในช่วงเวลาที่กำหนด

10. สร้าง Record module เพื่อนับจำนวนครั้งที่อะไหล่เพียงพอต่อความต้องการ

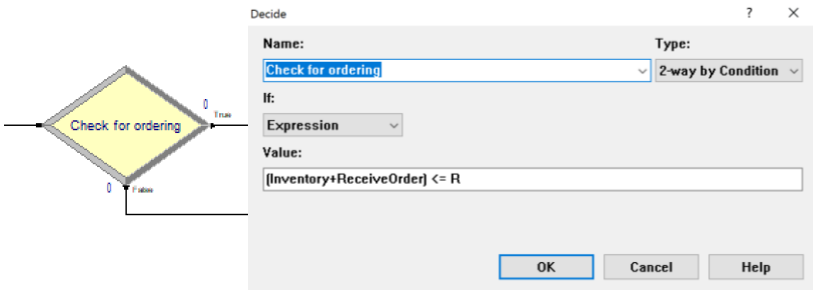


ภาพที่ 4-17 การสร้าง Num of satisfy

สร้าง Record module ชื่อ “Num of satisfy” เพื่อนับจำนวนความต้องการอะไหล่ (Demand) ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ สำหรับเก็บข้อมูลสถิติให้แบบจำลอง โดยวัตถุที่ผ่านโมดูลนี้จะถูกนับความต้องการที่ตอบสนองได้สะสม โดยเลือกรูปแบบในการนับเป็น “Count” และให้ Value เป็น “Demand”

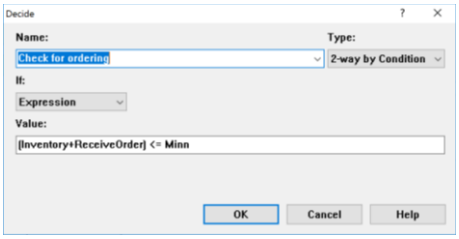
11. สร้าง Decide module เพื่อสั่งซื้ออะไหล่เมื่อถึงจุดสั่งซื้อ

สร้าง Decide module ชื่อ “Check for ordering” เพื่อตรวจสอบทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับอะไหล่คงเหลือว่าต่ำกว่าจุดสั่งซื้อที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งได้กำหนดจุดสั่งซื้อ (R) ไว้ใน Variable spreadsheet module ถ้าระดับอะไหล่คงเหลือต่ำว่าจุดสั่งซื้อต้องทำการสั่งซื้ออะไหล่ โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจเป็น 2 เงื่อนไข เงื่อนไขที่ 1: สร้างเงื่อนไข (If) ด้วยสูตร (Expression) คือ (Inventory+ReceiveOrder) <= R ซึ่งถ้าสูตรเป็นจริง วัตถุจะเลือกไปเส้นทางนี้ เงื่อนไขที่ 2: ถ้าเงื่อนไขที่ 1 เป็นเท็จ คือ ระดับอะไหล่คงเหลือมีค่ามากกว่าจุดสั่งซื้อ วัตถุจะเลือกไปอีกเส้นทาง



ภาพที่ 4-18 การสร้าง Check for ordering นโยบาย Q, r

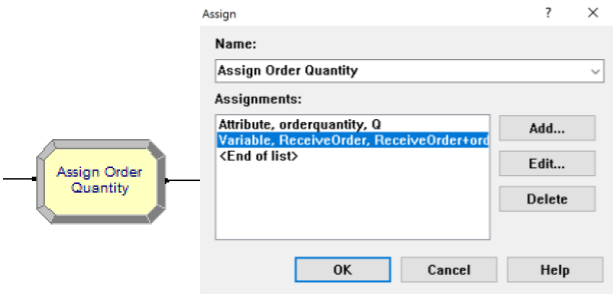
สำหรับ**นโยบาย Max-Min** เงื่อนไขจะเป็น (Inventory+ReceiveOrder) <= Minn ซึ่ง Minn คือ จุดสั่งซื้ออะไหล่ โดยต้องเปลี่ยนการกำหนดจุดสั่งซื้อใน Variable spreadsheet module ให้เป็น “Minn” ด้วย สำหรับเงื่อนไขของโมดูลจะเหมือนกับนโยบาย Q, r



ภาพที่ 4-19 การสร้าง Check for ordering นโยบาย Max-Min

12. สร้าง Dispose module ชื่อ “Dispose2” ต่อจากโมดูลชื่อ “Check for ordering” เพื่อนำวัตถุออกจากระบบเมื่อเงื่อนไขที่ 1 เป็นเท็จ

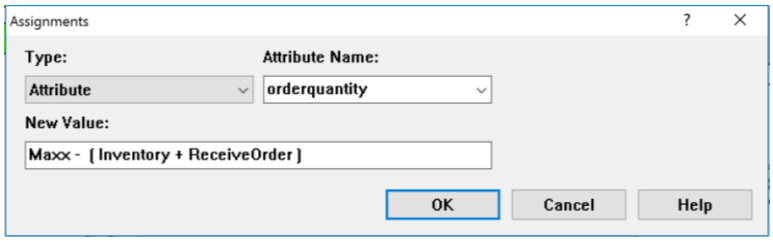
13. สร้าง Assign module เพื่อกำหนดระดับอะไหล่คงเหลือกรณีเมื่ออะไหล่น้อยกว่าหรือเท่ากับจุดสั่งซื้อ



ภาพที่ 4-20 การสร้าง Assign order quantity

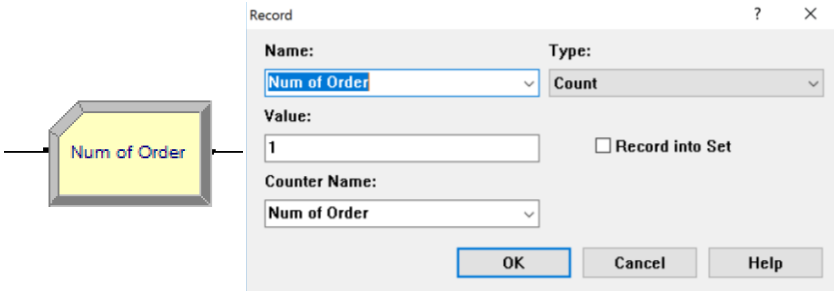
สร้าง Assign module ชื่อ “Assign order quantity” เพื่อกำหนดค่าให้ระดับอะไหล่ที่ต้องการสั่งซื้อเพื่อมาเติมปริมาณคลังอะไหล่ กำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ชื่อ “Orderquantity” เป็นจำนวนอะไหล่ที่ต้องสั่งซื้อแต่ละครั้ง ให้ติดตัววัตถุไป มีค่าเป็น Q ซึ่งกำหนดค่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) ไว้ใน Variable spreadsheet module แล้ว และกำหนดตัวแปร (Variable) ชื่อ “ReceiveOrder” มีค่าเป็น ReceiveOrder+Orderquantity เพื่อให้ตัวแปรนี้คำนวณจำนวนอะไหล่ที่สั่งไปแล้วแต่ยังไม่ได้รับอะไหล่

สำหรับนโยบาย Max-Min จะมีการเปลี่ยนค่าการกำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ชื่อ “Orderquantity” โดย จะเปลี่ยนเป็น Maxx-(Inventory+ReceiveOrder) เนื่องจากจำนวนอะไหล่ที่จะทำการสั่งซื้อของนโยบาย Max-Min นั้น จะต้องไม่เกินระดับอะไหล่คงคลังสูงสุด ซึ่งเราก็จะเปลี่ยนค่าตัวแปรจาก ปริมาณการสั่งซื้อ (Q) เป็น Maxx ใน Variable spreadsheet module ด้วย



ภาพที่ 4-21 การสร้าง Assignment ชื่อ “Orderquantity” ของนโยบาย Max-Min

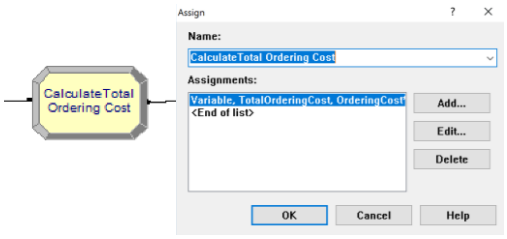
14. สร้าง Record module เพื่อนับจำนวนครั้งที่อะไหล่เพียงพอต่อความต้องการ



ภาพที่ 4-22 การสร้าง Num of order เพื่อนับครั้งการสั่งซื้ออะไหล่

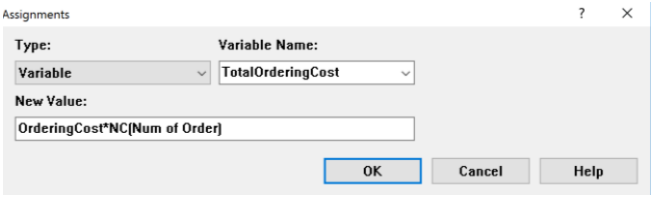
สร้าง Record module ชื่อ “Num of order” เพื่อนับจำนวนครั้งที่เกิดการสั่งซื้ออะไหล่เพื่อนำไปคำนวณค่าใช้จ่ายรวมที่จะเกิดขึ้นในการจำลองสถาการณ์แต่ละครั้ง โดยเลือกรูปแบบในการนับเป็น “Count”

15. สร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อ



ภาพที่ 4-23 การสร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อ

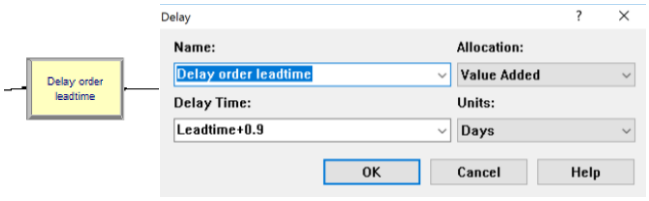
สร้าง Assign module ชื่อ “CalculateTotal ordering cost” เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดการสั่งซื้ออะไหล่



ภาพที่ 4-24 การกำหนด Assignments ของการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อ

โดย กำหนดให้ตัวแปร (Variable) ชื่อ “TotalOrderingCost” ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการสั่งซื้ออะไหล่ มีค่าเป็น “Ordering * NC(Num of order)” ซึ่งได้กำหนดค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อ (OrderingCost) ไว้ใน Variable spreadsheet module และค่า NC(Num of shortage) นำมาจากค่าของ “Num of order”

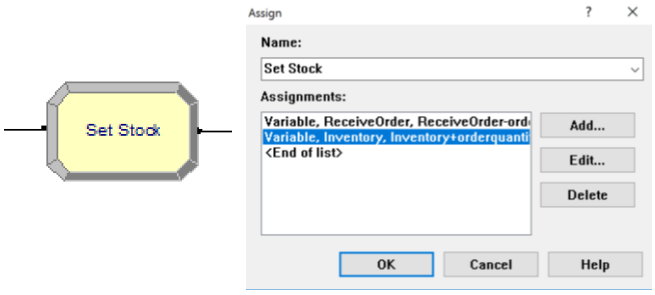
16. สร้าง Delay module เพื่อกำหนดระยะเวลานำ



ภาพที่ 4-25 การกำหนด Delay order leadtime

สร้าง Delay module ชื่อ “Delay order leadtime” เพื่อแสดงเวลาในการนำส่งอะไหล่ ซึ่งได้กำหนดช่วงเวลานำ (Leadtime) ไว้ใน Variable spreadsheet module การใช้ Delay module เพื่อให้วัตถุที่เข้าสู่โมดูลนี้ถูกหน่วงเวลาให้เท่ากับเวลานำส่งอะไหล่ มีค่าเป็น Leadtime+0.9 สำหรับค่า 0.9 นั้นเพื่อให้รับอะไหล่เข้ามาในคลังสินค้าก่อนที่จะเกิดความต้องการอะไหล่

17. สร้าง Assign module เพื่อกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลัง

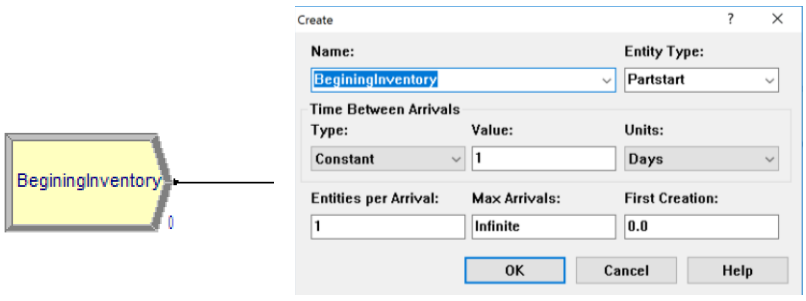


ภาพที่ 4-26 การสร้าง Set stock

สร้าง Assign module ชื่อ “Set stock” เพื่อกำหนดระดับอะไหล่คงคลังใหม่ เมื่อได้รับอะไหล่ที่ทำการสั่งไปแล้ว โดยกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “ReceiveOrder” มีค่าเป็น ReceiveOrder-Orderquantity เพื่อให้ตัวแปรนี้คำนวณจำนวนอะไหล่ที่สั่งไปแล้วแต่ยังไม่ได้รับใหม่ และกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “Inventory” มีค่าเป็น Inventory+Orderquantity เพื่อให้ตัวแปรนี้ปรับระดับคงคลังใหม่เมื่อได้รับอะไหล่แล้ว

18. สร้าง Dispose module ชื่อ “Dispose1” ต่อจากโมดูลชื่อ “Check for ordering” เพื่อนำวัตถุออกจากระบบ

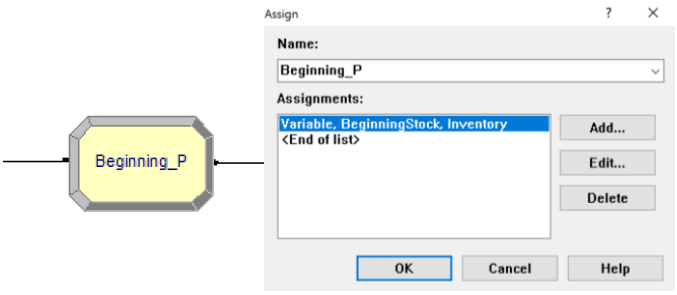
19. สร้าง Create module เพื่อกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลังตอนต้น Period



ภาพที่ 4-27 การสร้าง Beginninginventory module

สร้าง Create module ชื่อว่า “Beginninginventory” โดยให้ Units: Day แทน สัปดาห์ และกำหนดให้เกิดความต้องการอะไหล่ขึ้นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยกำหนดค่าคงที่เท่ากับ 1 (Constant = 1) และการมาถึงของความต้องการครั้งแรกเริ่มที่ เวลาผ่านไป 0.00 ของวัน เพื่อให้อะไหล่คงคลังของวันก่อนหน้าเข้าระบบก่อนจะเกิดความต้องการอะไหล่เกิดขึ้น

20. การสร้าง Assign module เพื่อกำหนดคุณสมบัติของวัตถุให้เท่ากับระดับอะไหล่คงคลัง ณ ปัจจุบัน

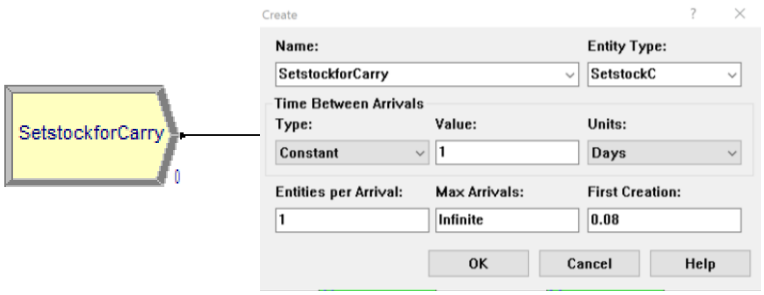


ภาพที่ 4-28 การสร้าง Set stock

สร้าง Assign module ชื่อ “Beginning_P” เพื่อกำหนดระดับอะไหล่คงคลังตอนต้น Period โดยกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “BeginningStock” มีค่าเป็น Inventory เพื่อให้วัตถุที่ผ่านโมดูลนี้มีระดับอะไหล่คงคลังเท่ากับ Inventory ตอนต้น Period

21. สร้าง Dispose module ชื่อ “Dispose 4” ต่อจากโมดูลชื่อ “Beginning_P” เพื่อนำวัตถุออกจากระบบ

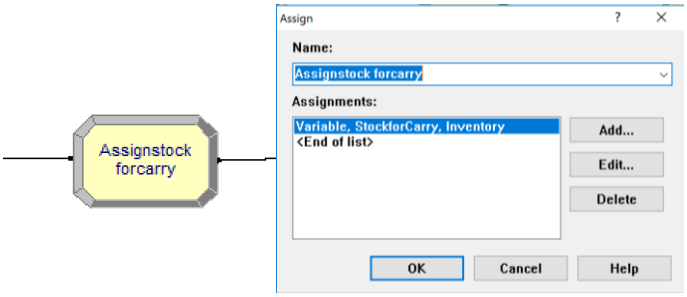
22. สร้าง Create module เพื่อกำหนดค่าระดับอะไหล่คงคลังตอนปลาย Period



ภาพที่ 4-29 การสร้าง SetstockforCarry module

สร้าง Create module ชื่อว่า “SetstockforCarry” โดยให้ Units: Day แทน สัปดาห์ และกำหนดให้เกิดความต้องการอะไหล่ขึ้นสัปดาห์ละ 1ครั้ง โดยกำหนดค่าคงที่เท่ากับ 1 (Constant = 1) และการมาถึงของความต้องการครั้งแรกเริ่มที่ เวลาผ่านไป 0.08 ของวันซึ่งเป็นช่วงท้ายของ Period เพื่อใช้สำหรับการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของอะไหล่ตั้งแต่ต้น Period ไปจนถึงปลาย Period

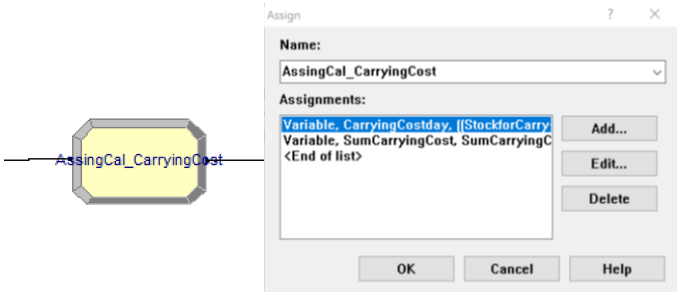
23. การสร้าง Assign module เพื่อกำหนดคุณสมบัติของวัตถุให้เท่ากับระดับอะไหล่คงคลัง ณ ปัจจุบัน



ภาพที่ 4-30 การสร้าง Assignstockforcarry module

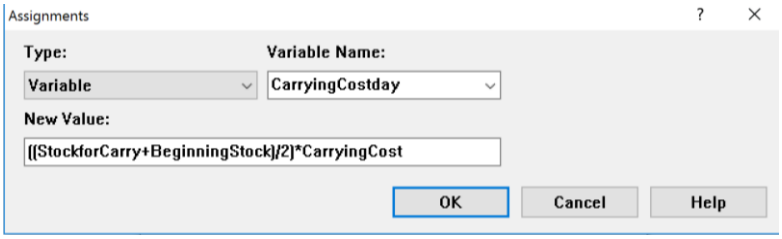
สร้าง Assign module ชื่อ “Assignstockforcarry” เพื่อกำหนดระดับอะไหล่คงคลังปลาย Period โดยกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “StockforCarry” มีค่าเป็น Inventory เพื่อให้วัตถุที่ผ่านโมดูลนี้มีระดับอะไหล่คงคลังเท่ากับ Inventory ตอนปลาย Period

24. การสร้าง Assign module เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

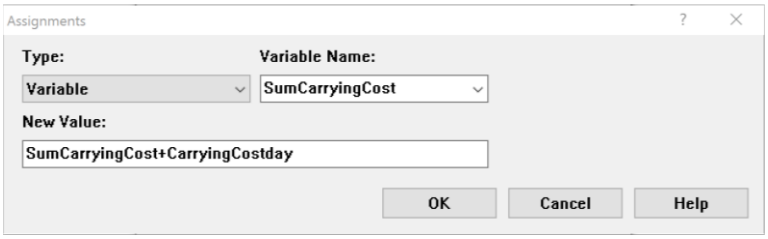


ภาพที่ 4-31 การสร้าง AssignCal_CarryingCost module

สร้าง Assign module ชื่อ “AssignCal_CarryingCost ” เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา โดยกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “CarryingCostDay” มีค่าเป็น ((StockforCarry+BeginningStock)/2)*CarryingCost ซึ่งเป็นสูตรในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาดังภาพที่ 4-32



ภาพที่ 4-32 การสร้าง Assignments: CarryingCostday

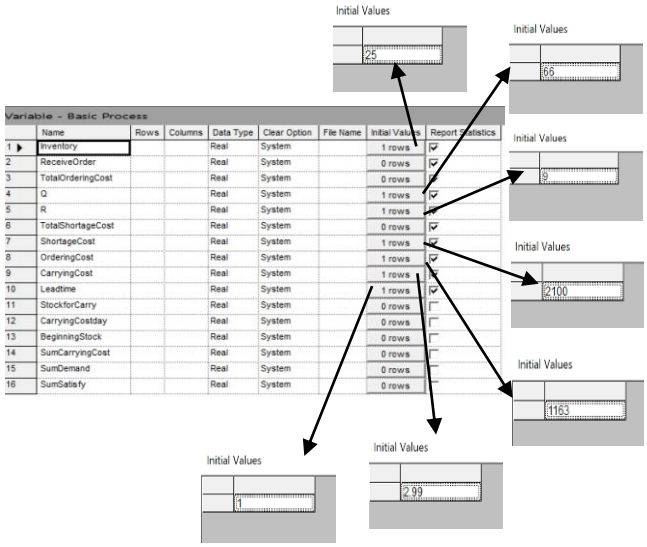


ภาพที่ 4-33 การสร้าง Assignments: SumCarryingCost

เป็นการสร้าง Assignments ชื่อ “SumCarryingCost” เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสะสม โดยกำหนดค่าตัวแปร (Variable) ชื่อ “SumCarryingCost” มีค่าเป็น SumCarryingCost+CarryingCostday

25. สร้าง Dispose module ชื่อ “Dispose 5” ต่อจากโมดูลชื่อ “AssignCal_CarryingCost” เพื่อนำวัตถุออกจากระบบ

26. สร้าง Variable spreadsheet module เพื่อกำหนดค่าตัวแปรที่จะใช้สำหรับแบบจำลอง



ภาพที่ 4-34 ค่าที่ป้อนให้กับตัวแปรใน Variable spreadsheet module

26.1 ตัวแปร Inventory คือ ระดับอะไหล่ในคงคลังเริ่มต้น

26.2 ตัวแปร ReceiveOrder คือ กำหนดจำนวนอะไหล่ที่สั่งไปแต่ยังไม่ได้รับ

26.3 ตัวแปร TotalOrderingCost คือ คำนวณค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ

26.4 ตัวแปร Q คือ ปริมาณในการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง ซึ่งใน**นโยบาย Max-Min** ตัวแปร คือ Maxx และ**นโยบาย T, S** คือ ตัวแปร TTime

26.5 ตัวแปร R คือ ใช้กำหนดระดับอะไหล่ที่ต้องมีการสั่งซื้อใหม่ ซึ่งใน **นโยบาย Max-Min** ตัวแปร คือ Minn และ**นโยบาย T, S** คือ ตัวแปร SMaxx

26.6 ตัวแปร TotalShortageCost คือ คำนวณค่าใช้จ่ายเมื่อมีอะไหล่ขาดมือ

26.7 ตัวแปร ShortageCost คือ ค่าใช้จ่ายเมื่ออะไหล่ขาดมือในแต่ละครั้ง

26.8 ตัวแปร OrderingCost คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง

26.9 ตัวแปร CarryingCost คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อชิ้น

26.10 ตัวแปร Leadtime คือ ช่วงเวลานำในการสั่งซื้อ

สำหรับ ข้อ 11-16 นั้นได้อธิบายไปแล้วใน หัวข้อก่อนหน้านี้ และคลิกเครื่องหมายถูกที่ Report statistics เพื่อให้มีการบันทึกค่าและแสดงไว้ในรายงานผลลัพธ์

27. สร้าง Statistic spreadsheet module เพื่อใช้เก็บค่าข้อมูลทางสถิติ

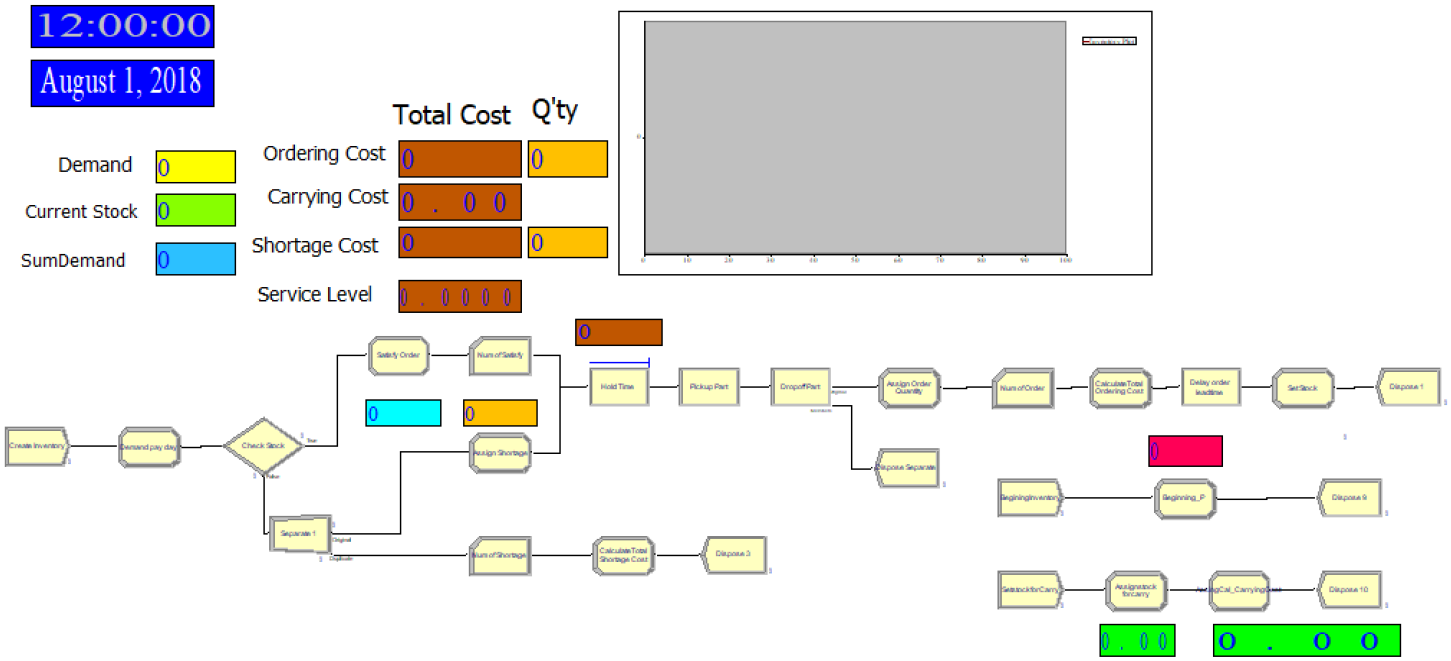
Statistic - Advanced Process

	Name	Type	Expression	Report Label	Output File
1	Statistic CarryingCost	Output	SumCarryingCost	Statistic CarryingCost	C:\Users\User\Desktop\ModelOK\Finish\dat\CarryingCost.dat
2	Statistic OrderingCost	Output	OrderingCost * NC(Num of Order)	Statistic OrderingCost	C:\Users\User\Desktop\ModelOK\Finish\dat\Ordering.dat
3	Statistic Sevice Level	Output	NC(Num of Satisfy) / SumDemand	Statistic Sevice Level	C:\Users\User\Desktop\ModelOK\Finish\dat\Sevice Level.dat
4	Statistic ShortageCost	Output	ShortageCost * NC(Num of Shortage)	Statistic ShortageCost	C:\Users\User\Desktop\ModelOK\Finish\dat\Shortagecost.dat
5	Statistic Totalcost	Output	TotalOrderingCost+SumCarryingCost+TotalShortageCost	Statistic Totalcost	C:\Users\User\Desktop\ModelOK\Finish\dat\Totalcost.dat

ภาพที่ 4-35 การสร้าง Statistic spreadsheet module

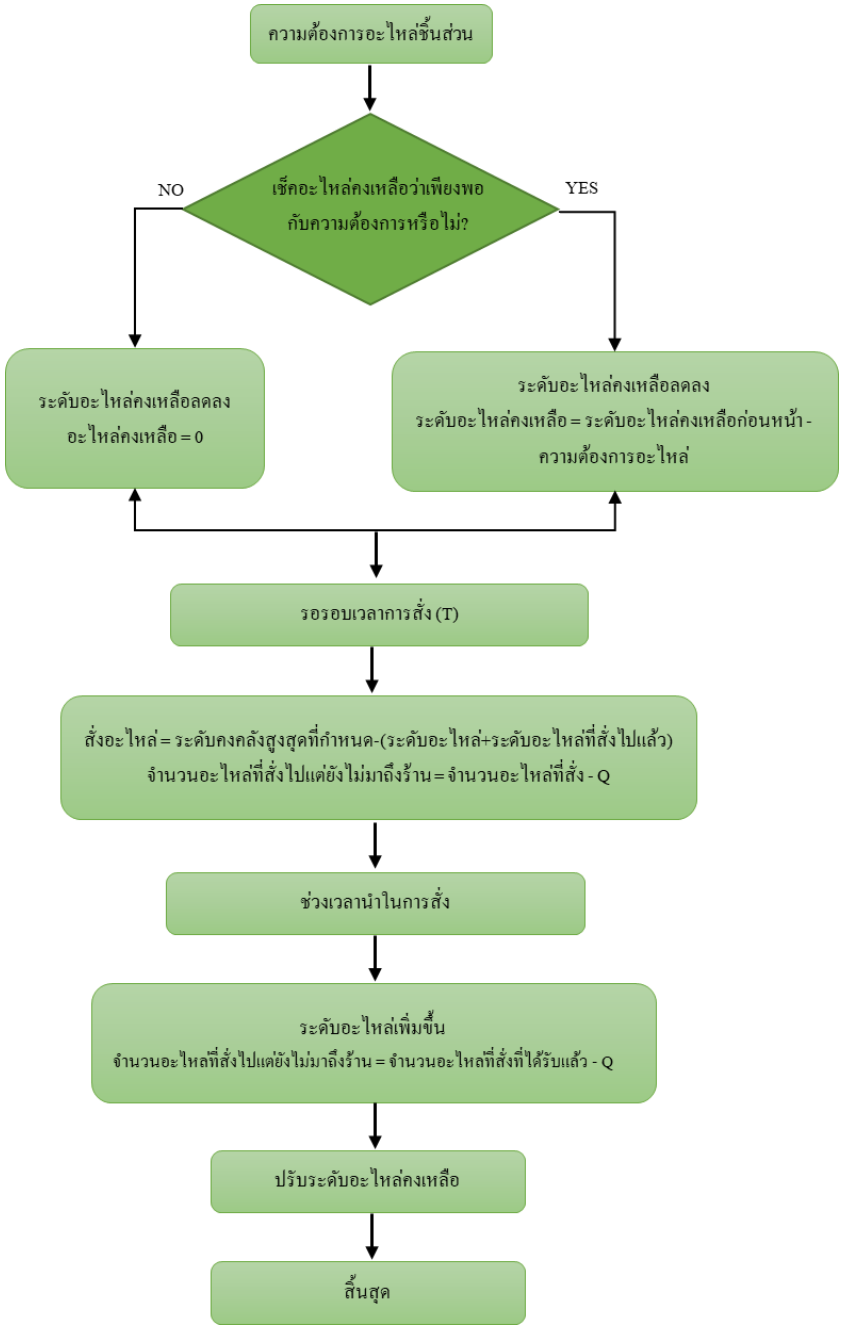
สร้าง Statistic spreadsheet module เพื่อใช้เก็บค่าข้อมูลทางสถิติของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น โดย “Statistic carryingCost” เพื่อเก็บค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา Expression คือ “SumCarryingCost” เพื่อเก็บค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการสั่งซื้อ Expression คือ Orderingcost * NC(Num of order) (ค่าใช้จ่ายเมื่อมีการสั่งซื้อ*จำนวนครั้งที่สั่ง) “Statistic shortageCost” เพื่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่ออะไหล่ขาดมือ Expression คือ ShortageCost * NC(Num of shortage) (ค่าใช้จ่ายเมื่ออะไหล่ขาดมือ*จำนวนครั้งที่อะไหล่ขาดมือ) “Statistic service level” เพื่อคำนวณระดับบริการของระบบ Expression คือ NC(Num of satisfy)/ SumDemand (จำนวนที่ระบบสามารถตอบสนองความต้องการได้/ จำนวนความต้องการทั้งหมด) และ “Statistic totalcost” เพื่อเก็บค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด Expression คือ Statistic totalcost (ค่าใช้จ่ายทั้งหมดบวกกัน)

นโยบาย T, S

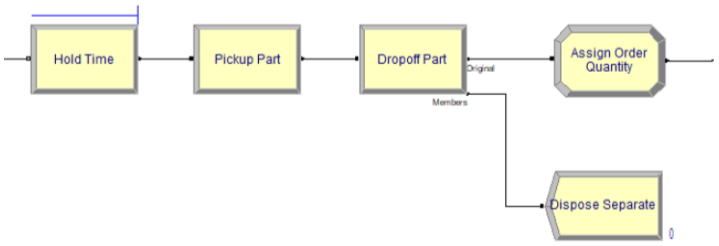


ภาพที่ 4-36 แบบจำลองนโยบาย T, S

การเขียนโปรแกรม ARENA นโยบาย T, S เพื่อหาผลลัพธ์ที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยรอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้ง (T) เท่ากับ 12 สัปดาห์และ ระดับคงคลังสูงสุด (S) เท่ากับ 76 ชิ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้อธิบายวิธีการคำนวณไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้แล้ว และทางผู้วิจัยจะอธิบายรายละเอียดของโปรแกรมเฉพาะรายละเอียดที่ต่างแตกจาก นโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min

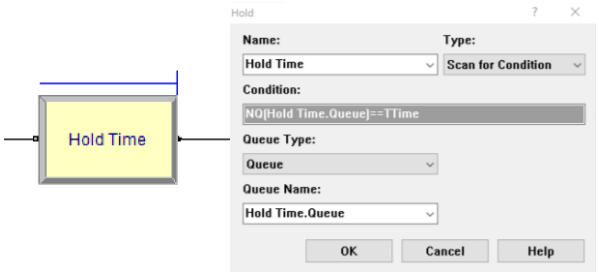


ภาพที่ 4-37 ขั้นตอนในการทำงานในแบบจำลอง นโยบาย T, S



ภาพที่ 4-38 Module จุดที่แตกต่างจาก นโยบาย Q, r และ Max-Min

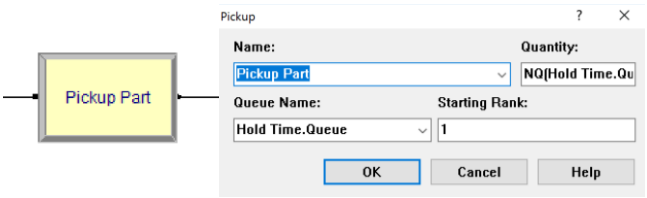
1. สร้าง Hold module เพื่อกำหนดรอบในการสั่งอะไหล่



ภาพที่ 4-39 การสร้าง Hold module

สร้าง Hold module ชื่อ “Hold time” เพื่อกำหนดรอบเวลาในการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่ โดยเลือกประเภทเป็น “Scan for condition” เพื่อกำหนดเงื่อนไขเป็น NQ(Hold time.Queue) และต้องทำการกำหนดรอบเวลาในการสั่งชิ้นส่วนอะไหล่ (TTime) ไว้ใน Variable spreadsheet module ด้วย

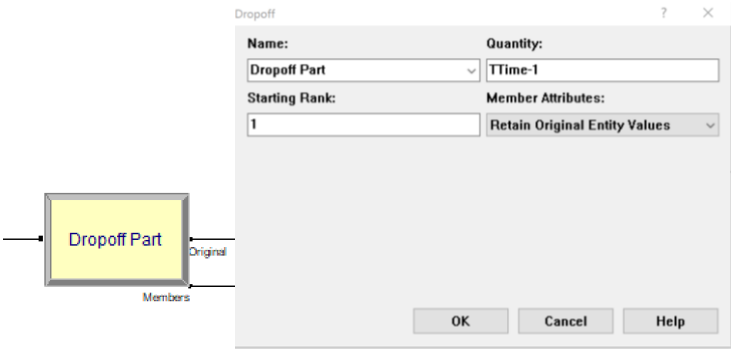
2. สร้าง Pickup module เพื่อเก็บอะไหล่ในคิว Hold module



ภาพที่ 4-40 การสร้าง Pickup module

สร้าง Pickup module ชื่อ “Pickup part” เพื่อเก็บวัตถุที่ค้างอยู่ในคิว Hold time โดยวัตถุที่ถูกเก็บออกมาจะถูกเก็บ Hold time ได้ปล่อยวัตถุออกมาและวัตถุที่ถูกเก็บออกมานั้นจะรวมกันเป็น 1 ก้อน

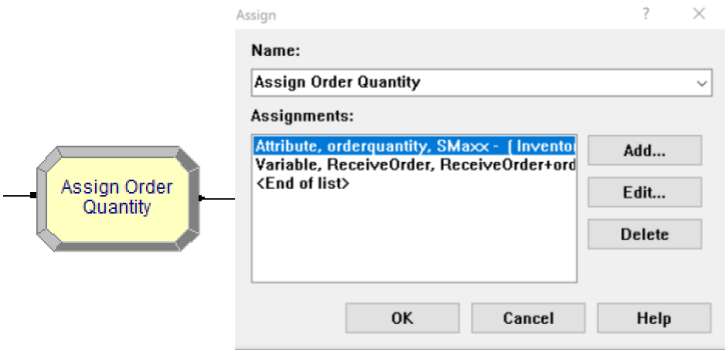
3. สร้าง Dropoff module เพื่อแยกวัตถุที่ถูกเก็บเป็นก้อนออก



ภาพที่ 4-41 การสร้าง Dropoff module

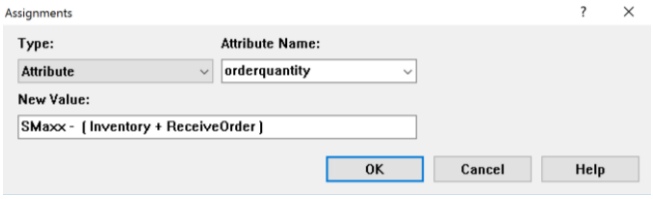
สร้าง Dropoff module ชื่อ “Dropoff part” เพื่อทำการแยกวัตถุออกจากกัน ซึ่งวัตถุที่ถูกเก็บมาโดย Pickup module นั้นจะรวมวัตถุออกเป็นก้อน ถ้าไม่ทำการแยกวัตถุระบบจะไม่สามารถรันได้ปกติ ปริมาณที่แยกออก คือ TTime-1 เนื่องจาก เราต้องปล่อยให้วัตถุ 1 ตัว ออกทางเส้นทางด้านบน เพื่อไปยัง Module คำสั่งอื่นต่อไป และวัตถุที่เหลือ ก็ให้ออกจากระบบไป

4. สร้าง Assign module เพื่อกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ



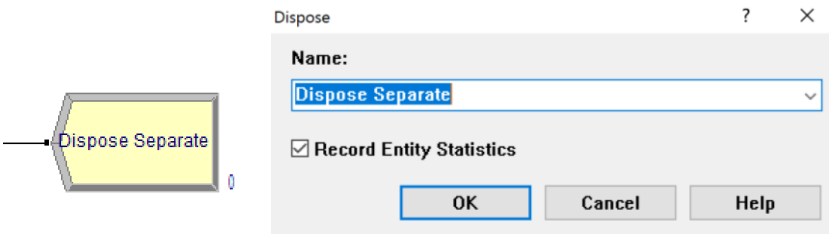
ภาพที่ 4-42 การสร้าง Assign order quantity

สร้าง Assign module ชื่อ “Assign order quantity” เพื่อกำหนดค่าให้ระดับอะไหล่ที่ต้องการสั่งซื้อเพื่อมาเติมในคลังอะไหล่ กำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ชื่อ “orderquantity” เป็นจำนวนอะไหล่ที่ต้องสั่งซื้อแต่ละครั้ง ให้ติดตัววัตถุไป มีค่าเป็น SMaxx-(Inventory + ReceiveOrder) ตามภาพที่ 4-43 ซึ่งกำหนดค่าปริมาณการสั่งซื้อ (SMaxx) ไว้ใน Variable spreadsheet module แล้ว และกำหนดตัวแปร (Variable) ชื่อ “ReceiveOrder” มีค่าเป็น ReceiveOrder+orderquantity เพื่อให้ตัวแปรนี้คำนวณจำนวนอะไหล่ที่สั่งไปแล้วแต่ยังไม่ได้รับอะไหล่



ภาพที่ 4-43 การสร้าง Assignments order quantity

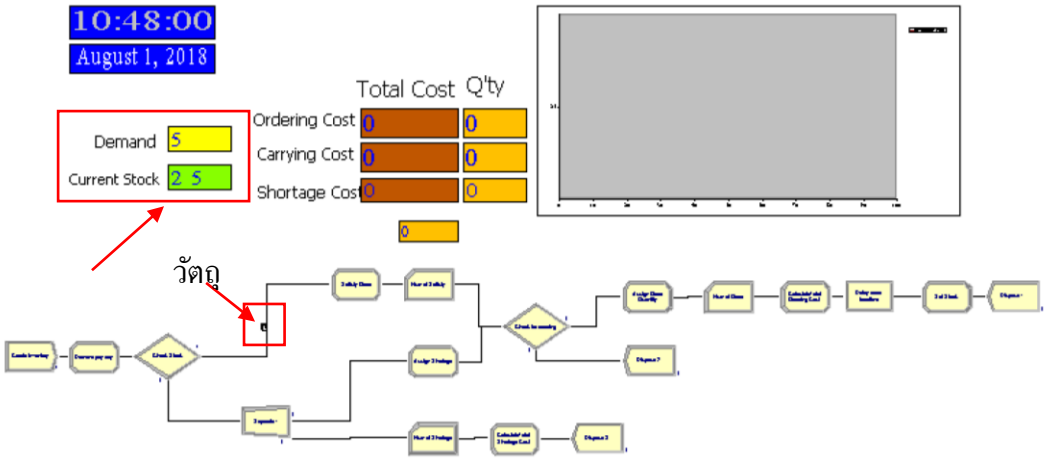
5. สร้าง Dispose module เพื่อให้วัตถุที่ทำการแยกแล้วจาก Dropoff module ออกจากระบบ



ภาพที่ 4-44 การสร้าง Dispose module

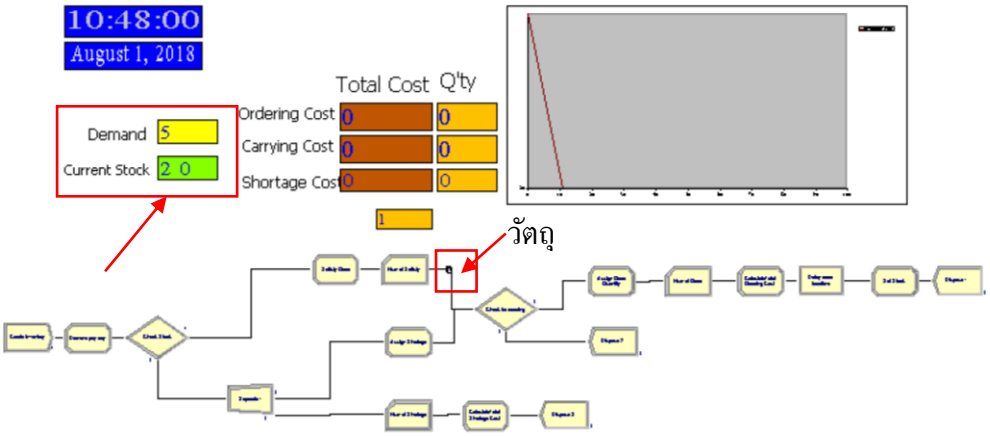
การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Verification)

การตรวจสอบแบบจำลองนโยบายอะไหล่คงคลัง โดยตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม ตามขั้นตอนการทำงานที่แสดงในภาพที่ 4-45 พบว่า โปรแกรมสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ โดยทางผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในการเปลี่ยนแปลงของระดับอะไหล่คงคลังดังนี้



ภาพที่ 4-45 การเคลื่อนไหวของแบบจำลอง

จากภาพที่ 4-45 จะเห็นได้ว่าระดับอะไหล่คงคลังเริ่มต้น คือ 25 ชิ้น ซึ่งเป็นไปตามที่เราได้กำหนดไว้ และความต้องการของวันที่ 1/8/2018 คือ 5 ชิ้น



ภาพที่ 4-46 การเคลื่อนไหวของแบบจำลองของสัปดาห์ที่ 1

เมื่อวัตถุวิ่งผ่าน “Satisfy order module” ระดับอะไหล่คงคลังก็ลดลงเหลือ 20 ชิ้น ซึ่งนั้นหมายถึง อะไหล่ได้ถูกเบิกไปใช้แล้วจำนวน 5 ชิ้น ทำให้ระดับอะไหล่คงคลังลดลง จากตัวอย่างข้างต้นก็ พบว่า โปรแกรมสามารถดำเนินการได้ถูกต้องแล้วและทางผู้วิจัยก็ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมทั้งหมดแล้ว

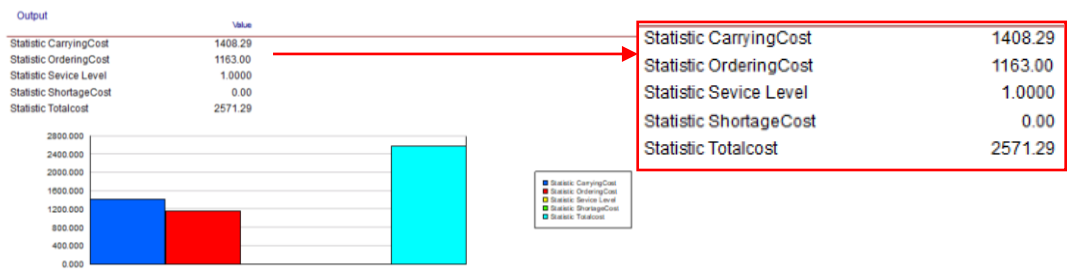
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation)

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองหรือการทวนสอบนั้นทางผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel) เข้ามาช่วยในการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยจะนำความต้องการวันที่ 1-15 ที่ทางโปรแกรม ARENA สร้างขึ้นมาใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นดังนี้

Carrying (H)	2.99	THB/units	Lead time (L)	1	Week	Q	66	units	TotalCost	2571.29	
Ordering Cost (P)	1163	THB/Times				R	9	units	SL	100.00%	
Shortage Cost	2100	THB/Times									
								SUM	1408.290	1163	0
Date	Week	Week demand	beg.Inv	Receive	Satif(Serve demand)	EOD Inv	EOD+Order	Order?	Weeks arrival	Carrying Cost	Ordering Cost	Shortage Cost
1/8/2018	1	5	25	0	5	20	20	0	0	67.2750	0	0
2/8/2018	2	5	20	0	5	15	15	0	0	52.33	0	0
3/8/2018	3	4	15	0	4	11	11	0	0	38.87	0	0
4/8/2018	4	3	11	0	3	8	8	1	6	28.41	1163	0
5/8/2018	5	3	8	0	3	5	71	0	0	19.44	0	0
6/8/2018	6	3	5	66	3	68	68	0	0	207.81	0	0
7/8/2018	7	9	68	0	9	59	59	0	0	189.87	0	0
8/8/2018	8	6	59	0	6	53	53	0	0	167.44	0	0
9/8/2018	9	8	53	0	8	45	45	0	0	146.51	0	0
10/8/2018	10	7	45	0	7	38	38	0	0	124.09	0	0
11/8/2018	11	3	38	0	3	35	35	0	0	109.14	0	0
12/8/2018	12	7	35	0	7	28	28	0	0	94.19	0	0
13/8/2018	13	9	28	0	9	19	19	0	0	70.27	0	0
14/8/2018	14	3	19	0	3	16	16	0	0	52.33	0	0
15/8/2018	15	5	16	0	5	11	11	0	0	40.37	0	0

ภาพที่ 4-47 การทวนสอบโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel)

ระดับอะไหล่คงเหลือสัปดาห์ที่ 1 เท่ากับ 25 ชิ้น และ เมื่อมีความต้องการเกิดขึ้นสัปดาห์ที่ 1 ถึง 15 ตามลำดับดังแสดงในคอลัมน์ “Week demand” และในสัปดาห์ที่ 4 ระดับอะไหล่คงคลังเหลือเพียง 8 ชิ้น ดังนั้นต้องทำการสั่งซื้ออะไหล่เพิ่มจำนวน 66 ชิ้น ซึ่งใช้เวลานำ 1 สัปดาห์จะได้รับอะไหล่ ในสัปดาห์ที่ 6 จึงเกิดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเท่ากับ 1,163 บาท ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของที่คำนวณในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล ก็ตรงกับผลลัพธ์ของ ARENA คือ 1,408.29 บาท ซึ่งไม่มีค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบ คือ 2,571.29 บาท

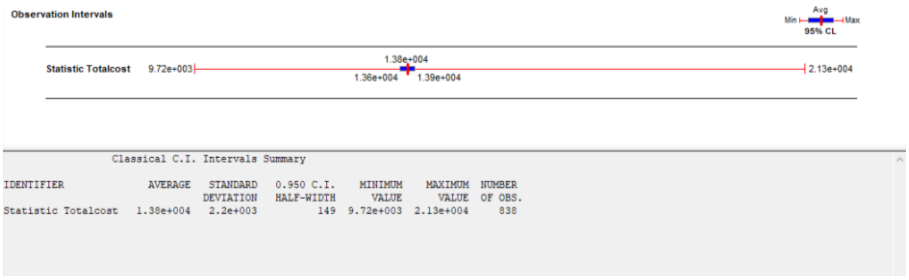


ภาพที่ 4-48 รายงานผลลัพธ์ของการรันโปรแกรม

การทวนสอบการทำงานของระบบนั้น ใช้ข้อมูลของอะไหล่ชิ้นส่วน A ที่มีการแจกแจงแบบปกติมาทำการจำลองความต้องการโดยใช้ โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลที่ได้สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม และทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการโดยทำการรันจำนวน 50 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์สามารถแสดงดังตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8 โดยผลลัพธ์ที่ได้ พบว่า ค่าใช้จ่ายรวม มีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 13,740.92 บาท และระดับบริการที่ยอมรับได้คิดเป็น 96.5% ซึ่งข้อมูลที่ได้จากระบบที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ดังภาพที่ 4-49 มีช่วงค่าใช้จ่ายรวม 13,600 ถึง 13,900 บาท และ ภาพที่ 4-50 มีช่วงระดับบริการ 96.3% ถึง 96.6% ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการที่ได้อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นจึงแสดงได้ว่าระบบสามารถทำงานได้จริง และข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมไมโครเซฟท์เอกซ์เซลก็ทำการทดสอบค่า T-Test แล้ว พบว่า ช่วงความเชื่อมั่น 95% 13,169-14,313 บาท ดังภาพที่ 4-51 สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของนโยบายอื่นแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4-7 ผลลัพธ์การรันค่าใช้จ่ายโดยรวมโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

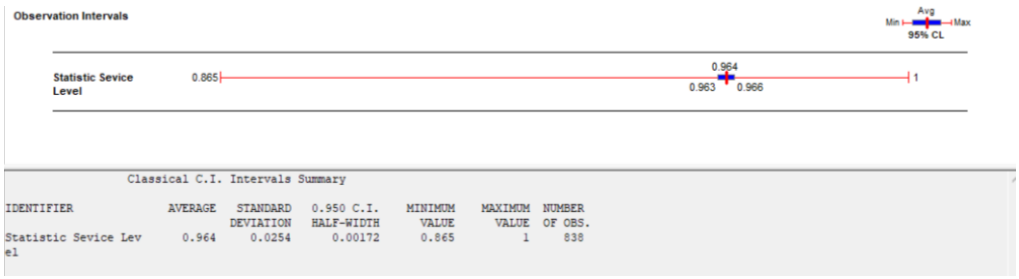
N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost
1	15014.28	11	13280.56	21	10155.10	31	12869.43	41	12419.55
2	13446.50	12	16202.44	22	17020.55	32	12972.59	42	11038.53
3	10761.96	13	15021.76	23	17011.13	33	14987.37	43	14918.60
4	17422.25	14	15072.59	24	13137.04	34	15269.93	44	11291.19
5	13120.59	15	15211.62	25	19287.54	35	13014.45	45	13349.33
6	13131.06	16	15405.97	26	14343.14	36	11274.74	46	11361.45
7	15100.99	17	11415.27	27	17060.46	37	15060.63	47	13041.36
8	13211.79	18	11250.82	28	9848.62	38	14265.40	48	15121.92
9	12119.05	19	15234.05	29	14900.66	39	11238.86	49	13062.29
10	13957.43	20	12917.27	30	13047.34	40	13247.67	50	13131.06
Average							13740.92		



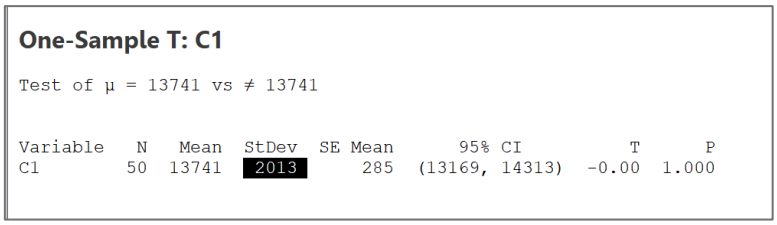
ภาพที่ 4-49 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% ของ Total cost

ตารางที่ 4-8 ผลลัพธ์การรันระดับบริการโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost
1	0.95649	11	0.99671	21	0.95688	31	0.99649	41	0.98456
2	0.95688	12	0.96528	22	0.95798	32	0.99327	42	0.95270
3	0.95688	13	0.95264	23	0.95333	33	0.95270	43	0.98000
4	0.95339	14	0.97078	24	0.95966	34	0.95039	44	0.96528
5	0.96940	15	0.97973	25	0.95078	35	0.98366	45	0.95653
6	0.95340	16	0.96758	26	0.95889	36	1.00000	46	0.96653
7	0.95621	17	0.96528	27	0.96907	37	0.95973	47	0.98336
8	0.95669	18	0.95528	28	0.95270	38	0.95789	48	0.95976
9	0.96634	19	0.96944	29	0.95595	39	0.96789	49	0.99650
10	0.97849	20	0.95296	30	0.95664	40	0.96298	50	0.95344
Average							0.96551		



ภาพที่ 4-50 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% ของ Service level



One-Sample T: C1

Test of μ = 13741 vs ≠ 13741

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
C1	50	13741	2013	285	(13169, 14313)	-0.00	1.000

ภาพที่ 4-51 ผลลัพธ์การทดสอบ T-Test จาก Minitab

จำนวนรอบที่เหมาะสมในการทดลอง

การรันแบบจำลองจะทำการรันโปรแกรมตามขนาดตัวอย่าง โดยกำหนดขนาด ตัวอย่างจากค่า half width ของดัชนีที่สนใจซึ่งก็คือค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในระบบคลังอะไหล่ทั้งหมด โดยแบบจำลองได้กำหนดรอบในการรันข้างต้นที่ 20 Replications กำหนดความยาวของการรัน (Replications length) 52 Days (แทนด้วยค่าสัปดาห์) กำหนดเวลาการให้บริการที่ 12 ชั่วโมง คือ เวลาการทำงานตั้งแต่ 08.00-20.00 น. และ Base time units เป็นชั่วโมง เมื่อทำการรันเสร็จผลของโปรแกรมแสดงค่าดัชนีต่าง ๆ นำดัชนีค่าเฉลี่ย (Average) และ ค่า haft width (h) มาทำการคำนวณค่า n Target ดังตารางที่ 4-9 เพื่อใช้แทนค่าในการหาการรันที่ Replications ที่เหมาะสม หาได้จากสมการด้านล่าง

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h^2} \tag{4-4}$$

โดย

n คือ จำนวน Replication ที่จะทำให้ได้ half width เป้าหมาย

n_0 คือ จำนวน Replication ที่รันครั้งก่อนหน้า

h คือ ค่า half width ที่ต้องการ

h_0 คือ ค่า half width ที่รันจำนวนครั้งที่กำหนดตอนแรก

และนำผลลัพธ์ของดัชนีที่สนใจมาวิเคราะห์ตามหลักการทางสถิติ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมาใช้ในการวิเคราะห์ระบบ

ตารางที่ 4-9 ผลลัพธ์จากการรันแบบจำลอง 20 Replication และจำนวนการรันแบบจำลองต้องการ

ดัชนี	Average	Half width (h_0)	error5%	h	n
Statistic ordering cost	5466.10	255.91	0.05	273.31	17.54
Statistic carrying cost	5197.89	77.97	0.05	259.89	1.80
Statistic shortage cost	2835.00	917.27	0.05	141.75	837.49
Statistic total cost	8301.10	894.36	0.05	415.06	92.86
Statistic service level	0.97	0.01	0.05	0.05	0.85

จากตารางที่ 4-9 ผลของ n ที่มากที่สุด คือ 837.49 ดังนั้นจึงทำการรันที่ 838 Replications เพื่อตรวจสอบค่า Half width ว่าอยู่ในช่วงที่ไม่เกิน h ของแต่ละดัชนีหรือไม่ซึ่งผลการรัน พบว่าค่า h new ทุกดัชนีมีค่าน้อยกว่า ค่า h ในตารางที่ 4-9 ทุกดัชนี ที่การรันแบบจำลอง 838 Replications สำหรับรอบในการรันของพฤติกรรมการแจกแจงแบบอื่น สรุปในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 จำนวนรอบที่เหมาะสมในการทดลองของทุกพฤติกรรมการแจกแจง

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		นโยบาย (รอบ)		
			Q,R	Max-Min	T, S
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	838	885	25
B		Exponential	127	126	150
C		Weibull	152	433	50
D		Lognormal	716	364	280
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	55	20	35
F		Poisson	639	879	60

การวิเคราะห์กระบวนการนำออก (Process analyzer)

กระบวนการนำออกหรือ Process analyzer เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม ARENA เป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างทางเลือกของผลลัพธ์ให้กับระบบ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำมาวิเคราะห์ผลลัพธ์ของระบบที่ทางผู้วิจัยได้สร้างขึ้นและอธิบายไปก่อนหน้านี้แล้ว โดยผู้วิจัยจะนำแบบจำลองของทั้ง 3 นโยบาย ซึ่งใช้ข้อมูลของชิ้นส่วนอะไหล่ F มาทำการวิเคราะห์ โดยการเปลี่ยนค่าควบคุม (Control) ของแต่ละแบบจำลอง โดยทางผู้วิจัยจะแบ่งการเปลี่ยนค่าควบคุมเป็น 4 ขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งแต่ละนโยบายก็มีค่าในการควบคุม 2 ตัว ด้วยกันนั่นคือ นโยบาย Q, r ค่าควบคุม คือ Q และ r นโยบาย T, S ค่าควบคุม คือ T และ S และนโยบาย Max-Min ค่าควบคุม คือ Max และ Min ซึ่งขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าตัวควบคุมตัวที่ 1 ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าเดิม แล้วปรับค่าตัวควบคุมตัวที่ 2 และกำหนดค่า ตัวควบคุมตัวที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าเดิม แล้วปรับค่าตัวควบคุมตัวที่ 1

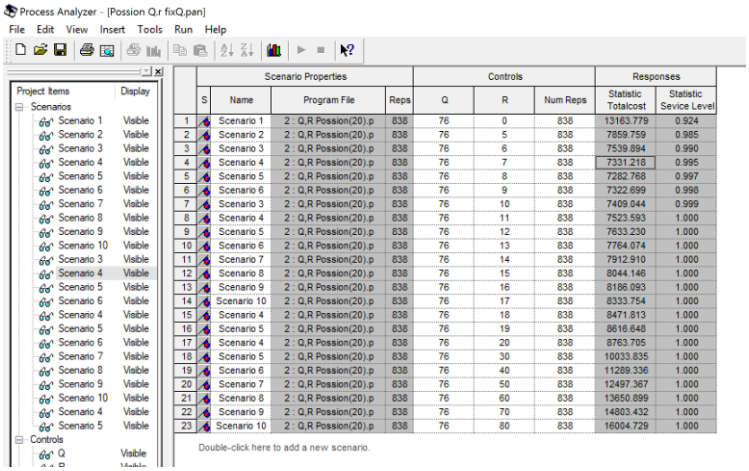
ขั้นตอนที่ 2 นำค่าที่ได้จากตัวควบคุมตัวที่ 1 ในขั้นตอนที่1 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดมาใช้ในการกำหนดค่า และเปลี่ยนค่าตัวควบคุมตัวที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 นำค่าที่ได้จากตัวควบคุมตัวที่ 2 ในขั้นตอนที่1 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดมาใช้ในการกำหนดค่า และเปลี่ยนค่าตัวควบคุมตัวที่ 1

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อดำเนินการเสร็จแล้ว จะได้ช่วงของค่าที่เป็นไปได้ที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และระดับบริการดีที่สุด ของทั้ง 2 ค่าควบคุม และนำช่วงที่ได้ มาทดสอบใน Process analyzer อีกครั้ง โดยสลับค่าควบคุมระหว่าง ตัวแปรทั้งสอง ให้ครบตามความเป็นไปได้ที่จะเกิดผลตอบสนอง (Response) ที่ดีที่สุด

ซึ่งจะยกตัวอย่างการดำเนินการวิเคราะห์ของอะไหล่ชิ้นส่วน F ซึ่งมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ของนโยบาย Q, r โดยค่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) และจุดสั่งซื้อ (r) เป็นตัวควบคุม โดยกำหนดให้ Q เป็นตัวควบคุม 1 และ r เป็นตัวควบคุม 2 โดยค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการเป็นผลตอบสนอง

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าควบคุม 1 (Q) และปรับค่าตัวควบคุม 2 (r) ขึ้นลงให้ ครอบคลุมความเป็นไปได้ที่ จะเกิดผลตอบสนองดีที่สุด



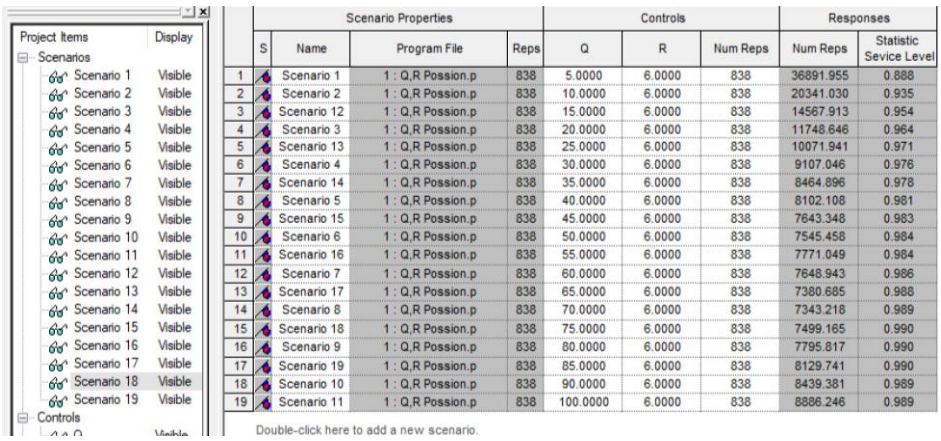
ภาพที่ 4-52 กำหนดค่าควบคุม Q

จากภาพที่ 4-52 ทางผู้วิจัยจะเพิ่มและลดค่าควบคุม 2 (r) ให้ครอบคลุมผลลัพธ์ที่จะเกิดผลตอบสนองที่ดีที่สุด ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลตอบสนอง r เท่ากับ 6-11

r	Total cost	Service level
5	7859.759	0.985
6	7539.894	0.99
7	7244.848	0.996
8	7282.768	0.997
9	7322.699	0.998
10	7409.044	0.999
11	7523.593	1
12	7633.23	1

จากตารางที่ 4-11 ได้ค่าที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ r เท่ากับ 8 ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 7,282.77 บาท และระดับบริการอยู่ที่ 0.997 โดยจะได้ช่วงของ r เท่ากับ 7 ถึง 9



Project Items	Display
Scenarios	
Scenario 1	Visible
Scenario 2	Visible
Scenario 3	Visible
Scenario 4	Visible
Scenario 5	Visible
Scenario 6	Visible
Scenario 7	Visible
Scenario 8	Visible
Scenario 9	Visible
Scenario 10	Visible
Scenario 11	Visible
Scenario 12	Visible
Scenario 13	Visible
Scenario 14	Visible
Scenario 15	Visible
Scenario 16	Visible
Scenario 17	Visible
Scenario 18	Visible
Scenario 19	Visible
Controls	

	Scenario Properties				Controls			Responses	
	S	Name	Program File	Reps	Q	R	Num Reps	Num Reps	Statistic Sevice Level
1		Scenario 1	1 : Q,R Possion.p	838	5.0000	6.0000	838	36891.955	0.888
2		Scenario 2	1 : Q,R Possion.p	838	10.0000	6.0000	838	20341.030	0.935
3		Scenario 12	1 : Q,R Possion.p	838	15.0000	6.0000	838	14567.913	0.954
4		Scenario 3	1 : Q,R Possion.p	838	20.0000	6.0000	838	11748.646	0.964
5		Scenario 13	1 : Q,R Possion.p	838	25.0000	6.0000	838	10071.941	0.971
6		Scenario 4	1 : Q,R Possion.p	838	30.0000	6.0000	838	9107.046	0.976
7		Scenario 14	1 : Q,R Possion.p	838	35.0000	6.0000	838	8464.896	0.978
8		Scenario 5	1 : Q,R Possion.p	838	40.0000	6.0000	838	8102.108	0.981
9		Scenario 15	1 : Q,R Possion.p	838	45.0000	6.0000	838	7643.348	0.983
10		Scenario 6	1 : Q,R Possion.p	838	50.0000	6.0000	838	7545.458	0.984
11		Scenario 16	1 : Q,R Possion.p	838	55.0000	6.0000	838	7771.049	0.984
12		Scenario 7	1 : Q,R Possion.p	838	60.0000	6.0000	838	7648.943	0.986
13		Scenario 17	1 : Q,R Possion.p	838	65.0000	6.0000	838	7380.685	0.988
14		Scenario 8	1 : Q,R Possion.p	838	70.0000	6.0000	838	7343.218	0.989
15		Scenario 18	1 : Q,R Possion.p	838	75.0000	6.0000	838	7499.165	0.990
16		Scenario 9	1 : Q,R Possion.p	838	80.0000	6.0000	838	7795.817	0.990
17		Scenario 19	1 : Q,R Possion.p	838	85.0000	6.0000	838	8129.741	0.990
18		Scenario 10	1 : Q,R Possion.p	838	90.0000	6.0000	838	8439.381	0.989
19		Scenario 11	1 : Q,R Possion.p	838	100.0000	6.0000	838	8886.246	0.989

Double-click here to add a new scenario.

ภาพที่ 4-53 กำหนดค่าควบคุม r

จากภาพที่ 4-53 ทางผู้วิจัยจะเพิ่มและลดค่าควบคุม 1 (Q) ให้ครอบคลุมผลลัพธ์ที่จะเกิดผลตอบสนองที่ดีที่สุด ซึ่งอยู่ที่ช่วง Q เท่ากับ 50-80 แล้วนำไปหาผลตอบสนองใน Process analyzer อีกครั้ง

ตารางที่ 4-12 ผลตอบสนอง Q เท่ากับ 50-80

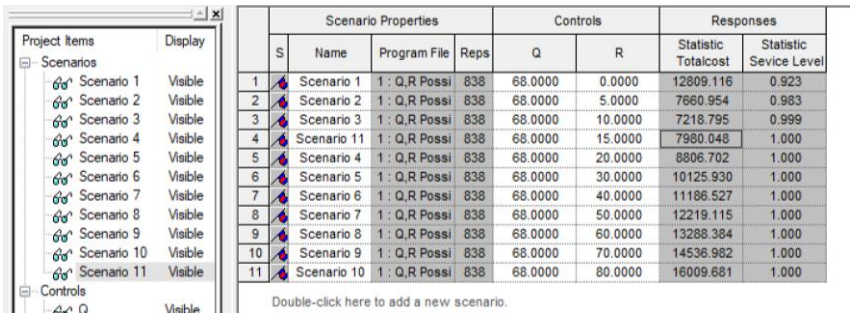
Q	Total cost	Service level	Q	Total cost	Service level
50	7545.458	0.984	61	7571.279	0.987
51	7631.44	0.984	62	7484.216	0.988
52	7678.003	0.984	63	7397.316	0.989
53	7621.68	0.985	64	7407.455	0.988
54	7762.204	0.983	65	7380.685	0.988
55	7771.049	0.984	66	7305.961	0.989
56	7739.538	0.984	67	7272.652	0.989
57	7701.144	0.985	68	7267.76	0.989
58	7705.307	0.985	69	7286.714	0.989
59	7685.448	0.985	70	7343.218	0.989
60	7648.943	0.986	71	7352.953	0.989

ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

Q	Total cost	Service level	Q	Total cost	Service level
72	7385.46	0.989	77	7586.435	0.991
73	7454.338	0.989	78	7666.185	0.99
74	7451.569	0.99	79	7703.367	0.99
75	7499.165	0.99	80	7795.817	0.99
76	7539.894	0.99			

จากตารางที่ 4-12 ได้ค่าที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ Q เท่ากับ 68 ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 7,267.76 บาท และระดับบริการอยู่ที่ 0.989 โดยจะได้ช่วงของ Q เท่ากับ 67 ถึง 69

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าควบคุม 1 ที่ดีที่สุด (Q) เท่ากับ 68 และปรับค่าตัวควบคุม 2 (r) ขึ้นลงให้ ครอบคลุมความเป็นไปได้ที่ จะเกิดผลตอบสนองดีที่สุด



ภาพที่ 4-54 กำหนดค่าควบคุม Q ที่ดีที่สุด

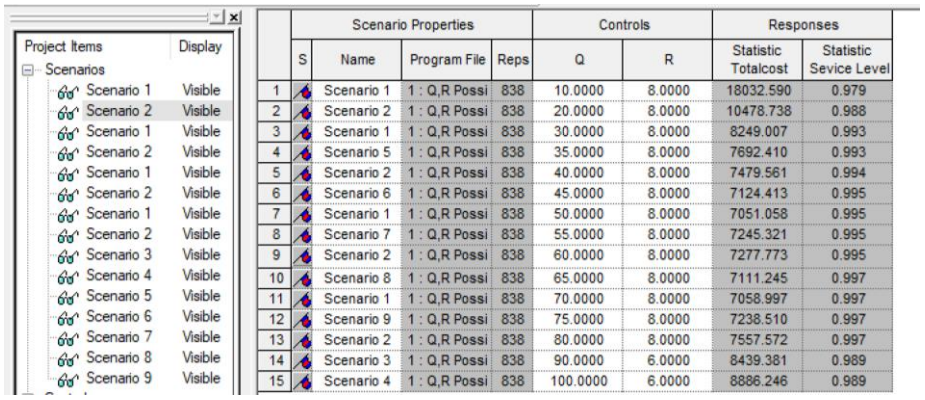
จากภาพที่ 4-54 ทางผู้วิจัยจะเพิ่มและลดค่าควบคุม 2 (r) ให้ครอบคลุมผลลัพธ์ที่จะเกิดผลตอบสนองที่ดีที่สุด ซึ่งอยู่ที่ช่วง r เท่ากับ 5-15 แล้วนำไปหาผลตอบสนองใน Process analyzer อีกครั้ง

ตารางที่ 4-13 ผลตอบสนอง r เท่ากับ 5-15

r	Total cost	Service level	r	Total cost	Service level
5	7660.954	0.983	11	7361.779	1
6	7267.76	0.989	12	7505.297	1
7	7092.569	0.994	13	7656.212	1
8	7072.685	0.996	14	7811.468	1
9	7128.611	0.998	15	7980.048	1
10	7218.795	0.999			

จากตารางที่ 4-13 ได้ค่าที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ r เท่ากับ 8 ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 7,072.69 บาท และระดับบริการอยู่ที่ 0.996 โดยจะได้ช่วงของ r เท่ากับ 7 ถึง 8

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าควบคุม 2 ที่ดีที่สุด (r) เท่ากับ 8 และปรับค่าตัวควบคุม 1 (Q) ขึ้นลงให้ ครอบคลุมความเป็นไปได้ที่ จะเกิดผลตอบสนองดีที่สุด



	Scenario Properties				Controls		Responses	
	S	Name	Program File	Reps	Q	R	Statistic Totalcost	Statistic Sevice Level
1		Scenario 1	1 : Q,R Possi	838	10.0000	8.0000	18032.590	0.979
2		Scenario 2	1 : Q,R Possi	838	20.0000	8.0000	10478.738	0.988
3		Scenario 1	1 : Q,R Possi	838	30.0000	8.0000	8249.007	0.993
4		Scenario 5	1 : Q,R Possi	838	35.0000	8.0000	7692.410	0.993
5		Scenario 2	1 : Q,R Possi	838	40.0000	8.0000	7479.561	0.994
6		Scenario 6	1 : Q,R Possi	838	45.0000	8.0000	7124.413	0.995
7		Scenario 1	1 : Q,R Possi	838	50.0000	8.0000	7051.058	0.995
8		Scenario 7	1 : Q,R Possi	838	55.0000	8.0000	7245.321	0.995
9		Scenario 2	1 : Q,R Possi	838	60.0000	8.0000	7277.773	0.995
10		Scenario 8	1 : Q,R Possi	838	65.0000	8.0000	7111.245	0.997
11		Scenario 1	1 : Q,R Possi	838	70.0000	8.0000	7058.997	0.997
12		Scenario 9	1 : Q,R Possi	838	75.0000	8.0000	7238.510	0.997
13		Scenario 2	1 : Q,R Possi	838	80.0000	8.0000	7557.572	0.997
14		Scenario 3	1 : Q,R Possi	838	90.0000	6.0000	8439.381	0.989
15		Scenario 4	1 : Q,R Possi	838	100.0000	6.0000	8886.246	0.989

ภาพที่ 4-55 กำหนดค่าควบคุม r ที่ดีที่สุด

จากภาพที่ 4-55 ทางผู้วิจัยจะเพิ่มและลดค่าควบคุม 1 (Q) ให้ครอบคลุมผลลัพธ์ที่จะเกิดผลตอบสนองที่ดีที่สุด ซึ่งอยู่ที่ช่วง Q เท่ากับ 45-75 แล้วนำไปหาผลตอบสนองใน Process analyzer อีกครั้ง

ตารางที่ 4-14 ผลตอบสนอง Q เท่ากับ 45-75

Q	Total cost	Service level	Q	Total cost	Service level
45	7124.413	0.995	65	7111.245	0.997
46	7068.81	0.995	66	7078.097	0.997
47	7093.287	0.995	67	7078.795	0.997
48	7036.625	0.995	68	7072.685	0.996
49	7034.723	0.995	69	7286.714	0.989
50	7051.058	0.995	70	7058.997	0.997
51	7082.94	0.995	61	7257.997	0.996
52	7123.143	0.995	62	7192.935	0.996
53	7155.655	0.995	63	7157.301	0.997
54	7203.95	0.995	64	7148.873	0.996
55	7245.321	0.995	71	7083.786	0.997
56	7295.293	0.995	72	7132.442	0.997
57	7236.598	0.996	73	7454.338	0.989
58	7273.842	0.995	74	7451.569	0.99
59	7282.193	0.995	75	7238.51	0.997
60	7277.773	0.995			

จากตารางที่ 4-14 ได้ค่าที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ Q เท่ากับ 58 ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 7,273.84 บาท และระดับบริการอยู่ที่ 0.995 โดยจะได้ช่วงของ Q เท่ากับ 46 ถึง 71 ดังนั้นสรุปได้ว่า Q มีช่วงอยู่ที่ 46 ถึง 71 และ r มีช่วงอยู่ที่ 7-9

ขั้นตอนที่ 4 นำช่วงของ Q และ r ไปหาผลตอบสนองที่ดีที่สุด โดยใช้ Process analyzer อีกครั้ง

ตารางที่ 4-15 ผลตอบสนอง Q เท่ากับ 46-71 และ r เท่ากับ 7-9

Q	r	Total cost	Service level	Q	r	Total cost	Service level
46	7	7243.134	0.991	70	7	7104.833	0.994
47	7	7237.658	0.991	71	7	7147.075	0.994
48	7	7103.207	0.992	46	8	7079.619	0.995
49	7	7208.461	0.991	47	8	7105.632	0.995
50	7	7188.414	0.991	48	8	7048.427	0.995
51	7	7226.926	0.991	49	8	7055.055	0.995
52	7	7258.874	0.991	50	8	7051.058	0.995
53	7	7311.376	0.991	51	8	7082.94	0.995
54	7	7348.625	0.991	52	8	7123.143	0.995
55	7	7397.166	0.99	53	8	7155.655	0.995
56	7	7400.371	0.991	54	8	7203.95	0.995
57	7	7349.326	0.992	55	8	7245.321	0.995
58	7	7423.291	0.991	56	8	7295.293	0.995
59	7	7380.363	0.992	57	8	7236.598	0.996
60	7	7367.71	0.992	58	8	7273.842	0.995
61	7	7304.745	0.993	59	8	7282.193	0.995
62	7	7290.705	0.993	.	.	.	.
63	7	7186.028	0.994	.	.	.	.
64	7	7182.79	0.993	.	.	.	.
65	7	7171.12	0.993	50	9	7030.347	0.998
66	7	7129.28	0.994	.	.	.	.
67	7	7118.583	0.993	.	.	.	.
68	7	7092.569	0.994	.	.	.	.
69	7	7083.663	0.994	71	9	7121.447	0.999

ผลตอบสนองที่ดีที่สุด คือ ปริมาณการสั่งซื้อ (Q) เท่ากับ 50 และจุดสั่งซื้อ (r) เท่ากับ 9 ค่าใช้จ่ายรวม 7,030.35 บาท ระดับบริการ 0.998 จากค่าเดิมที่ค่า Q เท่ากับ 55 และ r เท่ากับ 6 ค่าใช้จ่ายโดยรวมเท่ากับ 8,184 บาท ระดับบริการ 0.98

สำหรับผลการรันของการดำเนินการขั้นตอนที่ 4 ของทุกนโยบายแสดงอยู่ในภาคผนวก ค และผลลัพธ์พฤติกรรมการแจกแจงแบบอื่น ๆ ทางผู้วิจัยสามารถสรุปผลตอบสนองโดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-16 และตารางที่ 4-17

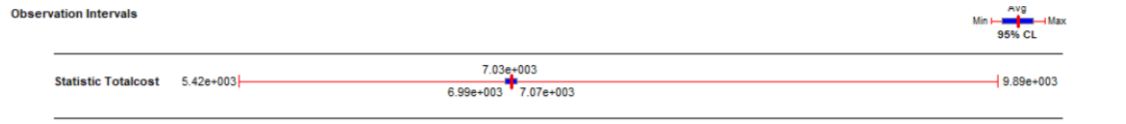
ตารางที่ 4-16 สรุปค่าใช้จ่ายรวมของทุกประเภทการแจกแจง

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด (ต่อปี)		
			Q, R	T, S	Max-Min
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	11,599.18	19,469.55	11,612.64
B		Exponential	13,606.25	20,701.15	13,710.75
C		Weibull	7,929.01	12,570.32	7,945.96
D		Lognormal	9,490.91	13,572	9,448.18
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	15,498.12	22,408.36	14,773.62
F		Poisson	7,030.35	11,769	7,054.92
ค่าใช้จ่ายรวม			65,153.82	100,491.30	64,546.07

ตารางที่ 4-17 สรุประดับบริการของทุกประเภทการแจกแจง

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ระดับบริการ (ต่อปี)		
			Q, R	Max-Min	T, S
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	0.996	0.998	0.941
B		Exponential	0.978	0.976	0.945
C		Weibull	0.996	0.998	0.980
D		Lognormal	0.976	0.981	0.953
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	1.000	1.000	0.942
F		Poisson	0.998	0.997	0.978
ค่าเฉลี่ยระดับบริการเฉลี่ย			0.991	0.992	0.957

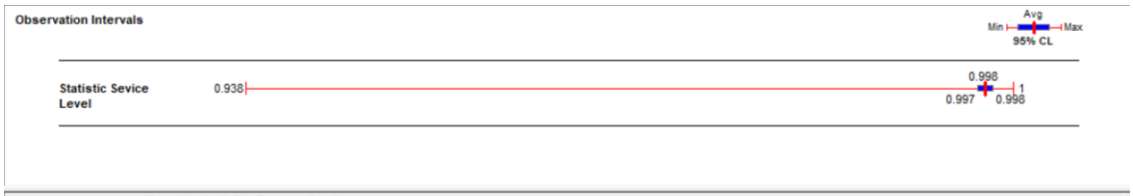
ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยได้มีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดแล้ว ดังภาพที่ 4-56 และภาพที่ 4-57 เป็นการประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95%ของพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ของนโยบาย Q, r จากการวิเคราะห์ได้ ค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายโดยรวม 7,030.35 และระดับบริการที่ 99.8% โดยที่ Q เท่ากับ 50 และ r เท่ากับ 9 ในการรันกำหนดรอบในการรันเท่ากับ 838 รอบ ที่ได้จากตารางที่ 4-8 และกำหนดช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายโดยรวมและค่าเฉลี่ยของระดับบริการ อยู่ในช่วงความเชื่อที่ 95% โดยมีช่วงของค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 6,990 ถึง 7,070 บาท และช่วงระดับบริการเท่ากับ 99.7% ถึง 99.8% สำหรับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ของนโยบายอื่น ๆ ดังตารางที่ 4-18 และตารางที่ 4-19



Classical C.I. Intervals Summary

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Statistic Totalcost	7.03e+003	550	37.3	5.42e+003	9.89e+003	838

ภาพที่ 4-56 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายรวมพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซองภายใต้นโยบาย Q, r



Classical C.I. Intervals Summary

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Statistic Sevice Level	0.998	0.00981	0.000665	0.938	1	838

ภาพที่ 4-57 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยระดับบริการพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซองภายใต้นโยบาย Q, r

ตารางที่ 4-18 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าใช้จ่ายรวมของทุกนโยบาย

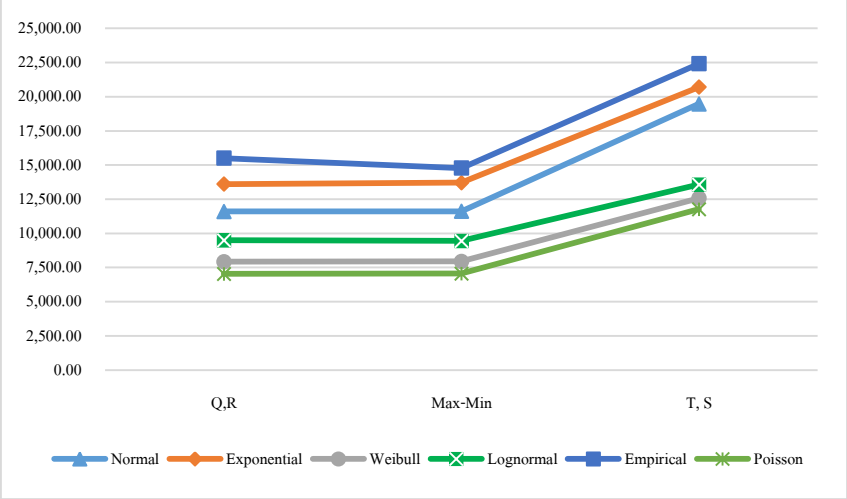
ประเภทการแจกแจง	ค่าใช้จ่ายรวม								
	Q, R			Max-Min			T, S		
	Lower	Mean	Upper	Lower	Mean	Upper	Lower	Mean	Upper
Normal	11,500	11,600	11,700	11,600	11,600	11,700	18,800	19,500	20,100
Exponential	13,500	13,600	13,700	13,600	13,700	13,800	19,200	20,700	22,200
Weibull	7,880	7,930	7,980	7,910	7,950	7,980	11,600	12,600	13,500
Lognormal	9,370	9,490	9,610	9,350	9,450	9,550	11,800	13,600	15,300
Empirical	15,500	15,500	15,500	14,800	14,800	14,800	22,400	22,400	22,400
Poisson	6,990	7,030	7,070	7,000	7,050	7,110	10,700	11,800	12,800

ตารางที่ 4-19 การประมาณช่วงความเชื่อมั่น 95% ของระดับบริการของทุกนโยบาย

ประเภทการแจกแจง	ระดับบริการ								
	Q, R			Max-Min			T, S		
	Lower	Mean	Upper	Lower	Mean	Upper	Lower	Mean	Upper
Normal	0.995	0.996	0.996	0.997	0.998	0.998	0.933	0.941	0.948
Exponential	0.975	0.978	0.980	0.974	0.976	0.979	0.926	0.945	0.964
Weibull	0.995	0.996	0.997	0.998	0.998	0.999	0.969	0.980	0.992
Lognormal	0.972	0.976	0.979	0.978	0.981	0.985	0.925	0.953	0.982
Empirical	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.942	0.942	0.942
Poisson	0.997	0.998	0.998	0.996	0.997	0.998	0.966	0.978	0.991

ตารางที่ 4-20 สรุปนโยบายที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของทุกประเภทการแจกแจง โดยเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด		
			1	2	3
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	Q, R	Max-Min	T, S
B		Exponential	Q, R	Max-Min	T, S
C		Weibull	Q, R	Max-Min	T, S
D		Lognormal	Max-Min	Q, R	T, S
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	Max-Min	Q, R	T, S
F		Poisson	Q, R	Max-Min	T, S



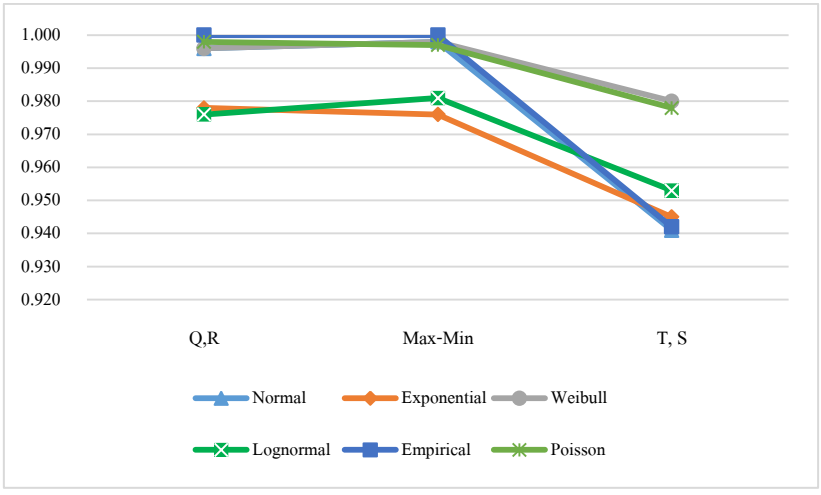
ภาพที่ 4-58 ค่าใช้จ่ายรวมของทุกประเภทการแจกแจง

ผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำที่สุดของแต่ละนโยบายดังตารางที่ 4-16 จะพบว่าค่าใช้จ่ายรวมของทุกพฤติกรรมการแจกแจงของแต่ละนโยบายเรียงลำดับดังนี้ นโยบาย Max-Min < นโยบาย Q, r < นโยบาย T, S ซึ่งมีค่าใช้จ่ายรวมเป็น 64,546 บาท 65,154 บาท และ 100,491 บาท จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมของนโยบาย Max-Min กับ นโยบาย Q, r นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับนโยบาย T, S แสดงให้เห็นชัดเจนว่า มีค่าใช่จ่ายรวมที่สูงที่สุดใน 3 นโยบาย และสำหรับการเปรียบเทียบแต่ละพฤติกรรม ก็พบว่านโยบายที่เหมาะสม กับพฤติกรรมทั้ง 6

พฤติกรรมการแจกแจง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ก็คือ นโยบาย Q, r ซึ่งมีค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยน้อยกว่านโยบายอื่น ๆ จะมีเพียง 2 พฤติกรรมการแจกแจงที่เหมาะสมกับนโยบาย Max-Min นั่นก็คือ พฤติกรรมการแจกแจงแบบ Lognormal และพฤติกรรมการแจกแจงแบบ Empirical แต่ทั้งนี้ ค่าใช้จ่ายโดยรวมเฉลี่ยของทั้งสองพฤติกรรมก็ยังถือว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4-21 สรุปนโยบายที่ทำให้ระดับบริการดีที่สุดของทุกประเภทการแจกแจง โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง		ระดับบริการ		
			1	2	3
A	แบบต่อเนื่อง	Normal	Max-Min	Q, R	T, S
B		Exponential	Q, R	Max-Min	T, S
C		Weibull	Max-Min	Q, R	T, S
D		Lognormal	Max-Min	Q, R	T, S
E	แบบไม่ต่อเนื่อง	Empirical	Max-Min	Q, R	T, S
F		Poisson	Q, R	Max-Min	T, S



ภาพที่ 4-59 ระดับบริการของทุกประเภทการแจกแจง

ผลการวิเคราะห์ ระดับบริการที่ดีที่สุดของแต่ละนโยบายดังตารางที่ 4-17 จะพบว่าค่าเฉลี่ยของระดับบริการ นโยบาย Q, r แตกต่างกับนโยบาย Max-Min ซึ่งมีค่าเป็น 0.991 หรือ

99.1% และ 0.992 หรือ 99.2% ต่างกันเพียง 0.001% ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มี นัยสำคัญแต่ถือว่าอยู่ในระดับบริการที่ดี เนื่องจากระดับบริการที่กำหนด คือ ต้องมากกว่า 95% และถ้าพิจารณาแต่ละพฤติกรรมการแจกแจงจะพบว่า นโยบาย Max-Min มีระดับบริการที่ดีกว่า นโยบาย Q, r ส่วนนโยบาย T, S จะพบว่า มีระดับบริการเฉลี่ยที่ 0.957 หรือ 95.7% ซึ่งก็ถือเป็นระดับบริการที่รับได้ แต่ถ้าพิจารณาแต่ละพฤติกรรมการแจกแจงจะพบว่า จะมีบางพฤติกรรมการแจกแจงที่ต่ำกว่าระดับบริการที่กำหนด

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่คงคลัง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่สำคัญในกระบวนการผลิต ระหว่างกรณีที่ความต้องการอะไหล่ แจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous distribution probability) และไม่ต่อเนื่อง (Discrete distribution probability) ภายใต้เงื่อนไขที่ไม่ทราบความต้องการที่แน่นอน โดยใช้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดและระดับบริการที่ยอมรับได้เป็นเกณฑ์ สำหรับข้อมูลในการศึกษาจะใช้ข้อมูล การเบิกชิ้นส่วนอะไหล่ เพื่อการซ่อมบำรุง ระยะเวลาตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2558 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560 รวมเป็นระยะเวลา 3 ปี และผ่านการทดสอบสมมติฐานพฤติกรรมการแจกแจงความต้องการ และนโยบายที่เลือกมาพิจารณา คือ นโยบาย Q, r นโยบาย Max-Min และนโยบาย T, S โดยใช้การประเมินคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยใช้โปรแกรม ARENA

สรุปผลงานวิจัย

การประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม ARENA ของแต่ละพฤติกรรมการแจกแจงระหว่าง นโยบาย Q, r นโยบาย T, S และ นโยบาย Max-Min จากตารางที่ 4-16 จะเห็นได้ว่า นโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยนโยบาย Max-Min มีค่าใช้จ่ายรวมของทุกพฤติกรรมการแจกแจงคิดเป็น 64,547 บาท และนโยบาย Q, r มีค่าใช้จ่ายรวมของทุกพฤติกรรมการแจกแจงคิดเป็น 65,154 บาท ซึ่งแตกต่างกันเพียง 608 บาท เท่านั้นคิดเป็นร้อยละ 0.94 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างการอย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับนโยบาย T, S จะเห็นได้ว่าแตกต่างจากนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min เป็นอย่างมาก และสำหรับ ระดับบริการ จากตารางที่ 4-16 ค่าเฉลี่ยระดับบริการเฉลี่ยของนโยบาย Max-Min คิดเป็น 0.992 และนโยบาย Q, r คิดเป็น 0.991 จะพบว่า ระดับบริการก็มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกันกับค่าใช้จ่ายโดยรวม สำหรับนโยบาย T, S ค่าเฉลี่ยระดับบริการเฉลี่ยคิดเป็น 0.957 ซึ่งก็ถือว่าสูงกว่าระดับบริการที่กำหนด แต่ก็ต่ำกว่านโยบาย Q, r และนโยบาย Max - Min

ตารางที่ 5-1 ผลต่างและร้อยละความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ย

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง	นโยบาย	Max-Min	T, S
A	Normal	Q, R	-13.46	-7,870.37
			-0.12%	-67.85%
		Max-Min		-7,996.50
				-68.86%
B	Exponential	Q, R	-104.50	-7,094.90
			-0.77%	-52.14%
		Max-Min		-7,261.71
				-52.96%
C	Weibull	Q,R	-16.95	-4,641.31
			-0.21%	-58.54%
		Max-Min		-4,531.34
				-57.03%
D	Lognormal	Q, R	42.73	-4,082
			0.45%	-43.00%
		Max-Min		-3,802
				-40.24%
E	Empirical	Q, R	724.50	-6,910.24
			4.67%	-44.59%
		Max-Min		-7,126.33
				-48.24%
F	Poisson	Q, R	-24.57	-4,739.14
			-0.35%	-67.41%
		Max-Min		-4,644.78
				-65.84%

ผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยของแต่ละนโยบายที่ดังตารางที่ 5-1 พบว่านโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min นั้นมีผลต่างกันคิดเป็น ร้อยละ 0.12- 4.67 ซึ่งพฤติกรรมการแจกแจงที่มีผลต่างสูงที่สุดคือ การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล นโยบาย Max-Min ดีกว่านโยบาย Q, r คิดเป็นร้อยละ 4.67 ส่วนการแจกแจงแบบอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ๊กโปเนนเชียล การแจกแจงแบบไวล์บูล การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล และการแจกแจงแบบป๊วส์ซอง นั้น มีค่าใกล้เคียงกันคิดเป็น ร้อยละ 0.12-0.77 ซึ่งถือว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของนโยบาย Q, r และ นโยบาย Max-Min สำหรับนโยบาย T, S นั้นผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยของทุกนโยบายมีค่าสูงกว่า นโยบาย Q, r และ นโยบาย Max-Min โดยผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยกับนโยบาย Q, r คิดเป็น ร้อยละ 43.00–67.85 ซึ่งถือว่าแตกต่างเป็นอย่างมาก และนโยบาย T, S มีผลต่างกับนโยบาย Max –Min คิดเป็นร้อยละ 40.24–68.86

สำหรับผลต่างของระดับบริการดังตารางที่ 5-2 นั้น พบว่า นโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min นั้น มีผลต่างของระดับบริการที่ยอมรับได้คิดเป็นร้อยละ 0.1–0.51 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยงานวิจัยนี้กำหนดระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ ให้มีค่าไม่น้อยกว่า 0.95 จากตารางที่ 4-17 พบว่า นโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min นั้นมีค่าระดับบริการที่สามารถยอมรับได้มากกว่า 0.95 ทุกประเภทการแจกแจง และระดับบริการที่ยอมรับได้ก็อยู่ในระดับที่สูง โดยระดับบริการของทั้งสองนโยบายของทุกประเภทการแจกแจงคิดเป็น 0.976–1.00 ซึ่งประเภทการแจกแจงทั้ง 6 ประเภท พบว่า นโยบาย Max-Min มีค่าระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ที่ดีกว่านโยบาย Q, r ถึง 3 ประเภทการแจกแจง ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบไวล์บูลและการแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล ส่วนการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล นั้นมีค่าเท่ากัน และการแจกแจงแบบเอ๊กโปเนนเชียล การแจกแจงแบบป๊วส์ซอง นโยบาย Q, r มีค่าระดับบริการที่สามารยอมรับได้ที่ดีกว่านโยบาย Max-Min แต่สำหรับนโยบาย T, S พบว่า ทุกประเภทการแจกแจงมีค่าระดับบริการที่ยอมรับได้น้อยกว่าทั้งสองนโยบาย และการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอ๊กโปเนนเชียล และการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล มีระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ต่ำว่า 0.95

ตารางที่ 5-2 ผลต่างและร้อยละความแตกต่างของระดับบริการ

ชนิดอะไหล่ชิ้นส่วน	ประเภทการแจกแจง	นโยบาย	Max-Min	T, S
A	Normal	Q, R	-0.002	0.055
			-0.20%	5.52%
		Max-Min		0.058
				5.81%
B	Exponential	Q, R	0.002	0.033
			0.20%	3.37%
		Max-Min		0.045
				4.61%
C	Weibull	Q, R	-0.002	0.016
			-0.20%	1.61%
		Max-Min		0.02
				2.00%
D	Lognormal	Q, R	-0.005	0.023
			-0.51%	2.36%
		Max-Min		0
				0.00%
E	Empirical	Q, R	0.000	0.058
			0.00%	5.80%
		Max-Min		0.06
				5.80%
F	Poisson	Q, R	0.00	0.02
			0.10%	2.00%
		Max-Min		0.02
				1.71%

อภิปรายผลการดำเนินงาน

ผลการศึกษางานวิจัยนี้เสนอนโยบายการควบคุมการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด (ค่าใช้จ่ายรวมประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และพิจารณาค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมืออีกด้วย) เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Rakesh Prakash Tripathi et al (2013) ได้ใช้ ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดมาพิจารณาเช่นกัน และผลลัพธ์ที่นำมาเปรียบเทียบอีกอย่าง คือ ระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ (งานวิจัยนี้กำหนดให้ระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ต้องไม่ต่ำกว่า 0.95) โดยมีเงื่อนไข ช่วงเวลานำ 1 สัปดาห์พิจารณาความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่ เป็น 52 สัปดาห์ต่อปี ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่จะเกิดขึ้นต้นสัปดาห์ โดยพิจารณาการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความต้องการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนนั้นก็คือ การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย การแจกแจงแบบปกติ แบบเอ็กเนนเชียล แบบไวล์บูล และแบบล็อคนอร์มอล การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง จะประกอบไปด้วย การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล และแบบปัวส์ซอง โดยจะเปรียบเทียบนโยบายทั้งหมด 3 นโยบายด้วยกัน นโยบาย Q, r นโยบาย Max-Min และนโยบาย T, S

จากผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมที่ได้นั้นจะพบว่า นโยบาย Max-Min และนโยบาย Q, r มีผลลัพธ์ของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่อง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของทั้งค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จะ พบว่าระดับบริการที่ยอมรับได้ของทั้งสองนโยบายมีระดับที่สูงมากนั่นก็แสดงได้ว่า เกิดสินค้าขาดมือน้อยหรือไม่เกิดเลย ทำให้มีค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือเกิดขึ้นน้อย และส่งผลต่อฟังก์ชั่นของค่าใช้จ่ายรวมที่นำค่าใช้จ่ายทั้งสามส่วนมารวมกัน มีค่าน้อยตามไปด้วยและอีกสาเหตุ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อก็ไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจากจุดสั่งซื้อของทั้งสองนโยบายมีค่าเท่ากัน รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาที่ถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นจำนวนเงินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายอื่นก็มีค่าไม่แตกต่างกันของทั้งสองนโยบาย ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมมีค่าแตกต่างกันน้อยนั่นเอง จากงานวิจัยของ กิรณา มหิพันธ์ (2560); วรปรัญช์ พูนสวัสดิ์ (2561) ได้สรุปไว้ว่านโยบาย Max-Min มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด แต่เงื่อนไขในการพิจารณาแตกต่างกับงานวิจัยนี้ ซึ่งนั่นก็เป็นส่วนที่ทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ส่วนนโยบาย T, S มีผลลัพธ์ที่ไม่น่าพอใจเท่าที่ควร นโยบาย T, S มีระดับบริการอยู่ในช่วงที่กำหนดแต่ก็ยังเป็นระดับบริการที่ต่ำที่สุดถ้าเปรียบกับนโยบาย Max-Min และนโยบาย Q, r ผู้วิจัยคาดว่าผลที่ทำให้ นโยบาย T, S เกิดค่าใช้จ่ายรวมสูงเกิดจาก ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือสูง ซึ่งอาจจะมาจากการกำหนดช่วงการสั่งซื้ออาจจะไม่สอดคล้องกับความต้องการที่เกิดขึ้น

ถ้าทำการพิจารณาผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการของแต่ละประเภทการแจกแจง จะพบว่า นโยบาย Max-Min และนโยบาย Q, r จะมีผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญนั้นอาจเกิดจากในการวิเคราะห์ผลลัพธ์นั้นทางผู้วิจัยได้พิจารณาหาตัวแปรควบคุม (เช่น นโยบาย Q, r ตัวแปรควบคุม คือ Q และ r) ของแต่ละนโยบายและประเภทของการแจกแจงนั้น ๆ ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการที่ดีที่สุด โดยใช้รอบการรันที่เหมาะสม ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ของทั้งสองนโยบายใกล้เคียงกัน แต่ถ้าพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่า ภาพรวมของนโยบาย Max-Min ดีกว่านโยบาย Q, r ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ทั้งในส่วนของค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยที่น้อยที่สุดและระดับบริการที่ดีสุดเมื่อเปรียบทั้งสามนโยบาย

โปรแกรม ARENA version 14 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ ตะวันฉาย โพธิ์หอม (2556) ซึ่งนำ โปรแกรม ARENA มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการสินค้าคงคลัง ผลที่ได้ก็พบว่า การจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ARENA สามารถทำให้ต้นทุนลดลง และงานวิจัยของ Wan and Li (2008) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองของปัญหาที่มีข้อจำกัดเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยใช้โปรแกรม ARENA และประมาณค่าโดยฟังก์ชัน OptQuest ได้ข้อสรุปว่าโปรแกรม ARENA และฟังก์ชัน OptQuest สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหา Constrained optimization problem ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สำหรับงานวิจัยฉบับนี้มีข้อกำจัดในการใช้ฟังก์ชันบางส่วน จึงไม่สามารถใช้ ฟังก์ชัน OptQuest ได้ จึงใช้ฟังก์ชัน Process analyzer แทนการใช้ ฟังก์ชัน OptQuest ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วทั้งสองฟังก์ชันทำงานเหมือนกัน เพียงแต่ ฟังก์ชัน OptQuest ให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วกว่า ฟังก์ชั่น Process analyzer

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่สำคัญในกระบวนการผลิต ระหว่างกรณีที่ความต้องการอะไหล่มีพฤติกรรมการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง สำหรับการศึกษางานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทำให้เห็นว่านโยบาย Max-Min และนโยบาย Q, r มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งส่วนของค่าใช้จ่ายรวมของทุกประเภทการแจกแจงและระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ แต่ในภาพรวมนั้น นโยบาย Max-Min มีผลที่ดีกว่านโยบาย Q, r ทั้งส่วนของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องเลือกนโยบายที่นำไปใช้งานเพียง 1 นโยบาย นโยบายMax-Min ก็เป็นนโยบายที่น่าจะถูกพิจารณานำไปใช้เป็นลำดับแรก

2. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ของแต่ละประเภทการแจกแจงอาจจะต้องใช้ข้อมูลในอดีตที่แสดง พฤติกรรมการแจกแจกที่หลากหลายมากขึ้นเพื่อ การประเมินผลลัพธ์จะได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องผลการวิจัย นโยบาย Max-Min และนโยบาย Q, r นั้นยังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการพิจารณาพฤติกรรมการแจกแจกที่หลากหลายขึ้นอาจจะเกิดความแตกต่างของผลลัพธ์ของทั้งสองนโยบายได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. หากทราบความต้องการที่แน่นอนของชิ้นส่วนอะไหล่ การนำ ตัวแบบ MILP มาพิจารณาปริมาณการสั่ง และจุดสั่งซื้อ ก็เหมาะสมมากกว่า เนื่องจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และระดับบริการที่สามารถยอมรับได้ดีที่สุด ดังที่งานวิจัยของ กิรณา มหิพันธ์ (2560); วรปรัญช์ พูนสวัสดิ์ (2561) ได้นำเสนอไว้

4. สำหรับนโยบาย T, S ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในงานวิจัยนี้จะพบว่า ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่องนั้นมีผลลัพธ์ที่ไม่น่าพึงพอใจมากนัก ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนไปมาก นั้นคือ ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ ถ้าสามารถลดการเกิดสินค้าขาดมือได้ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้ก็จะลดลง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับ ช่วงเวลาในการสั่งซื้อ (T) และระดับคงคลังสูงสุด (S) ที่กำหนดไว้ แต่ทั้งนี้ในงานวิจัยฉบับนี้ได้มีการพิจารณาค่าตัวแปรควบคุมทั้งสองที่น่าจะเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด จากการใช้ Process analyzer บน โปรแกรม ARENA แล้ว แต่ก็ยังพบว่า นโยบาย T, S ยังมีผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายโดยรวมที่สูงกว่าทั้งสองนโยบาย บนเงื่อนไขในการพิจารณาเดียวกัน

5. การกำหนดค่าควบคุมของทั้งนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min เพื่อง่ายต่อการนำมาปรับใช้สำหรับการกำหนดค่าควบคุมของทั้งสองนโยบายนั้น ทางผู้วิจัยได้รวบรวมขั้นตอนวิธีการดำเนินงานไว้ใน ภาคผนวก ง โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการจำลอง Demand จะเป็นพฤติกรรมการแจกแจงเดียวกันกับที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 4 ผลลัพธ์พบว่า ค่าสูงสุดของของ Demand มีค่าใกล้เคียงกับค่า r ของนโยบาย Q, r และใกล้เคียงค่า Min ของนโยบาย Max-Min ซึ่งสามารถอนุมานได้เบื้องต้นว่าการกำหนดค่า r และค่า Min เมื่อต้องการใช้นโยบายดังกล่าวก็สามารถกำหนดเป็นค่าสูงสุดของ Demand ได้ สำหรับค่า Q ของนโยบาย Q, r และค่า Maxของนโยบาย Max-Min ผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของ Demand คิดเป็น 13-17 เท่าของค่า Q ของนโยบาย Q, r และ 15-19 เท่าของค่า Max ของนโยบาย Max-Min ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ค่าใช้จ่ายรวม มีค่าเฉลี่ยต่างจากผลลัพธ์ดังตารางที่ 4-16 เพียง 500-1,300 บาทต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนเงินที่รับได้ ดังนั้นจึงสามารถ นำค่าเฉลี่ยของ Demand ไปปรับใช้ในการกำหนดนโยบายที่เลือกใช้ได้ ไม่ว่าจะเป็น

นโยบาย Q, r หรือ นโยบาย Max-Min และผลลัพธ์ของระดับบริการก็ไม่เกิน 0.95 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

บรรณานุกรม

กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ, วราภพ แซ่ชิน และอภิชิต มณีงาม. (2556). การจัดการวัสดุคงคลังอะไหล่ย่อยในการซ่อมบำรุงระบบจัดเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ. ใน *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ* (หน้า 45-52), นครราชสีมา.

กิตติ กอบบัวแก้ว. (2550). *การจัดการอุตสาหกรรม* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

กิรณา มหิพันธ์. (2560). *การศึกษานโยบายการจัดการพัสดุคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ไกรวิทย์ สินธุคำมูล. (2560). การวิเคราะห์นโยบายการควบคุมวัตถุดิบคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4* (หน้า 531-537). เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ขวัญชัย หักทะเล. (2557). *การจัดการพัสดุคงคลังอะไหล่เพื่อตอบสนองความต้องการของงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันและเชิงเร่งด่วน*. งานนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และ อภิสิทธิ์ บุญเกิด. (2553). การปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโรงงานผลิตมอเตอร์. *วารสารวิจัยพลังงาน,* 7(1), 76-86.

จิรายุทธ คิ้วเที่ยง. (2551). *การบริหารสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุง กรณีศึกษา บริษัทผลิตเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว SG จำกัด*. งานนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ชวการ เนตรงามทวี (2549). *การศึกษาเพื่อนำเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดการการดำเนินงานในงานซ่อมบำรุง กรณีศึกษาของบริษัท ไทยซีอาร์ที จำกัด*. การค้นคว้าอิสระ, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชุติเดช วิศาลกิตติ. (2555). *การจัดการห่วงโซ่อุปทานของสินค้าผักปลอดภัยในเขตอำเภอกำแพงจังหวัดนครปฐม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการประกอบการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชุติระ ระบอบ. (2553*). การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฑิตฐิตา เรืองโหน่ง. (2553). *การประยุกต์เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลสำหรับหานโยบาย ปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษา : บริษัทผลิตลูกกลิ้งลำเลียงและอุปกรณ์ขับ สายพาน*. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ตะวันฉาย โพธิ์หอม. (2556). การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจำลองแบบคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัทกระจายสินค้าขนาดกลางและขนาดย่อม. ใน *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2556* (หน้า 34-38). นครราชสีมา.

ทินวัฒน์ ขาวเหลือง. (2554). *การวิเคราะห์แนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา ร้านตำหรับไทย*. การศึกษาอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ธนภณ เจียรณัย. (2556). *การสร้างแบบจำลองโซ่อุปทานในระบบซับซ้อนด้วยวิธีการพลวัตของระบบ กรณีศึกษาโซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธีทัต สุดพิทักษ์. (2559). *การปรับปรุงนโยบายคงคลังอะไหล่สำหรับกระบวนการผลิตโพลีคาร์บอเนต*. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นำโชค ย้อยดี และกาญจ์นภา อมรัชกุล. (2559). กรณีศึกษานโยบายสินค้าคงคลังสำรองอะไหล่ซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลหนักที่มีช่วงเวลานำไม่แน่นอนของบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์รายหนึ่ง. ใน *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2559* (หน้า 41-45). กรุงเทพมหานคร: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

เนตรนภา เสียงประเสริฐ (2558). *การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสา หรับวัตถุดิบในประเทศ กรณีธุรกิจผลิตยางผสม*. งานนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

บรรหาญ ลิลา. (2553). *การวางแผนและควบคุมการผลิต* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: ท้อป.

บรรหาญ ลิลา, พงษ์ทัย กงยนต์ และอดิศักดิ์ นาวเหนียว. (2559). การออกแบบระบบควบคุมพัสดุคงคลังแบบช่วงเวลาคงที่สำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องรีดพลาสติก. ใน *การประชุมวิชาการด้านการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 7 (CIOD 2016)* (หน้า 490-498). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประจวบ นำนาผล. (2555). *การปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร OEE บรรจุแป้ง*. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ปริญญา จันทรวินิจ และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2554). การปรับปรุงระบบการคงคลังอะไหล่สำหรับเครื่องจักรการผลิต. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 24(1), หน้า 58-66.

พงษ์ทัย กงยนต์. (2558). *การออกแบบระบบการจัดการพัสดุคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับเครื่องรีดพลาสติก*. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พัชรี ช่วยประดิษฐ. (2556). *แนวทางการพัฒนาบริหารจัดการร้านค้าปลีกวัสดุก่อสร้างกรณีศึกษาร้านปทุมธานี*. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการ โลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2559). *การจัดการวัสดุคงคลังในโซ่อุทาน* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิภพ เล้าประจง. (2536). *การบริหารของคงคลังและการวางแผนความต้องการวัสดุ* (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มาโนช ทองเจือ, ณิชกุล ไชยศร, บรรรหาญ ลิลา และชยธัช เผือกสามัญ, (2555). การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์ด้วยการบารุงรักษาด้วยตนเอง. ใน *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (หน้า 2038-2043)*. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ยอดนภา เกษเมือง, เถลิง พลเจริญ, ศุภชัย แสงจันทร์, และ กิตติพงษ์ วริศรากุล. (2552). การเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรกรณีศึกษา หจก.สุจรรยาพาณิชย์. ใน *การประชุมวิชาการ "ธนบุรีวิจัย ครั้งที่ 2* (หน้า 70-77). ธนบุรี: มหาวิทยาลัยธนบุรี.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (2553). *คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ฉบับปรับปรุง*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วรปรัชญ์ พูนสวัสดิ์. (2561). *การศึกษานโยบายการจัดการวัสดุคอมโพสิตสำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน*. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วรวุฒิ แซ่เอ้ง (2558). *การวิเคราะห์ข้อเสนอการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุตสาหกรรม*.งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วัฒนา เชียงกูล และเกรียงไกร ดำรงรัตน์. (2546). *บำรุงรักษา: งานเพิ่มกำไรบริษัท* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วัลลภ ภูผา. (2557). การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษา การจัดซื้อวัตถุดิบในโรงงานผลิตอาหารแปรรูป. *วิศวกรรมสาร, มก., 27*(88), 41-56.

วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล. (2536). *ทฤษฎีสินค้าคงคลัง* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

วิทยา มานชู. (2554). *การศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลเพื่อหาปริมาณ การสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษาการจัดซื้อไม้ยางพาราในอุตสาหกรรมผลิตพาเลท*. งานวิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิสุทธิ์ สุพิทักษ์และสุธีรา ปุลิเวคินทร์. (2560). การวางแผนบริหารจัดการสินค้าคงคลังโดยใช้หลักการจำลองสถานการณ์ กรณีเติมเต็มสินค้าร่วมกันภายใต้สถานการณ์สินค้ามีกำหนดวันหมดอายุ และการหมุนเวียนสินค้าแบบเข้าหลังออกก่อน. *วารสารไทยการวิจัยดาเนินงาน, 5*(2), 22-32.

เยกสรร สิงห์ธนู (2550). การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสายการบรรจุน้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต, ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สืบพงษ์ มาลี (2554). การบริหารงานซ่อมบำรุงระบบภายในอาคารเชิงป้องกัน กรณีศึกษา: สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว มหาวิทยาลัยมหิดล. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุชาติ ศุภมงคล. (2559). *การจัดการอะไหล่ให้เพิ่มผลผลิต* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุรเดช มีสีดา. (2547). *การบริหารวัสดุคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุงกรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาอุตสาหการ มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุนทร ศรีลังกา (2551). การสร้างแบบจำลองพลวัตของระบบและการวัดสมรรถนะสำหรับการทำงานร่วมกันในโซ่อุปทาน. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ,บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อกนิษฐ์ บุญศิลป์ (2552). *การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการวัสดุคงคลังสำหรับงานซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพ กรณีศึกษาในโรงงานปิโตรเคมี*. การค้นคว้าอิสระ, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี,วิทยาลัยนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อมรสิริ ดิสสร. (2550). *การบริหารสินค้าคงคลัง* (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อัญชลี ตามไวย์ (2557). การหาระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล กรณีศึกษา : สินค้าอุปโภคบริโภค. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2551). *วิศวกรรมคุณค่า (Value engineering)* พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ : โรงพิมจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

Begum R., Sahoo R. R., Sahu S. K. & Mishra M. (2010). *An EOQ Model for Varying Items with Weibull Distribution Deterioration and Price-dependent Demand*. Journal of scientific research, Res. 2(1) ,P 24-36.

Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Zupick, N. B. (2015). *Simulation with arena* (6th ed.). Singapore: McGraw-Hill Education.

Rakesh Prakash Tripathia, Dinesh Singhb & Tushita Mishra. (2014). *EOQ Model for Deteriorating Items with exponential time dependent Demand Rate under inflation when Supplier Credit Linked to Order Quantity.* International Journal of Supply and Operations Management, 1 ,P 20-37.

Wan Jie and Li Li. (2008). *Simulation for Constrainted Optimization of Inventory System by Using Arena and OptQuest*. International Conference on Computer Science and Software Engineering Vol.2. 2008. pp. 202-205.

Willem van Jaarsveld, Twan Dollevoet & Rommert Dekker. (2015). *Improving spare parts inventory control at a repair shop*, Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณหา ผลลัพธ์ของนโยบาย Q, r นโยบาย Max-Min และนโยบาย T, S
ของประเภทการแจกแจง 5 ประเภท

1. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

นโยบาย Q, r

การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ จากสมการที่ (3-3) ของอะไหล่ชิ้นส่วน B จากตารางที่ 4-1 ความต้องการเฉลี่ย ($\bar{D}$) ของอะไหล่ชิ้นส่วน B เท่ากับ 4.23 ชิ้นต่อสัปดาห์ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 3.99 บาทต่อสัปดาห์ และช่วงเวลานำ เท่ากับ 1 สัปดาห์

จากสมการที่ 3-3

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2\times4.23\times1163}{3.99}}$$

$$= 49.66 \approx 50 \text{ ชิ้น}$$

การประเมินจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบเอ๊กโปเนนเชียล

การคำนวณจุดสั่งซื้อ r โดยอะไหล่ชิ้นส่วน B มีการแจกแจงแบบเอ๊กโปเนนเชียล จากสมการที่ (3-8) เมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการ เป็นความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลานำ และกำหนดให้ความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่อะไหล่จะเพียงพอ คือ 1- 0.05 = 0.95 ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่ความต้องการนั้น ๆ จะมีค่าไม่เกินจุดสั่งซื้อเท่ากับ 0.95 การคำนวณจุดสั่งซื้อจะทำการปรับค่าจุดสั่งซื้อ ไปจนได้ความน่าจะเป็นสะสมมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 แสดงการคำนวณดังตารางภาคผนวก ก-1

ตารางภาคผนวก ก-1 การคำนวณจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการแจกแจงแบบเอ๊กโปเนนเชียล

ความต้องการ: d_i (ชิ้น)	ความน่าจะเป็นที่เกิดความต้องการ d ใด ๆ	ความน่าจะเป็นสะสม
0	0.00000	0.00000
1	0.98545	0.98545
2	0.99979	1.98524

เมื่อดำเนินการปรับค่าจุดสั่งซื้อพบว่าที่ความต้องการ d_i มีค่าเท่ากับ 1 ทำให้ค่าความน่าจะ เป็นสะสมที่ชิ้นส่วนอะไหล่เพียงพอ หรือ P(SL) มีค่าเกิน 0.95 ดังนั้นจุดสั่งซื้อจึงมีค่า

เท่ากับ 1 ชิ้น แสดงว่า เมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ในคลังลดลงจนเหลือ 1 ชิ้น จะต้องทำการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่เข้ามา เพิ่มจำนวน Q_B เท่ากับ 50 ชิ้น

นโยบาย T, S

ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

จากสมการที่ (3-43)

$$SS = ROP - d_{LT}$$
$$SS = 1 - (4.23 \times 1)$$
$$SS = -3.23 = 0 \quad \text{ชิ้น}$$

รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

จากการสมการที่ (3-44)

$$T = \sqrt{\frac{2P}{HD}}$$
$$T = \sqrt{\frac{2\times1163}{3.99\times4.23}}$$
$$T = 11.74 \approx 12 \quad \text{สัปดาห์}$$

ค่าระดับคงคลังสูงสุด

จากสมการที่ (3-29)

$$S = \bar{D}(T + LT) + SS$$
$$S = 4.23(12 + 1) + 0$$
$$S = 54.99 \approx 55 \quad \text{ชิ้น}$$

นโยบาย Max-Min

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

จากสมการที่ (3-31)

$$Max = SS + Q_0$$
$$Max = 0 + 50$$
$$Max = 50 \quad \text{ชิ้น}$$

จุดสั่งซื้อ (Min)

จากสมการที่ (3-32) $Min = ROP$

$Min = 1$ ชิ้น

2. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

นโยบาย Q, r

การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ จากสมการที่ (3-3) ของอะไหล่ชิ้นส่วน C จากตารางที่ 4-1 ความต้องการเฉลี่ย ($\overline{D}$) ของอะไหล่ชิ้นส่วน C เท่ากับ 2.84 ชิ้นต่อสัปดาห์ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 2.62 บาทต่อสัปดาห์ และช่วงเวลานำ เท่ากับ 1 สัปดาห์

จากสมการที่ 3-3 $Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$

$Q_0 = \sqrt{\frac{2\times2.84\times1163}{2.62}}$

$= 50.21 \approx 50$ ชิ้น

การประเมินจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบไวล์บูล

การคำนวณจุดสั่งซื้อ r โดยอะไหล่ชิ้นส่วน C มีการแจกแจงแบบไวล์บูล จากสมการที่ (3-13) เมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการ เป็นความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลานำ และกำหนดให้ความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่อะไหล่จะเพียงพอ คือ 1- 0.05 = 0.95 ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่ความต้องการนั้น ๆ จะมีค่าไม่เกินจุดสั่งซื้อเท่ากับ 0.95 การคำนวณจุดสั่งซื้อจะทำการปรับค่าจุดสั่งซื้อ ไปจนได้ความน่าจะเป็นสะสมมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 แสดงการคำนวณดังตารางภาคผนวก ก-2

ตารางภาคผนวก ก-2 การคำนวณจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการแจกแจงแบบไวล์บูล

ความต้องการ: di (ชิ้น)	ความน่าจะเป็น ที่เกิดความต้องการ d ใดๆ	ความน่าจะเป็นสะสม
0	0.000000000	0.000000000
1	0.445514826	0.445514826
2	0.503482176	0.948997002
3	0.049436212	0.998433214
4	0.000251895	0.998685109
5	0.000000033	0.998685142

เมื่อดำเนินการปรับค่าจุดสั่งซื้อพบว่าที่ความต้องการ d_i มีค่าเท่ากับ 3 ทำให้ค่าความน่าจะ เป็นสะสมที่ชิ้นส่วนอะไหล่เพียงพอ หรือ P(SL) มีค่าเกิน 0.95 ดังนั้นจุดสั่งซื้อจึงมีค่าเท่ากับ 3 ชิ้น แสดงว่าเมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ในคลังลดลงจนเหลือ 3 ชิ้นจะต้องทำการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่เข้ามา เพิ่มจำนวน Q_C เท่ากับ 50 ชิ้น

นโยบาย T, S

ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

จากสมการที่ (3-43)
$$SS = ROP - d_{LT}$$
$$SS = 3 - (2.84 \times 1)$$
$$SS = 0.16 \approx 0 \text{ ชิ้น}$$

รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

จากการสมการที่ (3-44)
$$T = \sqrt{\frac{2P}{HD}}$$
$$T = \sqrt{\frac{2\times1163}{2.62\times2.84}}$$
$$T = 17.68 \approx 18 \text{ สัปดาห์}$$

ค่าระดับคงคลังสูงสุด

จากสมการที่ (3-29) $S = \bar{D}(T + LT) + SS$

$S = 2.84(18 + 1) + 0$

$S = 53.96 \approx 54$ ชิ้น

นโยบาย Max-Min

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

จากสมการที่ (3-31) $Max = SS + Q_0$

$Max = 0 + 50$

$Max = 50$ ชิ้น

จุดสั่งซื้อ (Min)

จากสมการที่ (3-32) $Min = ROP$

$Min = 3$ ชิ้น

3. การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)

นโยบาย Q, r

การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ จากสมการที่ (3-3) ของอะไหล่ชิ้นส่วน D จากตารางที่ 4-1 ความต้องการเฉลี่ย ($\bar{D}$) ของอะไหล่ชิ้นส่วน C เท่ากับ 2.42 ชิ้นต่อสัปดาห์ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 4.02 บาทต่อสัปดาห์ และช่วงเวลานำ เท่ากับ 1 สัปดาห์

จากสมการที่ 3-3 $Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$

$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \times 2.42 \times 1163}{4.02}}$

$= 37.42 \approx 37$ ชิ้น

การประเมินจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล

การคำนวณจุดสั่งซื้อ r โดยอะไหล่ชิ้นส่วน D มีการแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล เมื่อ d ใด ๆ เป็นความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลานำ ซึ่งมีพฤติกรรมความต้องการ เป็นแบบล็อคนอร์มอลทำให้ In(d) ใด ๆ มีพฤติกรรมแบบปกติ ทำให้พื้นที่ใต้กราฟขอ งการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานมีค่าเท่ากับสมการที่ 3-20

จากสมการที่ 3-20 $z = \frac{In(d) - d_{LT}}{\sigma}$

กำหนดให้ ROP มีค่าเท่ากับ In(d) เป็นค่าจุดสั่งซื้อใด ๆ เมื่อกำหนดให้ความน่าจะเป็นสะสมที่ชิ้นส่วนอะไหล่จะเพียงพอมีค่าไม่น้อยกว่า 0.95 จะสามารถคำนวณจุดสั่งซื้อโดย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.6

$$In(d) = Z\sigma + d_{LT}$$
$$In(d) = 1.65(1.6) + 2.42(1)$$
$$In(d) = 5.06 \approx 5 \quad \text{ชิ้น}$$

การตรวจสอบค่าความน่าจะเป็นที่ชิ้นส่วนอะไหล่เพียงพอ หรือ P(SL) ที่กำหนด จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.95 เมื่อแทนค่าในสมการที่ 3-23

จากสมการที่ 3-23 $P(SL) = P\left[Z \leq \frac{In(d) - d_{LT}}{\sigma}\right]$

$$P(SL) = P\left[Z \leq \frac{In(5.06) - 2.42}{1.6}\right]$$
$$P(SL) = 0.95$$

P(SL) มีค่า 0.95 ดังนั้นจุดสั่งซื้อจึงมีค่าเท่ากับ 5 ชิ้น แสดงว่าเมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ในคลังลดลงจนเหลือ 5 ชิ้นจะต้องทำการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่เข้ามา เพิ่มจำนวน Q_B เท่ากับ 37 ชิ้น

นโยบาย T, S

ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

จากสมการที่ (3-43) $SS = ROP - d_{LT}$

$$SS = 5 - (2.42 \times 1)$$
$$SS = 2.58 \approx 3 \quad \text{ชิ้น}$$

รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

จากการสมการที่ (3-44) $T = \sqrt{\frac{2P}{HD}}$

$T = \sqrt{\frac{2\times1163}{4.02\times2.42}}$

$T = 15.5 \approx 16$ สัปดาห์

ค่าระดับคงคลังสูงสุด

จากสมการที่ (3-29) $S = \bar{D}(T + LT) + SS$

$S = 2.42(16 + 1) + 3$

$S = 44.14 \approx 44$ ชิ้น

นโยบาย Max-Min

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

จากสมการที่ (3-31) $Max = SS + Q_0$

$Max = 3 + 37$

$Max = 40$ ชิ้น

จุดสั่งซื้อ (Min)

จากสมการที่ (3-32) $Min = ROP$

$Min = 5$ ชิ้น

4. การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution)

นโยบาย Q, r

การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ จากสมการที่ (3-3) ของอะไหล่ชิ้นส่วน E จากตารางที่ 4-1 ความต้องการเฉลี่ย ($\bar{D}$) ของอะไหล่ชิ้นส่วน E เท่ากับ 3.07 ชิ้นต่อสัปดาห์ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 4.41 บาทต่อสัปดาห์ และช่วงเวลานำ เท่ากับ 1 สัปดาห์

จากสมการที่ 3-3 $Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$

$Q_0 = \sqrt{\frac{2\times3.07\times1163}{4.41}}$

$= 40.24 \approx 40$ ชิ้น

การประเมินจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล

การคำนวณจุดสั่งซื้อ r โดยอะไหล่ชิ้นส่วน E มีการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล จะคำนวณจากความถี่ที่เกิดขึ้นจากข้อมูลดิบ โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่อะไหล่จะเพียงพอ คือ 1- 0.05 = 0.95 ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่ความต้องการนั้น ๆ จะมีค่าไม่เกินจุดสั่งซื้อเท่ากับ 0.95 การคำนวณจุดสั่งซื้อจะทำการปรับค่าจุดสั่งซื้อ ไปจนได้ความน่าจะเป็นสะสมมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 แสดงการคำนวณดังตารางภาคผนวก ก-3

ตารางภาคผนวก ก-3 การคำนวณจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล

ความต้องการ: d_i (ชิ้น)	ความน่าจะเป็น ที่เกิดความต้องการ d ใด ๆ	ความน่าจะเป็นสะสม
0	0.03846	0.03846
1	0.09615	0.13462
2	0.30769	0.44231
3	0.15385	0.59615
4	0.23077	0.82692
5	0.09615	0.92308
6	0.03846	0.96154
7	0.03846	1.00000

เมื่อดำเนินการปรับค่าจุดสั่งซื้อพบว่าที่ความต้องการ d_i มีค่าเท่ากับ 6 ทำให้ค่าความน่าจะ เป็นสะสมที่ชิ้นส่วนอะไหล่เพียงพอ หรือ P(SL) มีค่าเกิน 0.95 ดังนั้นจุดสั่งซื้อจึงมีค่าเท่ากับ 6 ชิ้น แสดงว่าเมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ในคลังลดลงจนเหลือ 6 ชิ้นจะต้องทำการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่เข้ามา เพิ่มจำนวน Q_E เท่ากับ 40 ชิ้น

นโยบาย T, S

ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

จากสมการที่ (3-43) $SS = ROP - d_{LT}$

$SS = 6 - (3.07 \times 1)$

$SS = 2.93 \approx 3$ ชิ้น

รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

จากการสมการที่ (3-44) $T = \sqrt{\frac{2P}{HD}}$

$T = \sqrt{\frac{2\times1163}{4.41\times3.07}}$

$T = 13.12 \approx 13$ สัปดาห์

ค่าระดับคงคลังสูงสุด

จากสมการที่ (3-29) $S = \overline{D}(T + LT) + SS$

$S = 3.07(13 + 1) + 3$

$S = 45.98 \approx 46$ ชิ้น

นโยบาย Max-Min

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

จากสมการที่ (3-31) $Max = SS + Q_0$

$Max = 3 + 40$

$Max = 43$ ชิ้น

จุดสั่งซื้อ (Min)

จากสมการที่ (3-32) $Min = ROP$

$Min = 6$ ชิ้น

5. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution)

นโยบาย Q, r

การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ จากสมการที่ (3-3) ของอะไหล่ชิ้นส่วน F จากตารางที่ 4-1 ความต้องการเฉลี่ย ($\bar{D}$) ของอะไหล่ชิ้นส่วน F เท่ากับ 2.85 ชิ้นต่อสัปดาห์ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 2.16 บาทต่อสัปดาห์ และช่วงเวลานำ เท่ากับ 1 สัปดาห์

จากสมการที่ 3-3

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2\times 2.85\times 1163}{2.16}}$$

$$= 55.4 \approx 55 \text{ ชิ้น}$$

การประเมินจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการมีพฤติกรรมการแจกแจงแบบปัวส์ซอง

การคำนวณจุดสั่งซื้อ r โดยอะไหล่ชิ้นส่วน F มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จากสมการที่ (3-25) เมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการ เป็นความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลานำ และกำหนดให้ความน่าจะเป็นของชิ้นส่วนอะไหล่ขาดมือที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่อะไหล่จะเพียงพอ คือ 1- 0.05 = 0.95 ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่ความต้องการนั้น ๆ จะมีค่าไม่เกินจุดสั่งซื้อเท่ากับ 0.95 การคำนวณจุดสั่งซื้อจะทำการปรับค่าจุดสั่งซื้อ ไปจนได้ความน่าจะเป็นสะสมมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.95 แสดงการคำนวณดังตารางภาคผนวก ก-4

ตารางภาคผนวก ก-4 การคำนวณจุดสั่งซื้อเมื่อความต้องการแจกแจงแบบปัวส์ซอง

ความต้องการ: d_i (ชิ้น)	ความน่าจะเป็น ที่เกิดความต้องการ d ใด ๆ (คำนวณจากสมการที่ 3-25)	ความน่าจะเป็นสะสม (คำนวณจากสมการที่ 3-28)
0	0.058	0.058
1	0.165	0.223
2	0.235	0.458
3	0.223	0.681
4	0.159	0.84
5	0.091	0.931
6	0.043	0.974
7	0.018	0.992

เมื่อดำเนินการปรับค่าจุดสั่งซื้อพบว่าที่ความต้องการ d_i มีค่าเท่ากับ 6 ทำให้ค่าความน่าจะ เป็นสะสมที่ชิ้นส่วนอะไหล่เพียงพอ หรือ P(SL) มีค่าเกิน 0.95 ดังนั้นจุดสั่งซื้อจึงมีค่าเท่ากับ 6 ชิ้น แสดงว่าเมื่อชิ้นส่วนอะไหล่ในคลังลดลงจนเหลือ 6 ชิ้นจะต้องทำการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่เข้ามา เพิ่มจำนวน Q_F เท่ากับ 55 ชิ้น

นโยบาย T, S

ปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่สำรอง

จากสมการที่ (3-43)
$$SS = ROP - d_{LT}$$
$$SS = 6 - (2.85 \times 1)$$
$$SS = 3.15 \approx 3 \text{ ชิ้น}$$

รอบเวลาในการสั่งซื้อแต่ละครั้งคำนวณดังนี้

จากการสมการที่ (3-44)
$$T = \sqrt{\frac{2P}{HD}}$$
$$T = \sqrt{\frac{2\times1163}{2.16\times2.85}}$$
$$T = 19.44 \approx 19 \text{ สัปดาห์}$$

ค่าระดับคงคลังสูงสุด

จากสมการที่ (3-29) $S = \bar{D}(T + LT) + SS$

$S = 2.85(19 + 1) + 3$

$S = 61$ ชิ้น

นโยบาย Max-Min

ปริมาณการสั่งซื้อ (Max)

จากสมการที่ (3-31) $Max = SS + Q_0$

$Max = 3 + 55$

$Max = 58$ ชิ้น

จุดสั่งซื้อ (Min)

จากสมการที่ (3-32) $Min = ROP$

$Min = 6$ ชิ้น

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองของนโยบาย Max-Min และนโยบาย T, S

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation)

นโยบาย T, S

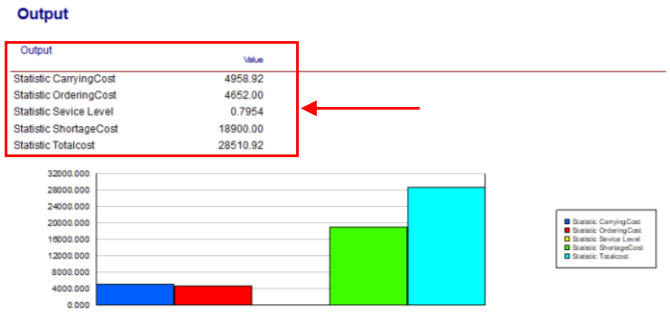
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองหรือการทวนสอบนั้นทางผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel) เข้ามาช่วยในการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยจะนำความต้องการวันที่ 1-52 ที่ทางโปรแกรม ARENA สร้างขึ้นมาใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นดังนี้

Carrying (H)	2.99	THB/units	Lead time (L)	1	Days	S	76	units	TotalCost	28510.92
Ordering Cost (P)	1163	THB/Times				T	12	units	Service Level	0.7954
Shortage Cost	2100	THB/Times								

										SUM	4958.915	4652.0	18900.0
Date	Week	Week demand	beg.Inv	Receive	Satiff(Serve demand)	EOD Inv	EOD+Order	Order?	Order Quantity	Weeks arrival	Carrying Cost	Ordering Cost	Shortage Cost
1/8/2018	1	5	25	0	5	20	20	0	0	0	67.275	0	0
2/8/2018	2	5	20	0	5	15	15	0	0	0	52.325	0	0
3/8/2018	3	4	15	0	4	11	11	0	0	0	38.870	0	0
4/8/2018	4	3	11	0	3	8	8	0	0	0	28.405	0	0
5/8/2018	5	3	8	0	3	5	5	0	0	0	19.435	0	0
6/8/2018	6	3	5	0	3	2	2	0	0	0	10.465	0	0
7/8/2018	7	9	2	0	2	0	0	0	0	0	2.990	0	2100
8/8/2018	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	2100
9/8/2018	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	2100
10/8/2018	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	2100
11/8/2018	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	2100
12/8/2018	12	7	0	0	0	0	0	1	76	14	0.000	1163	2100
13/8/2018	13	9	0	0	0	0	76	0	0	0	0.000	0	2100
14/8/2018	14	3	0	76	3	73	73	0	0	0	222.755	0	0
15/8/2018	15	5	73	0	5	68	68	0	0	0	210.795	0	0
16/8/2018	16	6	68	0	6	62	62	0	0	0	194.350	0	0
17/8/2018	17	5	62	0	5	57	57	0	0	0	177.905	0	0
18/8/2018	18	4	57	0	4	53	53	0	0	0	164.450	0	0
19/8/2018	19	4	53	0	4	49	49	0	0	0	152.490	0	0
20/8/2018	20	9	49	0	9	40	40	0	0	0	133.055	0	0
21/8/2018	21	8	40	0	8	32	32	0	0	0	107.640	0	0
22/8/2018	22	8	32	0	8	24	24	0	0	0	83.720	0	0
23/8/2018	23	11	24	0	11	13	13	0	0	0	55.315	0	0
24/8/2018	24	7	13	0	7	6	6	1	70	26	28.405	1163	0
25/8/2018	25	7	6	0	6	0	70	0	0	0	8.970	0	2100
26/8/2018	26	7	0	70	7	63	63	0	0	0	198.835	0	0
27/8/2018	27	4	63	0	4	59	59	0	0	0	182.390	0	0
28/8/2018	28	5	59	0	5	54	54	0	0	0	168.935	0	0
29/8/2018	29	2	54	0	2	52	52	0	0	0	158.470	0	0
30/8/2018	30	4	52	0	4	48	48	0	0	0	149.500	0	0
31/8/2018	31	7	48	0	7	41	41	0	0	0	133.055	0	0
1/9/2018	32	5	41	0	5	36	36	0	0	0	115.115	0	0
2/9/2018	33	7	36	0	7	29	29	0	0	0	97.175	0	0
3/9/2018	34	6	29	0	6	23	23	0	0	0	77.740	0	0
4/9/2018	35	4	23	0	4	19	19	0	0	0	62.790	0	0
5/9/2018	36	8	19	0	8	11	11	1	65	38	44.850	1163	0
6/9/2018	37	7	11	0	7	4	69	0	0	0	22.425	0	0
7/9/2018	38	3	4	65	3	66	66	0	0	0	201.825	0	0
8/9/2018	39	9	66	0	9	57	57	0	0	0	183.885	0	0
9/9/2018	40	7	57	0	7	50	50	0	0	0	159.965	0	0
10/9/2018	41	6	50	0	6	44	44	0	0	0	140.530	0	0
11/9/2018	42	5	44	0	5	39	39	0	0	0	124.085	0	0
12/9/2018	43	5	39	0	5	34	34	0	0	0	109.135	0	0
13/9/2018	44	3	34	0	3	31	31	0	0	0	97.175	0	0
14/9/2018	45	5	31	0	5	26	26	0	0	0	85.215	0	0
15/9/2018	46	9	26	0	9	17	17	0	0	0	64.285	0	0
16/9/2018	47	8	17	0	8	9	9	0	0	0	38.870	0	0
17/9/2018	48	5	9	0	5	4	4	1	72	50	19.435	1163	0
18/9/2018	49	6	4	0	4	0	72	0	0	0	5.980	0	2100
19/9/2018	50	8	0	72	8	64	64	0	0	0	203.320	0	0
20/9/2018	51	5	64	0	5	59	59	0	0	0	183.885	0	0
21/9/2018	52	4	59	0	4	55	55	0	0	0	170.430	0	0

ภาพภาคผนวก ข-1 การทวนสอบโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล ของนโยบาย T, S

โดยการรันโปรแกรมนั้น รันเพียง 1 รอบ จำนวน 52 วัน เพื่อใช้ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 4,958.915 บาท ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ 4,652.0 บาท ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ 18,900 บาท ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 28,510.92 บาท และระดับบริการที่ยอมรับได้ 0.7954 ซึ่งตรงกับผลจากการรันโดยใช้โปรแกรม ARENA ดังภาพภาคผนวก ข-2

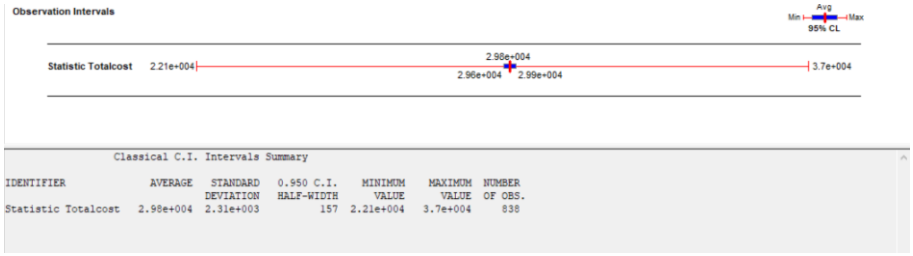


ภาพภาคผนวก ข-2 รายงานผลลัพธ์การรันโปรแกรม ARENA ของนโยบาย T, S

การทวนสอบการทำงานของระบบใช้ข้อมูลของอะไหล่ชิ้นส่วน A ที่มีการแจกแจงแบบปกติมาทำการสุ่มความต้องการโดยใช้ โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลที่ได้สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม และทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการโดยสุ่มทำการรันจำนวน 50 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์ดังตารางภาคผนวก ข-1 และตารางภาคผนวก ข-2 โดยผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าค่าใช้จ่ายรวม มีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 29,858.59 บาท และระดับบริการที่ยอมรับได้คิดเป็นร้อยละ 81.31 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากระบบที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังภาพภาคผนวก ข-3 มีช่วงค่าใช้จ่ายรวม 29,600 ถึง 29,900 บาท และ ภาพภาคผนวก ข-4 มีช่วงระดับบริการร้อยละ 81.1 ถึง ร้อยละ 81.4 ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการที่สุ่มได้อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังนั้นจึงแสดงได้ว่าระบบสามารถทำงานได้จริง

ตารางภาคผนวก ข-1 ผลลัพธ์การสุ่มความต้องการค่าใช้จ่ายโดยรวมโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

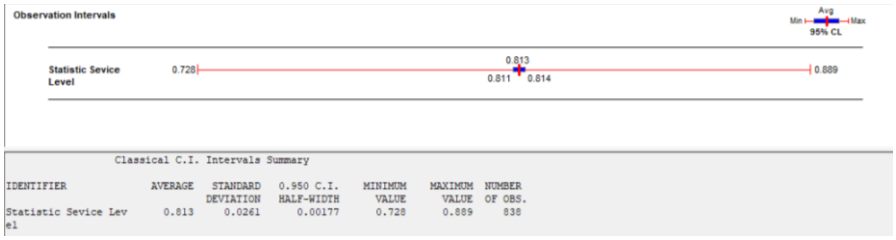
N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost
1	34247.30	11	30546.63	21	24487.33	31	34528.36	41	30790.32
2	28516.90	12	30467.40	22	28282.18	32	26357.10	42	28654.44
3	30844.14	13	34405.77	23	30781.35	33	26543.97	43	32604.77
4	28935.50	14	28368.89	24	28436.17	34	34686.83	44	24421.55
5	28433.18	15	30495.80	25	32175.71	35	30533.18	45	26732.34
6	30645.30	16	28330.02	26	32669.06	36	28759.09	46	26496.13
7	28649.95	17	26180.69	27	28745.63	37	27005.93	47	30769.39
8	33026.36	18	28434.67	28	34775.04	38	30549.62	48	28445.14
9	28730.68	19	30715.57	29	32628.69	39	32727.36	49	30616.90
10	30340.32	20	24424.54	30	34619.56	40	30718.56	50	28648.46
Average							29858.59		



ภาพภาคผนวก ข-3 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% Total cost ของนโยบาย T, S

ตารางภาคผนวก ข-2 ผลลัพธ์การสุ่มความต้องการระดับบริการโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost
1	0.82237	11	0.73274	21	0.83929	31	0.81661	41	0.77855
2	0.79655	12	0.85185	22	0.85911	32	0.74643	42	0.83333
3	0.79357	13	0.79511	23	0.79798	33	0.86219	43	0.81879
4	0.81387	14	0.84932	24	0.81667	34	0.81757	44	0.84965
5	0.82578	15	0.83849	25	0.79560	35	0.84752	45	0.87452
6	0.83737	16	0.82667	26	0.80333	36	0.81469	46	0.82686
7	0.82734	17	0.74300	27	0.83571	37	0.84231	47	0.81419
8	0.77509	18	0.75223	28	0.78145	38	0.73333	48	0.82095
9	0.87500	19	0.82971	29	0.81879	39	0.80263	49	0.81973
10	0.71410	20	0.85252	30	0.81470	40	0.79932	50	0.82206
Average							0.81313		



ภาพภาคผนวก ข-4 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% Service level ของนโยบาย T, S

นโยบาย Max-Min

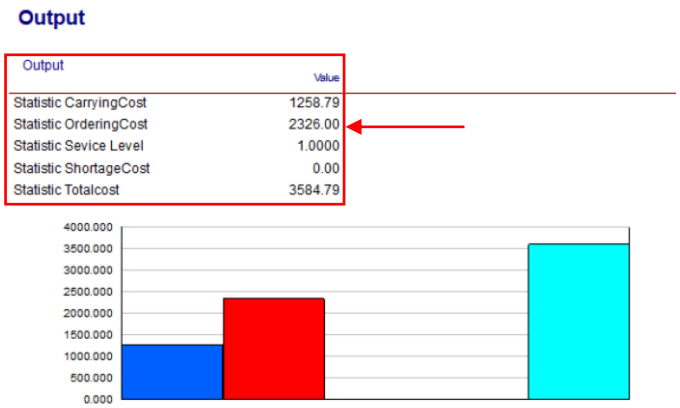
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองหรือการทวนสอบนั้นทางผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel) เข้ามาช่วยในการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยจะนำความต้องการวันที่ 1-15 ที่ทางโปรแกรม ARENA สร้างขึ้นมาใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นดังนี้

Carrying (H)	2.99	THB/units	Lead time (L)	1	Days	Max	69	units	TotalCost	3584.79
Ordering Cost (P)	1163	THB/Times				Min	9	units	SL	100.00%
Shortage Cost	2100	THB/Times								

										SUM	1258.790	2326	0
Date	Week	Week demand	beg.Inv	Receive	Satif(Serve demand)	EOD Inv	EOD+Order	Order?	Order Quantity	Weeks arrival	Carrying Cost	Ordering Cost	Shortage Cost
1/8/2018	1	5	25	0	5	20	20	0	0	0	67.275	0	0
2/8/2018	2	5	20	0	5	15	15	0	0	0	52.325	0	0
3/8/2018	3	4	15	0	4	11	11	0	0	0	38.870	0	0
4/8/2018	4	3	11	0	3	8	8	1	61	6	28.405	1163	0
5/8/2018	5	3	8	0	3	5	66	0	0	0	19.435	0	0
6/8/2018	6	3	5	61	3	63	63	0	0	0	192.855	0	0
7/8/2018	7	9	63	0	9	54	54	0	0	0	174.915	0	0
8/8/2018	8	6	54	0	6	48	48	0	0	0	152.490	0	0
9/8/2018	9	8	48	0	8	40	40	0	0	0	131.560	0	0
10/8/2018	10	7	40	0	7	33	33	0	0	0	109.135	0	0
11/8/2018	11	3	33	0	3	30	30	0	0	0	94.185	0	0
12/8/2018	12	7	30	0	7	23	23	0	0	0	79.235	0	0
13/8/2018	13	9	23	0	9	14	14	0	0	0	55.315	0	0
14/8/2018	14	3	14	0	3	11	11	0	0	0	37.375	0	0
15/8/2018	15	5	11	0	5	6	6	1	63	17	25.415	1163	0

ภาพภาคผนวก ข-5 การทวนสอบโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล ของนโยบาย Max-Min

โดยการรันโปรแกรมนั้น รันเพียง 1 รอบ จำนวน 15 วัน เพื่อใช้ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 1,258.79 บาท ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ 2,326 บาท ไม่มีค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าขาดมือ ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 3,584.79 บาท และระดับบริการ 1.00 ซึ่งตรงกับผลจากการรันโดยใช้โปรแกรม ARENA ดังภาพภาคผนวก ข-6



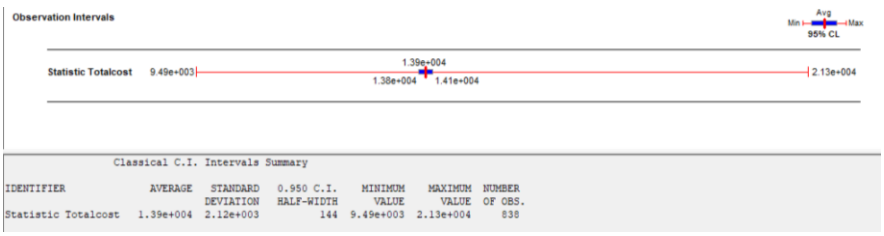
ภาพภาคผนวก ข-6 รายงานผลลัพธ์การรันโปรแกรม ARENA ของนโยบาย Max-Min

การทวนสอบการทำงานของระบบใช้ข้อมูลของอะไหล่ชิ้นส่วน A ที่มีการแจกแจงแบบปกติมาทำการสุ่มความต้องการโดยใช้ โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลที่ได้สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม และทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการ

โดยสุ่มทำการรันจำนวน 50 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์สามารถแสดงดังตารางภาคผนวก ข-3 และตารางภาคผนวก ข-4 โดยผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าค่าใช้จ่ายรวมมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 14,007.55 บาท และระดับบริการที่ยอมรับได้คิดเป็นร้อยละ 96.55 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากระบบที่ช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังภาพภาคผนวก ข-7 มีช่วงค่าใช้จ่ายรวม 13,800 ถึง 14,100 บาท และ ภาพภาคผนวก ข-8 มีช่วงระดับบริการร้อยละ 92.2 ถึง ร้อยละ 96.6 ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมและระดับบริการที่สุ่มได้อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังนั้นจึงแสดงได้ว่าระบบสามารถทำงานได้จริง

ตารางภาคผนวก ข-3 ผลลัพธ์การสุ่มความต้องการค่าใช้จ่ายโดยรวมโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

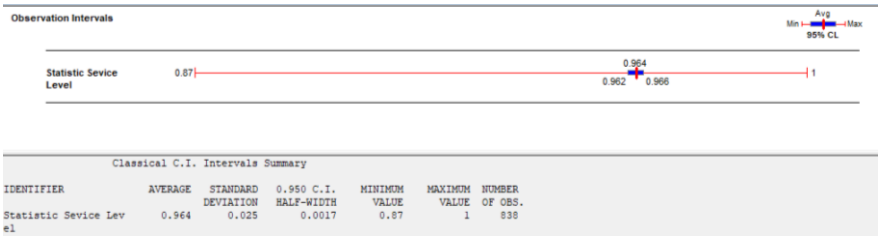
N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost
1	12980.06	11	14857.31	21	12858.97	31	16976.74	41	13044.35
2	18861.46	12	15120.43	22	14885.71	32	16942.36	42	14914.12
3	13002.49	13	17141.19	23	17242.85	33	14911.13	43	12894.85
4	12950.16	14	12936.71	24	14775.08	34	13247.67	44	15235.54
5	12911.29	15	15160.79	25	11087.87	35	14993.35	45	12784.22
6	14929.07	16	20622.87	26	17308.63	36	10998.17	46	15014.28
7	10691.69	17	12800.66	27	12731.89	37	15211.62	47	13009.96
8	10844.18	18	13075.74	28	14908.14	38	14816.94	48	10869.60
9	15231.06	19	13153.48	29	14612.13	39	10896.51	49	11071.42
10	13035.38	20	13190.86	30	12008.42	40	13601.62	50	13026.41
Average							14007.55		



ภาพภาคผนวก ข-7 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% Total cost ของนโยบาย Max-Min

ตารางภาคผนว ข-4 ผลลัพธ์การสุ่มความต้องการระดับบริการโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล

N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost	N	Total cost
1	0.96320	11	0.95131	21	0.94640	31	0.96503	41	0.98227
2	0.94667	12	0.95322	22	0.92351	32	0.96875	42	0.92364
3	0.94645	13	0.97945	23	0.97143	33	0.97826	43	0.96650
4	0.96628	14	0.99660	24	0.95023	34	0.98944	44	0.99338
5	0.99346	15	0.97297	25	0.92364	35	0.97842	45	0.99627
6	0.97924	16	1.00000	26	0.95039	36	1.00000	46	0.97842
7	0.92364	17	0.99642	27	0.95932	37	0.97595	47	0.90666
8	1.00000	18	0.99666	28	0.97865	38	0.95571	48	0.92364
9	0.93344	19	0.99652	29	0.93603	39	0.92364	49	1.00000
10	0.99327	20	0.95664	30	0.97727	40	0.92364	50	0.98322
		Average					0.96550		



ภาพภาคผนวก ข-8 การประมาณช่วงความเชื่อมันที่ 95% Service level ของนโยบาย Max-Min

ภาคผนวก ค

ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ของทุกนโยบาย

1. ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ของนโยบาย Q, r

1.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution)

ทดสอบ Q : 91-95 r : 10-15 N: 838

ตารางภาคผนวก ค-1

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
61	10	13026.49	0.975	84	10	13117.43	0.979	72	11	12047.39	0.986
62	10	12984.57	0.975	85	10	13083.05	0.98	73	11	12117.89	0.985
63	10	13088.15	0.975	86	10	13034.07	0.981	74	11	12116.70	0.986
64	10	13063.01	0.975	87	10	13001.78	0.981	75	11	12150.96	0.986
65	10	12974.28	0.976	88	10	12962.47	0.981	76	11	12175.03	0.987
66	10	12903.51	0.976	89	10	12882.20	0.982	77	11	12266.38	0.987
67	10	12893.68	0.976	90	10	12870.13	0.982	78	11	12366.27	0.986
68	10	12726.22	0.977	91	10	12804.30	0.983	79	11	12367.03	0.987
69	10	12665.23	0.978	92	10	12772.62	0.983	80	11	12450.12	0.987
70	10	12582.20	0.978	93	10	12707.82	0.984	81	11	12483.39	0.987
71	10	12624.24	0.977	94	10	12691.61	0.984	82	11	12564.47	0.987
72	10	12599.28	0.978	95	10	12760.94	0.984	83	11	12592.38	0.987
73	10	12598.43	0.978	61	11	12309.05	0.984	84	11	12614.40	0.987
74	10	12627.31	0.978	62	11	12388.06	0.984	85	11	12603.85	0.988
75	10	12680.79	0.979	63	11	12405.83	0.984	86	11	12599.91	0.988
76	10	12681.37	0.98	64	11	12383.29	0.985	87	11	12586.27	0.988
77	10	12754.20	0.98	65	11	12381.30	0.985	88	11	12592.87	0.988
78	10	12940.34	0.978	66	11	12346.34	0.984	89	11	12529.12	0.988
79	10	12892.80	0.98	67	11	12286.80	0.985	90	11	12447.52	0.989
80	10	13028.98	0.979	68	11	12179.09	0.986	91	11	12432.28	0.989
81	10	13005.52	0.979	69	11	12144.40	0.986	92	11	12410.90	0.99
82	10	13106.72	0.979	70	11	12046.71	0.986	93	11	12411.57	0.989
83	10	13097.83	0.979	71	11	12057.55	0.986	94	11	12420.83	0.99

ตารางภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
95	11	12402.90	0.990	86	12	12355.93	0.993	77	13	11818.80	0.996
61	12	11941.18	0.990	87	12	12335.25	0.993	78	13	11876.14	0.996
62	12	11980.64	0.990	88	12	12321.95	0.993	79	13	11962.65	0.996
63	12	12012.43	0.991	89	12	12293.09	0.993	80	13	12012.88	0.996
64	12	12004.36	0.991	90	12	12290.89	0.993	81	13	12066.24	0.996
65	12	12011.96	0.991	91	12	12268.51	0.994	82	13	12164.22	0.996
66	12	11978.71	0.991	92	12	12216.27	0.994	83	13	12200.11	0.996
67	12	11955.67	0.991	93	12	12207.51	0.994	84	13	12222.31	0.996
68	12	11867.44	0.992	94	12	12234.42	0.994	85	13	12261.12	0.996
69	12	11822.12	0.992	95	12	12249.39	0.994	86	13	12274.01	0.996
70	12	11714.51	0.992	61	13	11786.57	0.994	87	13	12253.96	0.996
71	12	11730.52	0.992	62	13	11775.62	0.995	88	13	12259.68	0.996
72	12	11731.59	0.992	63	13	11849.76	0.995	89	13	12255.48	0.996
73	12	11776.42	0.991	64	13	11832.75	0.995	90	13	12245.78	0.996
74	12	11829.87	0.991	65	13	11839.14	0.995	91	13	12216.62	0.997
75	12	11881.92	0.991	66	13	11797.42	0.996	92	13	12177.25	0.997
76	12	11832.78	0.993	67	13	11785.74	0.995	93	13	12189.80	0.997
77	12	11945.40	0.992	68	13	11774.98	0.995	94	13	12187.73	0.997
78	12	12027.49	0.992	69	13	11738.45	0.995	95	13	12198.55	0.997
79	12	12086.94	0.992	70	13	11648.28	0.996	61	14	11688.83	0.998
80	12	12150.64	0.992	71	13	11627.28	0.996	62	14	11744.06	0.998
81	12	12184.44	0.992	72	13	11599.18	0.996	63	14	11806.01	0.997
82	12	12264.33	0.992	73	13	11643.81	0.995	64	14	11829.31	0.998
83	12	12310.59	0.992	74	13	11697.24	0.995	65	14	11829.15	0.998
84	12	12368.87	0.992	75	13	11759.44	0.995	66	14	11786.83	0.998
85	12	12369.92	0.992	76	13	11736.63	0.996	67	14	11784.82	0.998

ตารางภาคผนวก ค-1 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
68	14	11749.63	0.998	89	14	12309.45	0.998	75	15	11780.16	0.999
69	14	11734.78	0.998	90	14	12312.86	0.998	76	15	11827.48	0.999
70	14	11646.11	0.998	91	14	12275.45	0.998	77	15	11893.72	0.999
71	14	11611.34	0.998	92	14	12249.53	0.999	78	15	11952.87	0.999
72	14	11602.85	0.998	93	14	12248.30	0.999	79	15	12032.60	0.999
73	14	11647.46	0.998	94	14	12254.07	0.999	80	15	12096.43	0.999
74	14	11649.26	0.998	95	14	12262.90	0.998	81	15	12154.89	0.999
75	14	11722.83	0.997	61	15	11773.08	0.999	82	15	12224.57	0.999
76	14	11759.72	0.998	62	15	11818.00	0.999	83	15	12283.13	0.999
77	14	11808.63	0.998	63	15	11868.28	0.999	84	15	12312.42	0.999
78	14	11876.75	0.998	64	15	11891.89	0.999	85	15	12361.82	0.999
79	14	11939.37	0.998	65	15	11917.91	0.999	86	15	12380.62	0.999
80	14	12015.16	0.998	66	15	11894.07	0.999	87	15	12420.87	0.999
81	14	12052.99	0.998	67	15	11890.57	0.999	88	15	12416.34	0.999
82	14	12138.10	0.998	68	15	11840.80	0.999	89	15	12414.94	0.999
83	14	12194.07	0.998	69	15	11809.27	0.999	90	15	12404.97	0.999
84	14	12227.93	0.998	70	15	11761.61	0.999	91	15	12402.34	0.999
85	14	12264.27	0.998	71	15	11722.63	0.999	92	15	12377.87	0.999
86	14	12284.35	0.998	72	15	11709.24	0.999	93	15	12366.00	0.999
87	14	12292.73	0.998	73	15	11706.81	0.999	94	15	12372.21	0.999
88	14	12300.77	0.998	74	15	11717.47	0.999	95	15	12375.13	0.999

1.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

ทดสอบ Q : 57-79 r : 10-17 N: 127

ตารางภาคผนวก ค-2

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
57	10	14168.37	0.945	59	11	13961.29	0.955	61	12	13829.42	0.962
58	10	14194.13	0.946	60	11	14025.47	0.953	62	12	13793.03	0.964
59	10	14151.11	0.948	61	11	13916.97	0.957	63	12	13860.10	0.964
60	10	14215.18	0.947	62	11	13960.14	0.957	64	12	13876.78	0.964
61	10	14116.51	0.95	63	11	13946.65	0.958	65	12	13881.36	0.964
62	10	14088.71	0.952	64	11	13996.15	0.958	66	12	13998.01	0.963
63	10	14169.28	0.951	65	11	14034.91	0.957	67	12	14034.57	0.964
64	10	14226.80	0.95	66	11	14117.71	0.957	68	12	13986.56	0.966
65	10	14242.94	0.95	67	11	14149.57	0.959	69	12	14022.05	0.967
66	10	14289.55	0.951	68	11	14117.91	0.96	70	12	13964.14	0.969
67	10	14328.74	0.952	69	11	14072.08	0.962	71	12	14024.69	0.969
68	10	14227.44	0.955	70	11	14046.73	0.964	72	12	14096.48	0.969
69	10	14188.26	0.957	71	11	14100.86	0.964	73	12	14061.78	0.971
70	10	14175.87	0.958	72	11	14156.15	0.964	74	12	14101.74	0.971
71	10	14260.86	0.957	73	11	14159.52	0.965	75	12	14156.68	0.971
72	10	14311.75	0.958	74	11	14167.32	0.966	76	12	14254.27	0.97
73	10	14270.38	0.96	75	11	14237.46	0.966	77	12	14297.66	0.971
74	10	14314.38	0.96	76	11	14345.69	0.965	78	12	14393.45	0.971
75	10	14367.09	0.96	77	11	14376.22	0.966	79	12	14441.34	0.971
76	10	14477.49	0.959	78	11	14441.22	0.967	57	13	13728.55	0.966
77	10	14518.65	0.961	79	11	14515.85	0.967	58	13	13681.33	0.966
78	10	14569.48	0.961	57	12	13841.92	0.959	59	13	13715.54	0.967
79	10	14647.75	0.961	58	12	13738.99	0.961	60	13	13806.18	0.966
57	11	13969.94	0.952	59	12	13848.88	0.961	61	13	13794.42	0.967
58	11	13941.01	0.954	60	12	13882.66	0.96	62	13	13753.58	0.969

ตารางภาคผนวก ค-2 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
63	13	13777.17	0.970	66	14	13891.75	0.973	69	15	14031.68	0.98
64	13	13806.84	0.970	67	14	13959.59	0.975	70	15	14012.49	0.981
65	13	13811.01	0.970	68	14	13942.61	0.976	71	15	14052.00	0.981
66	13	13906.78	0.969	69	14	13969.06	0.976	72	15	14146.61	0.981
67	13	14000.87	0.969	70	14	13971.58	0.977	73	15	14173.89	0.982
68	13	13928.79	0.972	71	14	14041.06	0.977	74	15	14217.15	0.982
69	13	13966.05	0.972	72	14	14098.77	0.978	75	15	14243.31	0.983
70	13	13966.49	0.973	73	14	14122.73	0.979	76	15	14321.63	0.983
71	13	14034.66	0.973	74	14	14140.32	0.979	77	15	14383.51	0.982
72	13	14053.24	0.974	75	14	14160.17	0.98	78	15	14469.98	0.982
73	13	14055.64	0.975	76	14	14270.09	0.979	79	15	14521.69	0.983
74	13	14103.85	0.975	77	14	14324.53	0.979	57	16	13662.45	0.981
75	13	14149.40	0.975	78	14	14405.89	0.979	58	16	13655.19	0.982
76	13	14219.75	0.975	79	14	14474.25	0.979	59	16	13715.57	0.981
77	13	14293.78	0.975	57	15	13624.92	0.977	60	16	13851.12	0.978
78	13	14355.44	0.976	58	15	13606.25	0.978	61	16	13858.54	0.979
79	13	14447.47	0.976	59	15	13686.78	0.976	62	16	13871.00	0.98
57	14	13640.69	0.972	60	15	13767.13	0.975	63	16	13929.27	0.98
58	14	13649.92	0.972	61	15	13775.03	0.976	64	16	13943.55	0.981
59	14	13662.30	0.972	62	15	13803.13	0.977	65	16	13943.26	0.982
60	14	13737.50	0.971	63	15	13857.96	0.977	66	16	13992.99	0.981
61	14	13774.15	0.972	64	15	13844.90	0.978	67	16	14037.04	0.982
62	14	13779.69	0.973	65	15	13869.03	0.978	68	16	14088.10	0.983
63	14	13811.86	0.974	66	15	13917.08	0.978	69	16	14123.13	0.983
64	14	13799.19	0.974	67	15	13966.53	0.979	70	16	14110.90	0.984
65	14	13822.89	0.975	68	15	14009.53	0.98	71	16	14150.81	0.983

ตารางภาคผนวก ค-2 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
72	16	14239.50	0.983	60	17	13910.29	0.982	71	17	14293.63	0.986
73	16	14273.97	0.984	61	17	13940.50	0.982	72	17	14358.92	0.986
74	16	14341.62	0.985	62	17	13985.21	0.983	73	17	14418.36	0.986
75	16	14384.48	0.985	63	17	14013.36	0.983	74	17	14463.38	0.987
76	16	14395.38	0.986	64	17	14041.14	0.984	75	17	14498.88	0.988
77	16	14484.47	0.985	65	17	14053.31	0.984	76	17	14553.54	0.987
78	16	14582.61	0.984	66	17	14133.28	0.984	77	17	14630.17	0.988
79	16	14637.06	0.985	67	17	14158.16	0.985	78	17	14698.08	0.987
57	17	13737.88	0.985	68	17	14189.52	0.986	79	17	14782.92	0.987
58	17	13734.12	0.985	69	17	14234.59	0.986				
59	17	13787.01	0.985	70	17	14224.63	0.987				

1.3 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

ทดสอบ Q : 53-78 r : 7-11 N: 152

ตารางภาคผนวก ค-3

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
53	7	8093.50	0.991	62	7	8473.09	0.992	71	7	8322.86	0.994
54	7	8116.59	0.992	63	7	8566.93	0.991	72	7	8287.97	0.994
55	7	8175.17	0.992	64	7	8534.39	0.992	73	7	8280.34	0.994
56	7	8220.06	0.992	65	7	8539.59	0.992	74	7	8277.36	0.994
57	7	8258.25	0.992	66	7	8483.02	0.992	75	7	8338.14	0.994
58	7	8340.36	0.991	67	7	8405.84	0.993	76	7	8340.12	0.994
59	7	8369.48	0.992	68	7	8410.82	0.993	77	7	8350.30	0.994
60	7	8418.84	0.992	69	7	8382.78	0.993	78	7	8428.97	0.994
61	7	8448.22	0.992	70	7	8344.48	0.994	53	8	7929.08	0.996

ตารางภาคผนวก ค-3 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
54	8	7990.76	0.996	54	9	7985.90	0.998	55	10	8114.298	0.999
55	8	8014.72	0.996	55	9	8011.06	0.998	56	10	8161.856	0.999
56	8	8070.53	0.996	56	9	8073.45	0.998	57	10	8231.887	0.999
57	8	8143.56	0.996	57	9	8149.81	0.998	58	10	8284.57	0.999
58	8	8194.51	0.996	58	9	8195.91	0.998	59	10	8347.21	0.999
59	8	8235.32	0.996	59	9	8258.68	0.998	60	10	8383.69	0.999
60	8	8277.59	0.996	60	9	8286.29	0.998	61	10	8434.00	0.999
61	8	8323.98	0.996	61	9	8331.12	0.998	62	10	8480.80	0.999
62	8	8386.69	0.996	62	9	8382.19	0.998	63	10	8539.56	0.999
63	8	8406.17	0.996	63	9	8431.35	0.998	64	10	8557.90	0.999
64	8	8439.05	0.995	64	9	8450.33	0.998	65	10	8565.02	0.999
65	8	8428.14	0.996	65	9	8445.81	0.998	66	10	8570.05	0.999
66	8	8399.68	0.996	66	9	8459.96	0.998	67	10	8560.62	0.999
67	8	8375.76	0.997	67	9	8422.17	0.999	68	10	8555.86	0.999
68	8	8341.86	0.997	68	9	8418.56	0.998	69	10	8539.33	0.999
69	8	8346.53	0.997	69	9	8409.44	0.998	70	10	8535.01	0.999
70	8	8310.51	0.997	70	9	8398.69	0.998	71	10	8517.38	0.999
71	8	8280.91	0.997	71	9	8363.38	0.999	72	10	8492.72	1
72	8	8269.33	0.997	72	9	8347.07	0.999	73	10	8472.83	0.999
73	8	8272.30	0.997	73	9	8349.40	0.999	74	10	8496.70	0.999
74	8	8249.39	0.997	74	9	8352.68	0.999	75	10	8487.63	1
75	8	8282.69	0.997	75	9	8355.26	0.999	76	10	8507.55	1
76	8	8304.59	0.997	76	9	8374.64	0.999	77	10	8527.52	0.999
77	8	8337.59	0.997	77	9	8413.79	0.999	53	11	8156.61	1
78	8	8384.32	0.997	53	10	8038.78	0.999	54	11	8180.22	1
53	9	7944.53	0.998	54	10	8061.48	0.999	55	11	8233.03	1

ตารางภาคผนวก ค-3 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
56	11	8284.39	1	68	11	8715.498	1	60	16	13851.12	0.978
57	11	8340.60	1	69	11	8706.65	1	61	16	13858.54	0.979
58	11	8403.82	1	70	11	8688.28	1.000	62	16	13871.00	0.980
59	11	8471.02	1.000	71	11	8687.95	1.000	63	16	13929.27	0.980
60	11	8527.78	1.000	72	11	8674.19	1.000	64	16	13943.55	0.981
61	11	8574.10	1.000	73	11	8647.37	1.000	65	16	13943.26	0.982
62	11	8609.77	1.000	74	11	8646.01	1.000	66	16	13992.99	0.981
63	11	8659.46	1.000	75	11	8655.00	1.000	67	16	14037.04	0.982
64	11	8687.96	1.000	76	11	8666.99	1.000	68	16	14088.10	0.983
65	11	8711.37	1.000	77	11	8685.17	1.000	69	16	14123.13	0.983
66	11	8714.72	1.000	78	11	8715.20	1.000	70	16	14110.90	0.984
67	11	8719.40	1.000	59	16	13715.57	0.981	71	16	14150.81	0.983

1.4 การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)

ทดสอบ Q : 33-51 r : 7-12 N: 716

ตารางภาคผนวก ค-4

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
33	7	9751.02	0.969	41	7	9553.34	0.977	49	7	9806.06	0.978
34	7	9673.10	0.973	42	7	9573.64	0.978	50	7	9830.23	0.978
35	7	9585.99	0.974	43	7	9573.74	0.978	51	7	9855.63	0.978
36	7	9566.84	0.974	44	7	9622.25	0.978	33	8	9696.26	0.975
37	7	9549.93	0.974	45	7	9667.25	0.978	34	8	9645.76	0.977
38	7	9490.91	0.976	46	7	9737.37	0.977	35	8	9632.67	0.978
39	7	9536.02	0.975	47	7	9785.05	0.977	36	8	9571.87	0.978
40	7	9535.60	0.975	48	7	9823.01	0.977	37	8	9511.48	0.98

ตารางภาคผนวก ค-4 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
38	8	9506.44	0.98	45	9	9756.09	0.986	33	11	9964.73	0.987
39	8	9525.75	0.98	46	9	9800.35	0.987	34	11	9905.61	0.988
40	8	9544.38	0.98	47	9	9857.46	0.986	35	11	9948.72	0.987
41	8	9550.32	0.981	48	9	9935.68	0.986	36	11	9908.415	0.988
42	8	9578.75	0.982	49	9	9946.98	0.986	37	11	9883.013	0.988
43	8	9572.30	0.983	50	9	9933.52	0.987	38	11	9874.516	0.989
44	8	9614.48	0.983	51	9	9961.91	0.987	39	11	9867.25	0.989
45	8	9693.38	0.982	33	10	9821.03	0.984	40	11	9888.34	0.989
46	8	9725.25	0.983	34	10	9785.73	0.984	41	11	9896.29	0.989
47	8	9813.15	0.981	35	10	9783.52	0.985	42	11	9894.96	0.991
48	8	9870.25	0.981	36	10	9729.94	0.985	43	11	9920.98	0.991
49	8	9868.30	0.982	37	10	9764.60	0.985	44	11	9962.64	0.991
50	8	9868.51	0.982	38	10	9689.54	0.987	45	11	10045.19	0.99
51	8	9883.86	0.982	39	10	9697.49	0.987	46	11	10100.62	0.991
33	9	9703.57	0.981	40	10	9732.93	0.987	47	11	10186.34	0.991
34	9	9714.12	0.981	41	10	9735.64	0.987	48	11	10220.26	0.990
35	9	9657.37	0.982	42	10	9735.96	0.989	49	11	10245.94	0.991
36	9	9629.17	0.983	43	10	9758.16	0.989	50	11	10278.45	0.991
37	9	9597.20	0.983	44	10	9790.63	0.989	51	11	10294.19	0.991
38	9	9559.97	0.984	45	10	9871.58	0.988	39	12	10048.38	0.991
39	9	9565.40	0.984	46	10	9941.11	0.989	40	12	10053.46	0.991
40	9	9599.88	0.984	47	10	9993.20	0.989	41	12	10077.97	0.991
41	9	9607.32	0.985	48	10	10061.95	0.989	42	12	10077.87	0.992
42	9	9612.21	0.986	49	10	10080.59	0.989	43	12	10104.87	0.993
43	9	9641.09	0.986	50	10	10095.84	0.989	44	12	10136.00	0.993
44	9	9673.04	0.987	51	10	10113.83	0.989	45	12	10216.87	0.992

ตารางภาคผนวก ค-4 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
46	12	10275.31	0.992	47	12	10357.92	0.992	48	12	10412.29	0.992

1.5 การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution)

ทดสอบ Q : 72-130 r : 9-16 N: 55

ตารางภาคผนวก ค-5

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
72	9	15498.12	1	91	9	23967.72	0.923	110	9	23729.98	0.942
73	9	21229.23	0.942	92	9	24174.99	0.923	111	9	21839.45	0.962
74	9	23150.63	0.923	93	9	24382.26	0.923	112	9	18005.48	1
75	9	23357.9	0.923	94	9	162819.4	0.058	113	9	21764.48	0.962
76	9	23565.17	0.923	95	9	22696.8	0.942	114	9	23672.65	0.942
77	9	23772.44	0.923	96	9	16769.44	1	115	9	23882.12	0.942
78	9	23979.71	0.923	97	9	20651.92	0.962	116	9	24091.6	0.942
79	9	22086.98	0.942	98	9	21688.15	0.942	117	9	24301.07	0.942
80	9	16168.44	1	99	9	21897.62	0.942	118	9	24510.55	0.942
81	9	19183.39	0.962	100	9	22107.10	0.942	119	9	22620.02	0.962
82	9	23226.84	0.923	101	9	22316.57	0.942	120	9	18781.64	1
83	9	23434.11	0.923	102	9	22526.05	0.942	121	9	22267.22	0.962
84	9	23641.38	0.923	103	9	20635.52	0.962	122	9	24029.86	0.942
85	9	23848.65	0.923	104	9	16805.96	1	123	9	24239.33	0.942
86	9	24055.92	0.923	105	9	20838.38	0.962	124	9	24448.81	0.942
87	9	22163.19	0.942	106	9	22892.08	0.942	125	9	24658.28	0.942
88	9	16240.24	1	107	9	23101.55	0.942	126	9	24867.76	0.942
89	9	20056.57	0.962	108	9	23311.03	0.942	127	9	22977.23	0.962
90	9	23760.45	0.923	109	9	23520.50	0.942	128	9	19134.44	1

ตารางภาคผนวกค-5 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
129	9	20828.72	0.981	96	10	16769.44	1	122	10	22547.26	0.962
130	9	21887.00	0.962	97	10	18677.61	0.981	123	10	24239.33	0.942
72	10	15498.12	1	98	10	20918.73	0.962	124	10	24448.81	0.942
73	10	19517.31	0.962	99	10	21897.62	0.942	125	10	24658.28	0.942
74	10	21522.50	0.942	100	10	22107.10	0.942	126	10	24867.76	0.942
75	10	23357.90	0.923	101	10	22316.57	0.942	127	10	22977.23	0.962
76	10	23565.17	0.923	102	10	22526.05	0.942	128	10	19134.44	1
77	10	23772.44	0.923	103	10	20635.52	0.962	129	10	20901.49	0.981
78	10	23979.71	0.923	104	10	16805.96	1	130	10	21113.17	0.981
79	10	22086.98	0.942	105	10	18996.37	0.981	72	11	15498.12	1
80	10	16168.44	1	106	10	21109.60	0.962	73	11	17712.78	0.981
81	10	17301.69	0.981	107	10	23101.55	0.942	74	11	19748.84	0.962
82	10	19472.25	0.962	108	10	23311.03	0.942	75	11	21815.76	0.942
83	10	23434.11	0.923	109	10	23520.50	0.942	76	11	23565.17	0.923
84	10	23641.38	0.923	110	10	23729.98	0.942	77	11	23772.44	0.923
85	10	23848.65	0.923	111	10	21839.45	0.962	78	11	23979.71	0.923
86	10	24055.92	0.923	112	10	18005.48	1	79	11	22086.98	0.942
87	10	22163.19	0.942	113	10	20054.77	0.981	80	11	16168.44	1
88	10	16240.24	1	114	10	22040.11	0.962	81	11	17356.81	0.981
89	10	18342.45	0.981	115	10	23882.12	0.942	82	11	19547.22	0.962
90	10	20332.20	0.962	116	10	24091.60	0.942	83	11	19761.10	0.962
91	10	23967.72	0.923	117	10	24301.07	0.942	84	11	23641.38	0.923
92	10	24174.99	0.923	118	10	24510.55	0.942	85	11	23848.65	0.923
93	10	24382.26	0.923	119	10	22620.02	0.962	86	11	24055.92	0.923
94	10	24589.53	0.923	120	10	18781.64	1	87	11	22163.19	0.942
95	10	22696.80	0.942	121	10	20689.81	0.981	88	11	16240.24	1

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
89	11	18424.03	0.981	115	11	22315.73	0.962	82	12	17676.54	0.981
90	11	20455.68	0.962	116	11	24091.60	0.942	83	12	19851.51	0.962
91	11	20607.82	0.962	117	11	24301.07	0.942	84	12	17949.96	0.981
92	11	24174.99	0.923	118	11	24510.55	0.942	85	12	23848.65	0.923
93	11	24382.26	0.923	119	11	22620.02	0.962	86	12	24055.92	0.923
94	11	24589.53	0.923	120	11	18781.64	1	87	12	22163.19	0.942
95	11	22696.80	0.942	121	11	20877.23	0.981	88	12	16240.24	1
96	11	16769.44	1.000	122	11	20985.28	0.981	89	12	18602.64	0.981
97	11	18785.65	0.981	123	11	22827.29	0.962	90	12	18690.84	0.981
98	11	18999.54	0.981	124	11	24448.81	0.942	91	12	20768.79	0.962
99	11	21185.53	0.962	125	11	24658.28	0.942	92	12	18783.45	0.981
100	11	22107.10	0.942	126	11	24867.76	0.942	93	12	24382.26	0.923
101	11	22316.57	0.942	127	11	22977.23	0.962	94	12	24589.53	0.923
102	11	22526.05	0.942	128	11	19134.44	1	95	12	22696.80	0.942
103	11	20635.52	0.962	129	11	21115.37	0.981	96	12	16769.44	1
104	11	16805.96	1	130	11	21188.14	0.981	97	12	18999.54	0.981
105	11	19130.87	0.981	72	12	15498.12	1	98	12	18999.54	0.981
106	11	19309.48	0.981	73	12	17820.83	0.981	99	12	19321.47	0.981
107	11	21380.81	0.962	74	12	19894.37	0.962	100	12	19352.34	0.981
108	11	23311.03	0.942	75	12	20053.13	0.962	101	12	22316.57	0.942
109	11	23520.50	0.942	76	12	17909.03	0.981	102	12	22526.05	0.942
110	11	23729.98	0.942	77	12	23772.44	0.923	103	12	20635.52	0.962
111	11	21839.45	0.962	78	12	23979.71	0.923	104	12	16805.96	1
112	11	18005.48	1	79	12	22086.98	0.942	105	12	17326.34	1
113	11	20215.73	0.981	80	12	16168.44	1	106	12	19309.48	0.981
114	11	20359.06	0.981	81	12	17500.14	0.981	107	12	19622.59	0.981

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
108	12	19552.03	0.981	75	13	20053.13	0.962	101	13	18557.57	0.981
109	12	23520.50	0.942	76	13	16291.92	1	102	13	22526.05	0.942
110	12	23729.98	0.942	77	13	20203.07	0.962	103	13	20635.52	0.962
111	12	21839.45	0.962	78	13	23979.71	0.923	104	13	16805.96	1
112	12	18005.48	1	79	13	22086.98	0.942	105	13	17326.34	1
113	12	18499.40	1	80	13	16168.44	1	106	13	19521.16	0.981
114	12	20359.06	0.981	81	13	15644.89	1	107	13	19622.59	0.981
115	12	20663.35	0.981	82	13	17742.69	0.981	108	13	17934.92	1
116	12	20491.36	0.981	83	13	19851.51	0.962	109	13	19898.21	0.981
117	12	24301.07	0.942	84	13	16081.48	1	110	13	23729.98	0.942
118	12	24510.55	0.942	85	13	20146.98	0.962	111	13	21839.45	0.962
119	12	22620.02	0.962	86	13	24055.92	0.923	112	13	18005.48	1
120	12	18781.64	1	87	13	22163.19	0.942	113	13	18499.40	1
121	12	19249.10	1	88	13	16240.24	1	114	13	20619.25	0.981
122	12	20985.28	0.981	89	13	16835.59	1	115	13	20663.35	0.981
123	12	21280.75	0.981	90	13	18805.50	0.981	116	13	18958.04	1
124	12	21007.33	0.981	91	13	20768.79	0.962	117	13	20815.49	0.981
125	12	24658.28	0.942	92	13	16998.76	1	118	13	24510.55	0.942
126	12	24867.76	0.942	93	13	20887.86	0.962	119	13	22620.02	0.962
127	12	22977.23	0.962	94	13	24589.53	0.923	120	13	18781.64	1
128	12	19134.44	1	95	13	22696.80	0.942	121	13	19249.10	1
129	12	19575.44	1	96	13	16769.44	1	122	13	21293.98	0.981
130	12	21188.14	0.981	97	13	17320.69	1	123	13	21280.75	0.981
72	13	15498.12	1	98	13	19162.71	0.981	124	13	19557.80	1
73	13	18008.25	0.981	99	13	19321.47	0.981	125	13	21309.41	0.981
74	13	18116.30	0.981	100	13	17651.44	1	126	13	24867.76	0.942

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
127	13	22977.23	0.962	93	14	17166.34	1	119	14	22620.02	0.962
128	13	19134.44	1	94	14	19175.94	0.981	120	14	18781.64	1
129	13	19575.44	1	95	14	22696.80	0.942	121	14	19249.10	1
130	13	21545.35	0.981	96	14	16769.44	1	122	14	21293.98	0.981
72	14	15498.12	1	97	14	17320.69	1	123	14	21280.75	0.981
73	14	16199.31	1	98	14	19162.71	0.981	124	14	19557.8	1
73	14	16199.31	1.000	99	14	19321.47	0.981	125	14	19465.19	1
74	14	18116.30	0.981	100	14	17651.44	1	126	14	21611.50	0.981
75	14	18182.45	0.981	101	14	17744.05	1	127	14	22977.23	0.962
76	14	16291.92	1	102	14	18925.81	0.981	128	14	19134.44	1
77	14	16287.51	1	103	14	20635.52	0.962	129	14	19575.44	1
78	14	18195.68	0.981	104	14	16805.96	1	130	14	21545.35	0.981
79	14	22086.98	0.942	105	14	17326.34	1	72	15	15498.12	1
80	14	16168.44	1	106	14	19521.16	0.981	73	15	16199.31	1
81	14	16807.89	1	107	14	19622.59	0.981	74	15	16247.82	1
82	14	17742.69	0.981	108	14	17934.92	1	75	15	16278.69	1
83	14	18051.39	0.981	109	14	17965.79	1	76	15	16291.92	1
84	14	16081.48	1	110	14	20244.40	0.981	77	15	16287.51	1
85	14	16328.44	1	111	14	21839.45	0.962	78	15	16609.44	1
86	14	18457.11	0.981	112	14	18005.48	1	79	15	16574.16	1
87	14	22163.19	0.942	113	14	18499.40	1	80	15	16168.44	1
88	14	16240.24	1	114	14	20619.25	0.981	81	15	16807.89	1
89	14	16835.59	1	115	14	20663.35	0.981	82	15	15922.72	1
90	14	18805.50	0.981	116	14	18958.04	1	83	15	16191.73	1
91	14	19039.23	0.981	117	14	18927.17	1	84	15	16081.48	1
92	14	16998.76	1	118	14	21139.63	0.981	85	15	16328.44	1

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
86	15	16566.58	1	112	15	18005.48	1	79	16	16922.55	1
87	15	16795.90	1	113	15	18499.40	1	80	16	16168.44	1
88	15	16240.24	1	114	15	18993.32	1	81	16	16807.89	1
89	15	16835.59	1	115	15	18980.09	1	82	16	15922.72	1
90	15	17034.04	1	116	15	18958.04	1	83	16	16191.73	1
91	15	17223.67	1	117	15	18927.17	1	84	16	16081.48	1
92	15	16998.76	1.000	118	15	19407.86	1	85	16	16703.29	1
93	15	17166.34	1.000	119	15	19363.76	1	86	16	16566.58	1
94	15	17325.10	1.000	120	15	18781.64	1	87	16	17179.57	1
95	15	17475.04	1	121	15	19249.10	1	88	16	16240.24	1
96	15	16769.44	1	122	15	19716.56	1	89	16	16835.59	1
97	15	17320.69	1	123	15	19641.59	1	90	16	17034.04	1
98	15	17439.76	1	124	15	19557.80	1	91	16	17223.67	1
99	15	17550.01	1	125	15	19465.19	1	92	16	16998.76	1
100	15	17651.44	1	126	15	19919.42	1	93	16	17576.47	1
101	15	17744.05	1	127	15	19813.58	1	94	16	17325.10	1
102	15	17114.66	1	128	15	19134.44	1	95	16	17893.99	1
103	15	17194.04	1	129	15	19575.44	1	96	16	16769.44	1
104	15	16805.96	1	130	15	20016.44	1	97	16	17320.69	1
105	15	17326.34	1	72	16	15498.12	1	98	16	17439.76	1
106	15	17846.72	1	73	16	16199.31	1	99	16	17550.01	1
107	15	17895.23	1	74	16	16247.82	1	100	16	17651.44	1
108	15	17934.92	1	75	16	16609.44	1	101	16	18189.46	1
109	15	17965.79	1	76	16	16291.92	1	102	16	17114.66	1
110	15	18472.94	1	77	16	16627.08	1	103	16	17648.27	1
111	15	18490.58	1	78	16	16609.44	1	104	16	16805.96	1

ตารางภาคผนวก ค-5 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
105	16	17326.34	1	114	16	18993.32	1	123	16	19641.59	1
106	16	17846.72	1	115	16	18980.09	1	124	16	19557.80	1
107	16	17895.23	1	116	16	18958.04	1	125	16	20016.44	1
108	16	17934.92	1	117	16	19443.14	1	126	16	19919.42	1
109	16	18446.48	1	118	16	19407.86	1	127	16	20373.65	1
110	16	18472.94	1	119	16	19888.55	1	128	16	19134.44	1
111	16	18980.09	1	120	16	18781.64	1	129	16	19575.44	1
112	16	18005.48	1	121	16	19249.10	1	130	16	20016.44	1
113	16	18499.40	1	122	16	19716.56	1				

1.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution)

ทดสอบ Q : 50-74 r : 7-13 N: 838

ตารางภาคผนวก ค-6

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
50	7	7188.414	0.991	61	7	7304.745	0.993	72	7	7158.769	0.994
51	7	7226.926	0.991	62	7	7290.705	0.993	73	7	7217.571	0.994
52	7	7258.874	0.991	63	7	7186.028	0.994	74	7	7252.713	0.994
53	7	7311.376	0.991	64	7	7182.79	0.993	50	8	7051.058	0.995
54	7	7348.625	0.991	65	7	7171.12	0.993	51	8	7082.94	0.995
55	7	7397.166	0.99	66	7	7129.28	0.994	52	8	7123.143	0.995
56	7	7400.371	0.991	67	7	7118.583	0.993	53	8	7155.655	0.995
57	7	7349.326	0.992	68	7	7092.569	0.994	54	8	7203.95	0.995
58	7	7423.29	0.991	69	7	7083.66	0.994	55	8	7245.32	0.995
59	7	7380.36	0.992	70	7	7104.83	0.994	56	8	7295.29	0.995
60	7	7367.71	0.992	71	7	7147.08	0.994	57	8	7236.60	0.996

ตารางภาคผนวก ค-6 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
58	8	7273.84	0.995	59	9	7284.29	0.998	60	10	7336.76	0.999
59	8	7282.19	0.995	60	9	7268.24	0.998	61	10	7351.70	0.999
60	8	7277.77	0.995	61	9	7266.46	0.998	62	10	7343.35	0.999
61	8	7258.00	0.996	62	9	7235.73	0.998	63	10	7303.858	1
62	8	7192.94	0.996	63	9	7201.23	0.998	64	10	7301.663	0.999
63	8	7157.30	0.997	64	9	7207.20	0.998	65	10	7275.311	0.999
64	8	7148.87	0.996	65	9	7174.67	0.998	66	10	7232.08	1
65	8	7111.25	0.997	66	9	7120.00	0.999	67	10	7226.89	1
66	8	7078.10	0.997	67	9	7134.60	0.998	68	10	7218.80	0.999
67	8	7078.80	0.997	68	9	7128.61	0.998	69	10	7215.25	0.999
68	8	7072.69	0.996	69	9	7108.18	0.998	70	10	7204.79	0.999
69	8	7042.81	0.997	70	9	7106.85	0.999	71	10	7218.62	1
70	8	7087.63	0.997	71	9	7121.45	0.999	72	10	7247.78	0.999
71	8	7083.79	0.997	72	9	7166.43	0.998	73	10	7275.78	1
72	8	7132.44	0.997	73	9	7193.96	0.998	74	10	7321.77	0.999
73	8	7162.76	0.997	74	9	7221.59	0.998	50	11	7207.08	1
74	8	7201.75	0.997	50	10	7110.71	0.999	51	11	7225.52	1
50	9	7030.35	0.998	51	10	7114.03	0.999	52	11	7252.27	1
51	9	7062.71	0.998	52	10	7156.68	0.999	53	11	7295.27	1
52	9	7100.86	0.998	53	10	7193.00	0.999	54	11	7339.63	1
53	9	7134.26	0.998	54	10	7235.03	0.999	55	11	7371.67	1
54	9	7170.80	0.998	55	10	7265.48	0.999	56	11	7407.18	1
55	9	7233.20	0.997	56	10	7321.97	0.999	57	11	7443.40	1
56	9	7263.39	0.997	57	10	7329.36	0.999	58	11	7459.61	1
57	9	7245.26	0.998	58	10	7332.83	0.999	59	11	7462.82	1
58	9	7271.63	0.998	59	10	7346.86	0.999	60	11	7462.07	1

ตารางภาคผนวก ค-6 (ต่อ)

Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL	Q	r	TotalCost	SL
61	11	7474.51	1	58	12	7582.42	1	55	13	7610.89	1
62	11	7467.78	1	59	12	7592.10	1	56	13	7645.40	1
63	11	7446.61	1	60	12	7589.96	1	57	13	7685.55	1
64	11	7433.23	1	61	12	7608.60	1	58	13	7717.156	1
65	11	7420.15	1	62	12	7603.63	1	59	13	7737.504	1
66	11	7395.51	1	63	12	7600.34	1	60	13	7742.221	1
67	11	7364.05	1.000	64	12	7584.90	1	61	13	7747.01	1
68	11	7361.78	1.000	65	12	7562.40	1	62	13	7750.57	1
69	11	7346.35	1.000	66	12	7534.48	1	63	13	7744.51	1
70	11	7342.01	1	67	12	7515.39	1	64	13	7735.55	1
71	11	7345.59	1	68	12	7505.30	1	65	13	7721.38	1
72	11	7367.40	1	69	12	7493.84	1	66	13	7697.52	1
73	11	7411.84	1	70	12	7482.18	1	67	13	7682.46	1
74	11	7429.35	1	71	12	7484.37	1	68	13	7656.21	1
50	12	7332.94	1	72	12	7502.58	1	69	13	7648.74	1
51	12	7347.23	1	73	12	7526.70	1	70	13	7631.52	1
52	12	7362.03	1	74	12	7564.80	1	71	13	7636.00	1
53	12	7401.90	1	50	13	7459.17	1	72	13	7642.11	1
54	12	7452.17	1	51	13	7466.55	1	73	13	7663.12	1
55	12	7486.60	1	52	13	7488.91	1	74	13	7705.33	1
56	12	7527.46	1	53	13	7521.86	1				
57	12	7548.73	1	54	13	7568.73	1				

2. ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ของนโยบาย T, S

2.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution)

ทดสอบ T : 5-9 S : 48-84 N: 25

ตารางภาคผนวก ค-7

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
5	48	19643.34	0.960	6	53	19737.09	0.941	7	58	20954.48	0.919
6	48	19582.04	0.936	7	53	21072.59	0.910	8	58	22217.47	0.896
7	48	22500.46	0.890	8	53	24173.56	0.871	9	58	24574.92	0.861
8	48	27696.24	0.831	9	53	27596.18	0.827	5	59	21156.28	0.960
9	48	31587.36	0.784	5	54	20468.58	0.960	6	59	20459.62	0.942
5	49	19780.88	0.960	6	54	19786.87	0.942	7	59	20916.24	0.920
6	49	19627.50	0.937	7	54	20945.09	0.913	8	59	22085.67	0.898
7	49	22276.16	0.894	8	54	23608.54	0.876	9	59	24517.13	0.863
8	49	27039.69	0.839	9	54	26936.22	0.833	5	60	21293.82	0.960
9	49	31087.44	0.789	5	55	20606.12	0.960	6	60	20594.17	0.942
5	50	19918.42	0.960	6	55	19921.42	0.942	7	60	21047.80	0.920
6	50	19589.75	0.938	7	55	20734.67	0.917	8	60	21956.92	0.900
7	50	21801.96	0.898	8	55	23384.55	0.880	9	60	24292.90	0.866
8	50	26215.86	0.847	9	55	25942.11	0.844	5	61	21431.36	0.960
9	50	29499.78	0.804	5	56	20743.66	0.960	6	61	20728.72	0.942
5	51	20055.96	0.960	6	56	20055.97	0.942	7	61	21179.36	0.920
6	51	19469.55	0.941	7	56	20779.24	0.918	8	61	21997.42	0.901
7	51	21500.43	0.902	8	56	22909.51	0.887	9	61	23901.38	0.870
8	51	25310.05	0.858	9	56	25540.19	0.850	5	62	21568.90	0.960
9	51	28922.08	0.812	5	57	20881.20	0.960	6	62	20863.27	0.942
5	52	20193.50	0.960	6	57	20190.52	0.942	7	62	21310.92	0.920
6	52	19603.32	0.941	7	57	20824.71	0.919	8	62	22038.94	0.901
7	52	21453.76	0.904	8	57	22688.68	0.890	9	62	23597.10	0.875
8	52	24655.71	0.865	9	57	24888.48	0.858	5	63	21706.44	0.960
9	52	28341.69	0.818	5	58	21018.74	0.960	6	63	20997.82	0.942
5	53	20331.04	0.960	6	58	20325.07	0.942	7	63	21442.48	0.920

ตารางภาคผนวก ค-7 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
8	63	21997.48	0.903	9	68	23216.84	0.885	5	74	23219.38	0.96
9	63	23543.44	0.876	5	69	22531.68	0.960	6	74	22477.87	0.94
5	64	21843.98	0.960	6	69	21805.12	0.942	7	74	22889.64	0.92
6	64	21132.37	0.942	7	69	22231.84	0.920	8	74	23411.75	0.90
7	64	21574.04	0.920	8	69	22768.90	0.903	9	74	23884.04	0.89
8	64	22126.05	0.903	9	69	23341.28	0.885	5	75	23356.92	0.96
9	64	23407.27	0.879	5	70	22669.22	0.960	6	75	22612.42	0.94
5	65	21981.52	0.960	6	70	21939.67	0.942	7	75	23021.20	0.92
6	65	21266.92	0.942	7	70	22363.40	0.920	8	75	23540.32	0.90
7	65	21705.60	0.920	8	70	22897.47	0.903	9	75	24009.62	0.89
8	65	22254.62	0.903	9	70	23381.72	0.886	5	76	23494.46	0.96
9	65	23273.79	0.881	5	71	22806.76	0.960	6	76	22746.97	0.94
5	66	22119.06	0.960	6	71	22074.22	0.942	7	76	23152.76	0.92
6	66	21401.47	0.942	7	71	22494.96	0.920	8	76	23668.89	0.90
7	66	21837.16	0.920	8	71	23026.04	0.903	9	76	24135.20	0.89
8	66	22383.19	0.903	9	71	23507.30	0.886	5	77	23632.00	0.96
9	66	23224.91	0.882	5	72	22944.30	0.960	6	77	22881.52	0.94
5	67	22256.60	0.960	6	72	22208.77	0.942	7	77	23284.32	0.92
6	67	21536.02	0.942	7	72	22626.52	0.920	8	77	23797.46	0.90
7	67	21968.72	0.920	8	72	23154.61	0.903	9	77	24260.78	0.89
8	67	22511.76	0.903	9	72	23632.88	0.886	5	78	23769.54	0.96
9	67	23262.31	0.884	5	73	23081.84	0.960	6	78	23016.07	0.94
5	68	22394.14	0.960	6	73	22343.32	0.942	7	78	23415.88	0.92
6	68	21670.57	0.942	7	73	22758.08	0.920	8	78	23926.03	0.90
7	68	22100.28	0.920	8	73	23283.18	0.903	9	78	24386.36	0.89
8	68	22640.33	0.903	9	73	23758.46	0.886	5	79	23907.08	0.96

ตารางภาคผนวก ค-7 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
6	79	23150.62	0.942	6	81	23419.72	0.942	6	83	23688.82	0.942
7	79	23547.44	0.92	7	81	23810.56	0.92	7	83	24073.68	0.92
8	79	24054.60	0.903	8	81	24311.74	0.903	8	83	24568.88	0.903
9	79	24511.94	0.886	9	81	24763.10	0.886	9	83	25014.26	0.886
5	80	24044.62	0.96	5	82	24319.70	0.96	5	84	24594.78	0.96
6	80	23285.17	0.942	6	82	23554.27	0.942	6	84	23823.37	0.942
7	80	23679.00	0.92	7	82	23942.12	0.92	7	84	24205.24	0.92
8	80	24183.17	0.903	8	82	24440.31	0.903	8	84	24697.45	0.903
9	80	24637.52	0.886	9	82	24888.68	0.886	9	84	25139.84	0.886
5	81	24182.16	0.96	5	83	24457.24	0.96				

2.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

ทดสอบ T : 5-8 S : 54-79 N: 150

ตารางภาคผนวก ค-8

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
5	54	21140.20	0.973	7	56	21256.21	0.922	5	59	21967.75	0.974
6	54	20701.15	0.945	8	56	21959.29	0.900	6	59	20732.89	0.954
7	54	21169.86	0.912	5	57	21602.43	0.974	7	59	21263.17	0.926
8	54	21961.80	0.892	6	57	20802.81	0.952	8	59	22290.20	0.907
5	55	21321.98	0.973	7	57	21342.26	0.922	5	60	22066.42	0.975
6	55	20790.24	0.945	8	57	22125.59	0.900	6	60	20910.92	0.954
7	55	21255.51	0.919	5	58	21785.09	0.974	7	60	21434.82	0.926
8	55	21960.43	0.899	6	58	20809.49	0.952	8	60	22372.82	0.908
5	56	21419.77	0.974	7	58	21175.36	0.926	5	61	22249.96	0.975
6	56	20796.36	0.951	8	58	22291.89	0.900	6	61	21004.96	0.957

ตารางภาคผนวก ค-8 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
7	61	21354.47	0.930	8	67	22208.50	0.922	5	74	24635.98	0.975
8	61	22372.80	0.910	5	68	23534.74	0.975	6	74	22994.65	0.963
5	62	22433.50	0.975	6	68	22003.42	0.962	7	74	22865.35	0.941
6	62	21184.03	0.957	7	68	21896.79	0.941	8	74	23148.08	0.927
7	62	21274.76	0.934	8	68	22378.48	0.922	5	75	24819.52	0.975
8	62	22289.02	0.915	5	69	23718.28	0.975	6	75	23174.20	0.963
5	63	22617.04	0.975	6	69	22181.94	0.962	7	75	23040.91	0.941
6	63	21363.10	0.957	7	69	22071.95	0.941	8	75	23319.65	0.927
7	63	21448.48	0.934	8	69	22548.45	0.922	5	76	25003.06	0.975
8	63	22120.44	0.917	5	70	23901.82	0.975	6	76	23353.75	0.963
5	64	22800.58	0.975	6	70	22276.45	0.963	7	76	23216.47	0.941
6	64	21458.17	0.958	7	70	22163.11	0.941	8	76	23491.22	0.927
7	64	21622.21	0.934	8	70	22634.42	0.926	5	77	25186.60	0.975
8	64	22121.13	0.917	5	71	24085.36	0.975	6	77	23533.30	0.963
5	65	22984.12	0.975	6	71	22456.00	0.963	7	77	23392.03	0.941
6	65	21552.44	0.962	7	71	22338.67	0.941	8	77	23662.79	0.927
7	65	21627.93	0.939	8	71	22720.08	0.926	5	78	25370.14	0.975
8	65	22123.75	0.920	5	72	24268.90	0.975	6	78	23712.85	0.963
5	66	23167.66	0.975	6	72	22635.55	0.963	7	78	23567.59	0.941
6	66	21646.40	0.962	7	72	22514.23	0.941	8	79	24005.93	0.927
7	66	21716.86	0.940	8	72	22890.29	0.926	5	79	25553.68	0.975
8	66	22292.12	0.920	5	73	24452.44	0.975	6	79	23892.40	0.963
5	67	23351.20	0.975	6	73	22815.10	0.963	7	79	23743.15	0.941
6	67	21824.91	0.962	7	73	22689.79	0.941	8	79	24005.93	0.927
7	67	21721.62	0.941	8	73	22976.51	0.927				

2.3 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

ทดสอบ T : 5-8 S : 34-67 N: 50

ตารางภาคผนวก ค-9

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
5	34	14815.93	0.997	5	40	15539.05	0.997	5	46	16262.17	0.997
6	34	12819.28	0.992	6	40	13442	0.992	6	46	14149.4	0.992
7	34	12596.21	0.978	7	40	12945.87	0.981	7	46	13637.55	0.981
8	34	13897.31	0.954	8	40	13127.29	0.969	8	46	13803.25	0.969
5	35	14936.45	0.997	5	41	15659.57	0.997	5	47	16382.69	0.997
6	35	12852.5	0.992	6	41	13559.9	0.992	6	47	14267.3	0.992
7	35	12624.87	0.979	7	41	13061.15	0.981	7	47	13752.83	0.981
8	35	13416.57	0.96	8	41	13239.95	0.969	8	47	13915.91	0.969
5	36	15056.97	0.997	5	42	15780.09	0.997	5	48	16503.21	0.997
6	36	12970.40	0.992	6	42	13677.80	0.992	6	48	14385.20	0.992
7	36	12570.32	0.980	7	42	13176.43	0.981	7	48	13868.11	0.981
8	36	13190.82	0.965	8	42	13352.61	0.969	8	48	14028.57	0.969
5	37	15177.49	0.997	5	43	15900.61	0.997	5	49	16623.73	0.997
6	37	13088.30	0.992	6	43	13795.70	0.992	6	49	14503.10	0.992
7	37	12684.81	0.980	7	43	13291.71	0.981	7	49	13983.39	0.981
8	37	13130.66	0.966	8	43	13465.27	0.969	8	49	14141.23	0.969
5	38	15298.01	0.997	5	44	16021.13	0.997	5	50	16744.25	0.997
6	38	13206.20	0.992	6	44	13913.60	0.992	6	50	14621.00	0.992
7	38	12715.31	0.981	7	44	13406.99	0.981	7	50	14098.67	0.981
8	38	13071.76	0.967	8	44	13577.93	0.969	8	50	14253.89	0.969
5	39	15418.53	0.997	5	45	16141.65	0.997	5	51	16864.77	0.997
6	39	13324.10	0.992	6	45	14031.50	0.992	6	51	14738.90	0.992
7	39	12830.59	0.981	7	45	13522.27	0.981	7	51	14213.95	0.981
8	39	13014.63	0.969	8	45	13690.59	0.969	8	51	14366.55	0.969

ตารางภาคผนวก ค-9 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
5	52	16985.29	0.997	7	57	14905.63	0.981	5	63	18311.01	0.997
6	52	14856.80	0.992	8	57	15042.51	0.969	6	63	16153.70	0.992
7	52	14329.23	0.981	5	58	17708.41	0.997	7	63	15597.31	0.981
8	52	14479.21	0.969	6	58	15564.20	0.992	8	63	15718.47	0.969
5	53	17105.81	0.997	7	58	15020.91	0.981	5	64	18431.53	0.997
6	53	14974.70	0.992	8	58	15155.17	0.969	6	64	16271.60	0.992
7	53	14444.51	0.981	5	59	17828.93	0.997	7	64	15712.59	0.981
8	53	14591.87	0.969	6	59	15682.10	0.992	8	64	15831.13	0.969
5	54	17226.33	0.997	7	59	15136.19	0.981	5	65	18552.05	0.997
6	54	15092.60	0.992	8	59	15267.83	0.969	6	65	16389.50	0.992
7	54	14559.79	0.981	5	60	17949.45	0.997	7	65	15827.87	0.981
8	54	14704.53	0.969	6	60	15800.00	0.992	8	65	15943.79	0.969
5	55	17346.85	0.997	7	60	15251.47	0.981	5	66	18672.57	0.997
6	55	15210.50	0.992	8	60	15380.49	0.969	6	66	16507.40	0.992
7	55	14675.07	0.981	5	61	18069.97	0.997	7	66	15943.15	0.981
8	55	14817.19	0.969	6	61	15917.90	0.992	8	66	16056.45	0.969
5	56	17467.37	0.997	7	61	15366.75	0.981	5	67	18793.09	0.997
6	56	15328.40	0.992	8	61	15493.15	0.969	6	67	16625.30	0.992
7	56	14790.35	0.981	5	62	18190.49	0.997	7	67	16058.43	0.981
8	56	14929.85	0.969	6	62	16035.80	0.992	8	67	16169.11	0.969
5	57	17587.89	0.997	7	62	15482.03	0.981				
6	57	15446.30	0.992	8	62	15605.81	0.969				

2.4 การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)

ทดสอบ T : 8-11 S : 36-56 N: 280

ตารางภาคผนวก ค-10

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
8	36	13936.62	0.965	9	41	13729.72	0.966	10	46	14835	0.958
8	37	13939.15	0.966	9	42	13897.76	0.966	10	47	14915.58	0.958
8	38	14026.72	0.966	9	43	13897.8	0.968	10	48	15080.16	0.958
8	39	14114.86	0.967	9	44	13898.15	0.968	10	49	15160.74	0.959
8	40	14201.87	0.969	9	45	13980.42	0.969	10	50	15325.56	0.959
8	41	14287.75	0.97	9	46	14063.73	0.969	10	51	15490.38	0.959
8	42	14375	0.971	9	47	14232.57	0.969	10	52	15655.2	0.959
8	43	14547.62	0.971	9	48	14401.41	0.969	10	53	15820.02	0.959
8	44	14636.24	0.976	9	49	14570.25	0.969	10	54	15984.84	0.959
8	45	14724.54	0.976	9	50	14739.09	0.969	10	55	16149.66	0.959
8	46	14897.40	0.976	9	51	14907.93	0.969	10	56	16314.48	0.959
8	47	15070.26	0.976	9	52	15076.77	0.969	11	36	15445.11	0.908
8	48	15243.12	0.976	9	53	15245.61	0.969	11	37	15173.45	0.912
8	49	15415.98	0.976	9	54	15414.45	0.969	11	38	14989.32	0.914
8	50	15588.84	0.976	9	55	15583.29	0.969	11	39	14888.64	0.916
8	51	15761.70	0.976	9	56	15752.13	0.969	11	40	14704.19	0.921
8	52	15934.56	0.976	10	36	14978.94	0.941	11	41	14771.58	0.921
8	53	16107.42	0.976	10	37	14887.02	0.942	11	42	14672.82	0.933
8	54	16280.28	0.976	10	38	14543.66	0.947	11	43	14829.28	0.933
8	55	16453.14	0.976	10	39	14367.57	0.949	11	44	14901.74	0.933
8	56	16626.00	0.976	10	40	14274.28	0.951	11	45	15058.36	0.933
9	36	13659.05	0.949	10	41	14266.92	0.952	11	46	15046.98	0.935
9	37	13572.43	0.953	10	42	14345.49	0.953	11	47	15120.48	0.936
9	38	13654.22	0.954	10	43	14509.75	0.953	11	48	15111.19	0.945
9	39	13734.72	0.963	10	44	14590.00	0.958	11	49	15270.14	0.945
9	40	13731.38	0.964	10	45	14670.42	0.958	11	50	15429.09	0.945

ตารางภาคผนวก ค-10 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
11	51	15504.05	0.946	11	53	15825.65	0.946	11	55	16147.25	0.946
11	52	15664.85	0.946	11	54	15986.45	0.946	11	56	16308.05	0.946

2.5 การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution)

ทดสอบ T : 3-9 S : 40-116 N: 35

ตารางภาคผนวก ค-11

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
3	40	26371.41	0.981	3	58	30181.65	0.981	3	76	33991.89	0.981
3	41	26583.09	0.981	3	59	30393.33	0.981	3	77	34203.57	0.981
3	42	26794.77	0.981	3	60	30605.01	0.981	3	78	34415.25	0.981
3	43	27006.45	0.981	3	61	30816.69	0.981	3	79	34626.93	0.981
3	44	27218.13	0.981	3	62	31028.37	0.981	3	80	34838.61	0.981
3	45	27429.81	0.981	3	63	31240.05	0.981	3	81	35050.29	0.981
3	46	27641.49	0.981	3	64	31451.73	0.981	3	82	35261.97	0.981
3	47	27853.17	0.981	3	65	31663.41	0.981	3	83	35473.65	0.981
3	48	28064.85	0.981	3	66	31875.09	0.981	3	84	35685.33	0.981
3	49	28276.53	0.981	3	67	32086.77	0.981	3	85	35897.01	0.981
3	50	28488.21	0.981	3	68	32298.45	0.981	3	86	36108.69	0.981
3	51	28699.89	0.981	3	69	32510.13	0.981	3	87	36320.37	0.981
3	52	28911.57	0.981	3	70	32721.81	0.981	3	88	36532.05	0.981
3	53	29123.25	0.981	3	71	32933.49	0.981	3	89	36743.73	0.981
3	54	29334.93	0.981	3	72	33145.17	0.981	3	90	36955.41	0.981
3	55	29546.61	0.981	3	73	33356.85	0.981	3	91	37167.09	0.981
3	56	29758.29	0.981	3	74	33568.53	0.981	3	92	37378.77	0.981
3	57	29969.97	0.981	3	75	33780.21	0.981	3	93	37590.45	0.981

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
3	94	37802.13	0.981	4	43	23625.37	0.962	4	69	29014.39	0.962
3	95	38013.81	0.981	4	44	23832.64	0.962	4	70	29221.66	0.962
3	96	38225.49	0.981	4	45	24039.91	0.962	4	71	29428.93	0.962
3	97	38437.17	0.981	4	46	24247.18	0.962	4	72	29636.20	0.962
3	98	38648.85	0.981	4	47	24454.45	0.962	4	73	29843.47	0.962
3	99	38860.53	0.981	4	48	24661.72	0.962	4	74	30050.74	0.962
3	100	39072.21	0.981	4	49	24868.99	0.962	4	75	30258.01	0.962
3	101	39283.89	0.981	4	50	25076.26	0.962	4	76	30465.28	0.962
3	102	39495.57	0.981	4	51	25283.53	0.962	4	77	30672.55	0.962
3	103	39707.25	0.981	4	52	25490.80	0.962	4	78	30879.82	0.962
3	104	39918.93	0.981	4	53	25698.07	0.962	4	79	31087.09	0.962
3	105	40130.61	0.981	4	54	25905.34	0.962	4	80	31294.36	0.962
3	106	40342.29	0.981	4	55	26112.61	0.962	4	81	31501.63	0.962
3	107	40553.97	0.981	4	56	26319.88	0.962	4	82	31708.90	0.962
3	108	40765.65	0.981	4	57	26527.15	0.962	4	83	31916.17	0.962
3	109	40977.33	0.981	4	58	26734.42	0.962	4	84	32123.44	0.962
3	110	41189.01	0.981	4	59	26941.69	0.962	4	85	32330.71	0.962
3	111	41400.69	0.981	4	60	27148.96	0.962	4	86	32537.98	0.962
3	112	41612.37	0.981	4	61	27356.23	0.962	4	87	32745.25	0.962
3	113	41824.05	0.981	4	62	27563.50	0.962	4	88	32952.52	0.962
3	114	42035.73	0.981	4	63	27770.77	0.962	4	89	33159.79	0.962
3	115	42247.41	0.981	4	64	27978.04	0.962	4	90	33367.06	0.962
3	116	42459.09	0.981	4	65	28185.31	0.962	4	91	33574.33	0.962
4	40	23003.56	0.962	4	66	28392.58	0.962	4	92	33781.60	0.962
4	41	23210.83	0.962	4	67	28599.85	0.962	4	93	33988.87	0.962
4	42	23418.10	0.962	4	68	28807.12	0.962	4	94	34196.14	0.962

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
4	95	34403.41	0.962	5	44	30385.00	0.865	5	70	26871.28	0.942
4	96	34610.68	0.962	5	45	30490.84	0.865	5	71	27074.14	0.942
4	97	34817.95	0.962	5	46	30596.68	0.865	5	72	27277.00	0.942
4	98	35025.22	0.962	5	47	30702.52	0.865	5	73	27479.86	0.942
4	99	35232.49	0.962	5	48	22408.36	0.942	5	74	27682.72	0.942
4	100	35439.76	0.962	5	49	22611.22	0.942	5	75	27885.58	0.942
4	101	35647.03	0.962	5	50	22814.08	0.942	5	76	28088.44	0.942
4	102	35854.30	0.962	5	51	23016.94	0.942	5	77	28291.30	0.942
4	103	36061.57	0.962	5	52	23219.80	0.942	5	78	28494.16	0.942
4	104	36268.84	0.962	5	53	23422.66	0.942	5	79	28697.02	0.942
4	105	36476.11	0.962	5	54	23625.52	0.942	5	80	28899.88	0.942
4	106	36683.38	0.962	5	55	23828.38	0.942	5	81	29102.74	0.942
4	107	36890.65	0.962	5	56	24031.24	0.942	5	82	29305.60	0.942
4	108	37097.92	0.962	5	57	24234.10	0.942	5	83	29508.46	0.942
4	109	37305.19	0.962	5	58	24436.96	0.942	5	84	29711.32	0.942
4	110	37512.46	0.962	5	59	24639.82	0.942	5	85	29914.18	0.942
4	111	37719.73	0.962	5	60	24842.68	0.942	5	86	30117.04	0.942
4	112	37927.00	0.962	5	61	25045.54	0.942	5	87	30319.90	0.942
4	113	38134.27	0.962	5	62	25248.40	0.942	5	88	30522.76	0.942
4	114	38341.54	0.962	5	63	25451.26	0.942	5	89	30725.62	0.942
4	115	38548.81	0.962	5	64	25654.12	0.942	5	90	30928.48	0.942
4	116	38756.08	0.962	5	65	25856.98	0.942	5	91	31131.34	0.942
5	40	29961.64	0.865	5	66	26059.84	0.942	5	92	31334.20	0.942
5	41	30067.48	0.865	5	67	26262.70	0.942	5	93	31537.06	0.942
5	42	30173.32	0.865	5	68	26465.56	0.942	5	94	31739.92	0.942
5	43	30279.16	0.865	5	69	26668.42	0.942	5	95	31942.78	0.942

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
5	96	32145.64	0.942	6	45	36520.74	0.788	6	71	25988.19	0.923
5	97	32348.50	0.942	6	46	36617.76	0.788	6	72	26186.64	0.923
5	98	32551.36	0.942	6	47	36714.78	0.788	6	73	26385.09	0.923
5	99	32754.22	0.942	6	48	28411.80	0.865	6	74	26583.54	0.923
5	100	32957.08	0.942	6	49	28524.25	0.865	6	75	26781.99	0.923
5	101	33159.94	0.942	6	50	28636.71	0.865	6	76	26980.44	0.923
5	102	33362.80	0.942	6	51	28749.16	0.865	6	77	27178.89	0.923
5	103	33565.66	0.942	6	52	28861.62	0.865	6	78	27377.34	0.923
5	104	33768.52	0.942	6	53	28974.07	0.865	6	79	27575.79	0.923
5	105	33971.38	0.942	6	54	29086.53	0.865	6	80	27774.24	0.923
5	106	34174.24	0.942	6	55	29198.98	0.865	6	81	27972.69	0.923
5	107	34377.10	0.942	6	56	23011.44	0.923	6	82	28171.14	0.923
5	108	34579.96	0.942	6	57	23209.89	0.923	6	83	28369.59	0.923
5	109	34782.82	0.942	6	58	23408.34	0.923	6	84	28568.04	0.923
5	110	34985.68	0.942	6	59	23606.79	0.923	6	85	28766.49	0.923
5	111	35188.54	0.942	6	60	23805.24	0.923	6	86	28964.94	0.923
5	112	35391.40	0.942	6	61	24003.69	0.923	6	87	29163.39	0.923
5	113	35594.26	0.942	6	62	24202.14	0.923	6	88	29361.84	0.923
5	114	35797.12	0.942	6	63	24400.59	0.923	6	89	29560.29	0.923
5	115	35999.98	0.942	6	64	24599.04	0.923	6	90	29758.74	0.923
5	116	36202.84	0.942	6	65	24797.49	0.923	6	91	29957.19	0.923
6	40	36035.64	0.788	6	66	24995.94	0.923	6	92	30155.64	0.923
6	41	36132.66	0.788	6	67	25194.39	0.923	6	93	30354.09	0.923
6	42	36229.68	0.788	6	68	25392.84	0.923	6	94	30552.54	0.923
6	43	36326.70	0.788	6	69	25591.29	0.923	6	95	30750.99	0.923
6	44	36423.72	0.788	6	70	25789.74	0.923	6	96	30949.44	0.923

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
6	97	31147.89	0.923	7	46	47869.54	0.673	7	72	26224.00	0.904
6	98	31346.34	0.923	7	47	48023.89	0.673	7	73	26418.04	0.904
6	99	31544.79	0.923	7	48	35578.24	0.788	7	74	26612.08	0.904
6	100	31743.24	0.923	7	49	35673.05	0.788	7	75	26806.12	0.904
6	101	31941.69	0.923	7	50	35767.87	0.788	7	76	27000.16	0.904
6	102	32140.14	0.923	7	51	35862.68	0.788	7	77	27194.20	0.904
6	103	32338.59	0.923	7	52	35957.50	0.788	7	78	27388.24	0.904
6	104	32537.04	0.923	7	53	36052.31	0.788	7	79	27582.28	0.904
6	105	32735.49	0.923	7	54	36147.13	0.788	7	80	27776.32	0.904
6	106	32933.94	0.923	7	55	36241.94	0.788	7	81	27970.36	0.904
6	107	33132.39	0.923	7	56	30036.76	0.846	7	82	28164.40	0.904
6	108	33330.84	0.923	7	57	30153.62	0.846	7	83	28358.44	0.904
6	109	33529.29	0.923	7	58	30270.49	0.846	7	84	28552.48	0.904
6	110	33727.74	0.923	7	59	30387.35	0.846	7	85	28746.52	0.904
6	111	33926.19	0.923	7	60	30504.22	0.846	7	86	28940.56	0.904
6	112	34124.64	0.923	7	61	30621.08	0.846	7	87	29134.60	0.904
6	113	34323.09	0.923	7	62	30737.95	0.846	7	88	29328.64	0.904
6	114	34521.54	0.923	7	63	30854.81	0.846	7	89	29522.68	0.904
6	115	34719.99	0.923	7	64	24671.68	0.904	7	90	29716.72	0.904
6	116	34918.44	0.923	7	65	24865.72	0.904	7	91	29910.76	0.904
7	40	46943.44	0.673	7	66	25059.76	0.904	7	92	30104.80	0.904
7	41	47097.79	0.673	7	67	25253.80	0.904	7	93	30298.84	0.904
7	42	47252.14	0.673	7	68	25447.84	0.904	7	94	30492.88	0.904
7	43	47406.49	0.673	7	69	25641.88	0.904	7	95	30686.92	0.904
7	44	47560.84	0.673	7	70	25835.92	0.904	7	96	30880.96	0.904
7	45	47715.19	0.673	7	71	26029.96	0.904	7	97	31075.00	0.904

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
7	98	31269.04	0.904	8	47	54769.17	0.596	8	73	26556.83	0.885
7	99	31463.08	0.904	8	48	44403.68	0.692	8	74	26746.46	0.885
7	100	31657.12	0.904	8	49	44560.23	0.692	8	75	26936.09	0.885
7	101	31851.16	0.904	8	50	44716.79	0.692	8	76	27125.72	0.885
7	102	32045.20	0.904	8	51	44873.34	0.692	8	77	27315.35	0.885
7	103	32239.24	0.904	8	52	45029.90	0.692	8	78	27504.98	0.885
7	104	32433.28	0.904	8	53	45186.45	0.692	8	79	27694.61	0.885
7	105	32627.32	0.904	8	54	45343.01	0.692	8	80	27884.24	0.885
7	106	32821.36	0.904	8	55	45499.56	0.692	8	81	28073.87	0.885
7	107	33015.40	0.904	8	56	35156.12	0.788	8	82	28263.50	0.885
7	108	33209.44	0.904	8	57	35255.34	0.788	8	83	28453.13	0.885
7	109	33403.48	0.904	8	58	35354.57	0.788	8	84	28642.76	0.885
7	110	33597.52	0.904	8	59	35453.79	0.788	8	85	28832.39	0.885
7	111	33791.56	0.904	8	60	35553.02	0.788	8	86	29022.02	0.885
7	112	33985.60	0.904	8	61	35652.24	0.788	8	87	29211.65	0.885
7	113	34179.64	0.904	8	62	35751.47	0.788	8	88	29401.28	0.885
7	114	34373.68	0.904	8	63	35850.69	0.788	8	89	29590.91	0.885
7	115	34567.72	0.904	8	64	29649.92	0.846	8	90	29780.54	0.885
7	116	34761.76	0.904	8	65	29764.58	0.846	8	91	29970.17	0.885
8	40	53827.64	0.596	8	66	29879.24	0.846	8	92	30159.80	0.885
8	41	53962.14	0.596	8	67	29993.90	0.846	8	93	30349.43	0.885
8	42	54096.65	0.596	8	68	30108.56	0.846	8	94	30539.06	0.885
8	43	54231.15	0.596	8	69	30223.22	0.846	8	95	30728.69	0.885
8	44	54365.66	0.596	8	70	30337.88	0.846	8	96	30918.32	0.885
8	45	54500.16	0.596	8	71	30452.54	0.846	8	97	31107.95	0.885
8	46	54634.67	0.596	8	72	26367.20	0.885	8	98	31297.58	0.885

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
8	99	31487.21	0.885	9	48	49064.40	0.635	9	74	31504.20	0.827
8	100	31676.84	0.885	9	49	49205.52	0.635	9	75	31618.86	0.827
8	101	31866.47	0.885	9	50	49346.64	0.635	9	76	31733.52	0.827
8	102	32056.10	0.885	9	51	49487.76	0.635	9	77	31848.18	0.827
8	103	32245.73	0.885	9	52	49628.88	0.635	9	78	31962.84	0.827
8	104	32435.36	0.885	9	53	49770.00	0.635	9	79	32077.50	0.827
8	105	32624.99	0.885	9	54	49911.12	0.635	9	80	27992.16	0.865
8	106	32814.62	0.885	9	55	50052.24	0.635	9	81	28177.38	0.865
8	107	33004.25	0.885	9	56	41793.36	0.712	9	82	28362.60	0.865
8	108	33193.88	0.885	9	57	41952.12	0.712	9	83	28547.82	0.865
8	109	33383.51	0.885	9	58	42110.88	0.712	9	84	28733.04	0.865
8	110	33573.14	0.885	9	59	42269.64	0.712	9	85	28918.26	0.865
8	111	33762.77	0.885	9	60	42428.40	0.712	9	86	29103.48	0.865
8	112	33952.40	0.885	9	61	42587.16	0.712	9	87	29288.70	0.865
8	113	34142.03	0.885	9	62	42745.92	0.712	9	88	29473.92	0.865
8	114	34331.66	0.885	9	63	42904.68	0.712	9	89	29659.14	0.865
8	115	34521.29	0.885	9	64	34663.44	0.788	9	90	29844.36	0.865
8	116	34710.92	0.885	9	65	34764.87	0.788	9	91	30029.58	0.865
9	40	58594.20	0.538	9	66	34866.30	0.788	9	92	30214.80	0.865
9	41	58715.47	0.538	9	67	34967.73	0.788	9	93	30400.02	0.865
9	42	58836.75	0.538	9	68	35069.16	0.788	9	94	30585.24	0.865
9	43	58958.02	0.538	9	69	35170.59	0.788	9	95	30770.46	0.865
9	44	59079.30	0.538	9	70	35272.02	0.788	9	96	30955.68	0.865
9	45	59200.57	0.538	9	71	35373.45	0.788	9	97	31140.90	0.865
9	46	59321.85	0.538	9	72	31274.88	0.827	9	98	31326.12	0.865
9	47	59443.12	0.538	9	73	31389.54	0.827	9	99	31511.34	0.865

ตารางภาคผนวก ค-11 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
9	100	31696.56	0.865	9	106	32807.88	0.865	9	112	33919.20	0.865
9	101	31881.78	0.865	9	107	32993.10	0.865	9	113	34104.42	0.865
9	102	32067.00	0.865	9	108	33178.32	0.865	9	114	34289.64	0.865
9	103	32252.22	0.865	9	109	33363.54	0.865	9	115	34474.86	0.865
9	104	32437.44	0.865	9	110	33548.76	0.865	9	116	34660.08	0.865
9	105	32622.66	0.865	9	111	33733.98	0.865				

2.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution)

ทดสอบ T : 57-79 S : 10-17 N: 60

ตารางภาคผนวก ค-12

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
8	40	11769.49	0.978	8	54	13069.81	0.978	8	68	14370.13	0.978
8	41	11862.37	0.978	8	55	13162.69	0.978	8	69	14463.01	0.978
8	42	11955.25	0.978	8	56	13255.57	0.978	8	70	14555.89	0.978
8	43	12048.13	0.978	8	57	13348.45	0.978	8	71	14648.77	0.978
8	44	12141.01	0.978	8	58	13441.33	0.978	9	40	11948.93	0.963
8	45	12233.89	0.978	8	59	13534.21	0.978	9	41	11954.7	0.964
8	46	12326.77	0.978	8	60	13627.09	0.978	9	42	11961.29	0.965
8	47	12419.65	0.978	8	61	13719.97	0.978	9	43	12051.19	0.965
8	48	12512.53	0.978	8	62	13812.85	0.978	9	44	12141.09	0.965
8	49	12605.41	0.978	8	63	13905.73	0.978	9	45	12146.99	0.966
8	50	12698.29	0.978	8	64	13998.61	0.978	9	46	12237.71	0.966
8	51	12791.17	0.978	8	65	14091.49	0.978	9	47	12328.43	0.966
8	52	12884.05	0.978	8	66	14184.37	0.978	9	48	12419.15	0.966
8	53	12976.93	0.978	8	67	14277.25	0.978	9	49	12509.87	0.966

ตารางภาคผนวก ค-12 (ต่อ)

T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL	T	S	TotalCost	SL
9	50	12600.59	0.966	9	58	13326.35	0.966	9	66	14052.11	0.966
9	51	12691.31	0.966	9	59	13417.07	0.966	9	67	14142.83	0.966
9	52	12782.03	0.966	9	60	13507.79	0.966	9	68	14233.55	0.966
9	53	12872.75	0.966	9	61	13598.51	0.966	9	69	14324.27	0.966
9	54	12963.47	0.966	9	62	13689.23	0.966	9	70	14414.99	0.966
9	55	13054.19	0.966	9	63	13779.95	0.966	9	71	14505.71	0.966
9	56	13144.91	0.966	9	64	13870.67	0.966				
9	57	13235.63	0.966	9	65	13961.39	0.966				

3. ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ของนโยบาย Max-Min

3.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution)

ทดสอบ Max : 76-85 Min : 12-15 N: 885

ตารางภาคผนวก ค-13

Mx	Mn	TotalCost	SL	Mx	Mn	TotalCost	SL	Mx	Mn	TotalCost	SL
76	12	12012.88	0.990	77	13	11827.62	0.995	78	14	11800.02	0.998
77	12	11906.16	0.991	78	13	11772.91	0.995	79	14	11763.89	0.998
78	12	11824.53	0.992	79	13	11709.58	0.996	80	14	11743.52	0.998
79	12	11774.18	0.992	80	13	11673.64	0.996	81	14	11695.15	0.998
80	12	11729.21	0.992	81	13	11640.69	0.996	82	14	11636.67	0.998
81	12	11730.95	0.992	82	13	11621.42	0.995	83	14	11612.64	0.998
82	12	11817.50	0.991	83	13	11673.65	0.995	84	14	11652.51	0.997
83	12	11838.72	0.991	84	13	11684.39	0.995	85	14	11646.79	0.998
84	12	11823.94	0.992	85	13	11683.72	0.995	76	15	11871.05	0.999
85	12	11841.51	0.992	76	14	11808.09	0.998	77	15	11885.59	0.999
76	13	11799.43	0.996	77	14	11787.81	0.998	78	15	11890.40	0.999

ตารางภาคผนวก ค-13 (ต่อ)

Mx	Mn	TotalCost	SL	Mx	Mn	TotalCost	SL	Mx	Mn	TotalCost	SL
79	15	11891.2	0.999	81	15	11838.6	0.999	83	15	11707.9	0.999
80	15	11882.6	0.999	82	15	11785.6	0.999	84	15	11708.6	0.999

3.2 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเอ๊กโปเนนเชียล (Exponential distribution)

ทดสอบ Max :72-108 Min : 13-17 N: 126

ตารางภาคผนวก ค-14

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
72	13	13732	0.969	90	13	14518	0.976	108	13	15718	0.979
73	13	13792	0.968	91	13	14577	0.976	72	14	13715	0.973
74	13	13837	0.968	92	13	14679	0.975	73	14	13736	0.973
75	13	13860	0.969	93	13	14748	0.976	74	14	13780	0.973
76	13	13898	0.970	94	13	14806	0.977	75	14	13828	0.973
77	13	13982	0.969	95	13	14905	0.976	76	14	13852	0.974
78	13	14014	0.970	96	13	14970	0.976	77	14	13913	0.974
79	13	14076	0.970	97	13	15071	0.975	78	14	14000	0.973
80	13	14070	0.971	98	13	15126	0.976	79	14	14023	0.974
81	13	14089	0.973	99	13	15249	0.975	80	14	14055	0.975
82	13	14116	0.973	100	13	15352	0.974	81	14	14069	0.976
83	13	14123	0.974	101	13	15393	0.975	82	14	14096	0.977
84	13	14094	0.976	102	13	15481	0.975	83	14	14096	0.978
85	13	14145	0.976	103	13	15489	0.976	84	14	14111	0.978
86	13	14188	0.976	104	13	15472	0.978	85	14	14145	0.979
87	13	14267	0.976	105	13	15520	0.978	86	14	14180	0.980
88	13	14322	0.976	106	13	15587	0.979	87	14	14251	0.979
89	13	14418	0.976	107	13	15683	0.979	88	14	14302	0.979

ตารางภาคผนวก ค-14 (ต่อ)

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
89	14	14365	0.979	78	15	13969	0.978	104	15	15535	0.983
90	14	14461	0.980	79	15	14048	0.977	105	15	15613	0.983
91	14	14544	0.979	80	15	14056	0.978	106	15	15662	0.983
92	14	14620	0.979	81	15	14096	0.978	107	15	15735	0.984
93	14	14687	0.979	82	15	14094	0.980	108	15	15763	0.985
94	14	14781	0.980	83	15	14123	0.980	72	16	13729	0.981
95	14	14827	0.980	84	15	14150	0.981	73	16	13776	0.980
96	14	14929	0.980	85	15	14170	0.981	74	16	13834	0.979
97	14	15025	0.979	86	15	14207	0.982	75	16	13879	0.980
98	14	15116	0.979	87	15	14269	0.982	76	16	13905	0.980
99	14	15195	0.979	88	15	14308	0.983	77	16	13974	0.980
100	14	15312	0.978	89	15	14381	0.983	78	16	13998	0.980
101	14	15386	0.978	90	15	14430	0.983	79	16	14051	0.981
102	14	15433	0.980	91	15	14533	0.982	80	16	14109	0.980
103	14	15486	0.98	92	15	14618	0.98	81	16	14119	0.98
104	14	15510	0.980	93	15	14668	0.983	82	16	14134	0.98
105	14	15532	0.981	94	15	14767	0.982	83	16	14163	0.98
106	14	15618	0.981	95	15	14866	0.982	84	16	14204	0.98
107	14	15673	0.982	96	15	14929	0.983	85	16	14251	0.98
108	14	15743	0.982	97	15	15026	0.982	86	16	14274	0.98
72	15	13711	0.976	98	15	15103	0.983	87	16	14323	0.98
73	15	13773	0.976	99	15	15193	0.982	88	16	14353	0.99
74	15	13800	0.977	100	15	15302	0.982	89	16	14422	0.99
75	15	13816	0.977	101	15	15378	0.981	90	16	14474	0.99
76	15	13873	0.977	102	15	15441	0.982	91	16	14543	0.99
77	15	13937	0.977	103	15	15473	0.984	92	16	14620	0.99

ตารางภาคผนวก ค-14 (ต่อ)

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
93	16	14728	0.985	74	17	13879	0.983	92	17	14684	0.99
94	16	14775	0.985	75	17	13921	0.983	93	17	14729	0.99
95	16	14862	0.985	76	17	13976	0.983	94	17	14841	0.99
96	16	14951	0.985	77	17	14039	0.982	95	17	14898	0.99
97	16	15025	0.986	78	17	14086	0.983	96	17	14989	0.99
98	16	15113	0.985	79	17	14092	0.983	97	17	15086	0.99
99	16	15167	0.986	80	17	14146	0.984	98	17	15142	0.99
100	16	15268	0.986	81	17	14196	0.984	99	17	15226	0.99
101	16	15352	0.986	82	17	14233	0.984	100	17	15312	0.99
102	16	15443	0.985	83	17	14262	0.985	101	17	15409	0.99
103	16	15517	0.986	84	17	14279	0.986	102	17	15494	0.99
104	16	15568	0.986	85	17	14314	0.986	103	17	15587	0.99
105	16	15656	0.985	86	17	14354	0.987	104	17	15660	0.99
106	16	15753	0.985	87	17	14400	0.987	105	17	15736	0.99
107	16	15811	0.99	88	17	14444	0.99	106	17	15823	0.99
108	16	15862	0.99	89	17	14501	0.99	107	17	15897	0.99
72	17	13802	0.98	90	17	14544	0.99	108	17	15939	0.99
73	17	13837	0.98	91	17	14607	0.99				

3.3 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไวล์บูล (Weibull distribution)

ทดสอบ Max : 61-78 Min : 8-11 N: 433

ตารางภาคผนวก ค-15

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
61	8	7989	0.996	63	8	8102	0.996	65	8	8191	0.996
62	8	8039	0.996	64	8	8162	0.996	66	8	8260	0.996

ตารางภาคผนวก ค-15 (ต่อ)

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
67	8	8291	0.996	71	9	8438	0.998	75	10	8559	0.999
68	8	8332	0.996	72	9	8461	0.998	76	10	8551	0.999
69	8	8380	0.996	73	9	8427	0.998	77	10	8548	0.999
70	8	8458	0.995	74	9	8434	0.998	78	10	8535	0.999
71	8	8431	0.996	75	9	8426	0.999	61	11	8144	1.000
72	8	8395	0.996	76	9	8414	0.999	62	11	8128	1.000
73	8	8388	0.996	77	9	8395	0.998	63	11	8154	1.000
74	8	8381	0.996	78	9	8396	0.998	64	11	8196	1.000
75	8	8360	0.996	61	10	8000	0.999	65	11	8254	1.000
76	8	8333	0.996	62	10	8024	0.999	66	11	8297	1.000
77	8	8310	0.997	63	10	8079	0.999	67	11	8373	0.999
78	8	8268	0.997	64	10	8141	0.999	68	11	8439	0.999
61	9	7946	0.998	65	10	8185	0.999	69	11	8489	1.000
62	9	8010	0.998	66	10	8249	0.999	70	11	8545	1.000
63	9	8038	0.998	67	10	8321	0.999	71	11	8590	1.000
64	9	8097	0.998	68	10	8381	0.999	72	11	8636	1.000
65	9	8154	1	69	10	8411	1	73	11	8661	1
66	9	8210	0.998	70	10	8457	0.999	74	11	8697	1.000
67	9	8286	0.998	71	10	8503	0.999	75	11	8710	1.000
68	9	8314	0.998	72	10	8533	0.999	76	11	8722	1.000
69	9	8348	0.998	73	10	8553	0.999	77	11	8711	1.000
70	9	8409	0.998	74	10	8550	0.999	78	11	8728	1.000

3.4 การแจกแจงแบบล็อคนอร์มอล (Lognormal distribution)

ทดสอบ Max : 39-41 Min : 7-8 N: 364

ตารางภาคผนวก ค-16

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
39	7	9696.8	0.970	55	7	9842.7	0.978	48	8	9549.1	0.981
40	7	9636.0	0.971	56	7	9804.9	0.979	49	8	9570.4	0.982
41	7	9628.6	0.972	57	7	9832.1	0.979	50	8	9602.0	0.982
42	7	9542.4	0.974	58	7	9856.0	0.979	51	8	9673.0	0.982
43	7	9516.1	0.975	59	7	9898.4	0.979	52	8	9700.3	0.982
44	7	9500.8	0.976	60	7	9894.6	0.980	53	8	9796.5	0.982
45	7	9507.0	0.976	61	7	9913.6	0.981	54	8	9821.5	0.981
46	7	9524.4	0.976	39	8	9723.4	0.975	55	8	9852.0	0.982
47	7	9561.0	0.977	40	8	9677.0	0.975	56	8	9863.7	0.982
48	7	9559.3	0.978	41	8	9677.2	0.975	57	8	9846.3	0.983
49	7	9594.0	0.978	42	8	9572.9	0.978	58	8	9889.3	0.982
50	7	9635.3	0.978	43	8	9522.2	0.979	59	8	9940.7	0.982
51	7	9681.8	0.978	44	8	9481.5	0.980	60	8	9956.9	0.983
52	7	9740.6	0.978	45	8	9448.2	0.981	61	8	9961.4	0.984
53	7	9820.7	0.977	46	8	9479.7	0.980				
54	7	9785.7	0.978	47	8	9540.3	0.980				

3.5 การแจกแจงแบบเอ็มไพริคอล (Empirical distribution)

ทดสอบ Max : 80-99 Min : 9-16 N: 20

ตารางภาคผนวก ค-17

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
80	9	14774	1	84	9	19139	0.96	88	9	15403	1
81	9	14976	1	85	9	19255	0.96	89	9	15606	1
82	9	18907	0.962	86	9	19371	0.962	90	9	18953	0.962
83	9	19023	0.962	87	9	19487	0.962	91	9	19061	0.962

ตารางภาคผนวก ค-17 (ต่อ)

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
92	9	19169	0.962	98	10	15805	1.000	84	12	15585	1.000
93	9	19276	0.962	99	10	19599	0.962	85	12	19255	0.962
94	9	19384	0.962	80	11	14774	1.000	86	12	19371	0.962
95	9	19491	0.962	81	11	14976	1.000	87	12	19487	0.962
96	9	15399	1.000	82	11	15179	1.000	88	12	15403	1.000
97	9	15602	1.000	83	11	15382	1.000	89	12	15606	1.000
98	9	19500	0.962	84	11	19139	0.962	90	12	15809	1.000
99	9	19599	0.962	85	11	19255	0.962	91	12	16011	1.000
80	10	14774	1.000	86	11	19371	0.962	92	12	16214	1.000
81	10	14976	1.000	87	11	19487	0.962	93	12	19276	0.962
82	10	15179	1.000	88	11	15403	1.000	94	12	19384	0.962
83	10	19023	0.962	89	11	15606	1.000	95	12	19491	0.962
84	10	19139	0.962	90	11	15809	1.000	96	12	15399	1.000
85	10	19255	0.962	91	11	16011	1.000	97	12	15602	1.000
86	10	19371	0.962	92	11	19169	0.962	98	12	15805	1.000
87	10	19487	0.962	93	11	19276	0.962	99	12	16008	1.000
88	10	15403	1	94	11	19384	0.96	80	13	14774	1
89	10	15606	1.000	95	11	19491	0.962	81	13	14976	1.000
90	10	15809	1.000	96	11	15399	1.000	82	13	15179	1.000
91	10	19061	0.962	97	11	15602	1.000	83	13	15382	1.000
92	10	19169	0.962	98	11	15805	1.000	84	13	15585	1.000
93	10	19276	0.962	99	11	16008	1.000	85	13	15788	1.000
94	10	19384	0.962	80	12	14774	1.000	86	13	19371	0.962
95	10	19491	0.962	81	12	14976	1.000	87	13	19487	0.962
96	10	15399	1.000	82	12	15179	1.000	88	13	15403	1.000
97	10	15602	1.000	83	12	15382	1.000	89	13	15606	1.000

ตารางภาคผนวก ค-17 (ต่อ)

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
90	13	15809	1.000	94	14	16620	1.000	98	15	15805	1.000
91	13	16011	1.000	95	14	19491	0.962	99	15	16008	1.000
92	13	16214	1.000	96	14	15399	1.000	80	16	16533	1.000
93	13	16417	1.000	97	14	15602	1.000	81	16	14976	1.000
94	13	19384	0.96	98	14	15805	1	82	16	15179	1
95	13	19491	0.962	99	14	16008	1.000	83	16	15382	1.00
96	13	15399	1.000	80	15	14774	1.000	84	16	15585	1.00
97	13	15602	1.000	81	15	14976	1.000	85	16	15788	1.00
98	13	15805	1.000	82	15	15179	1.000	86	16	15991	1.00
99	13	16008	1.000	83	15	15382	1.000	87	16	16194	1.00
80	14	14774	1.000	84	15	15585	1.000	88	16	16397	1.00
81	14	14976	1.000	85	15	15788	1.000	89	16	15606	1.00
82	14	15179	1.000	86	15	15991	1.000	90	16	15809	1.00
83	14	15382	1.000	87	15	16194	1.000	91	16	16011	1.00
84	14	15585	1.000	88	15	15403	1.000	92	16	16214	1.00
85	14	15788	1.000	89	15	15606	1.000	93	16	16417	1.00
86	14	15991	1	90	15	15809	1	94	16	16620	1
87	14	19487	0.962	91	15	16011	1.000	95	16	16823	1.00
88	14	15403	1.000	92	15	16214	1.000	96	16	17026	1.00
89	14	15606	1.000	93	15	16417	1.000	97	16	15602	1.00
90	14	15809	1.000	94	15	16620	1.000	98	16	15805	1.00
91	14	16011	1.000	95	15	16823	1.000	99	16	16008	1.00
92	14	16214	1.000	96	15	15399	1.000				
93	14	16417	1.000	97	15	15602	1.000				

3.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง (Poisson distribution)

ทดสอบ Max : 60-77 Min : 10-17 N: 879

ตารางภาคผนวก ค-18

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
60	6	7720	0.985	68	7	7255	0.993	76	8	7083	0.996
61	6	7740	0.984	69	7	7246	0.993	77	8	7064	0.997
62	6	7680	0.985	70	7	7196	0.993	60	9	7100	0.998
63	6	7713	0.985	71	7	7149	0.993	61	9	7173	0.997
64	6	7663	0.986	72	7	7124	0.993	62	9	7211	0.997
65	6	7591	0.987	73	7	7077	0.994	63	9	7234	0.997
66	6	7531	0.987	74	7	7126	0.993	64	9	7251	0.998
67	6	7472	0.988	75	7	7095	0.994	65	9	7283	0.997
68	6	7441	0.988	76	7	7131	0.993	66	9	7275	0.998
69	6	7424	0.988	77	7	7180	0.993	67	9	7276	0.998
70	6	7404	0.988	60	8	7252	0.994	68	9	7288	0.998
71	6	7325	0.989	61	8	7265	0.993	69	9	7261	0.998
72	6	7282	0.989	62	8	7269	0.995	70	9	7224	0.998
73	6	7286	0.989	63	8	7272	0.995	71	9	7212	0.998
74	6	7314	0.989	64	8	7279	0.995	72	9	7184	0.998
75	6	7328	0.989	65	8	7289	0.995	73	9	7139	0.998
76	6	7357	0.99	66	8	7271	1	74	9	7110	1
77	6	7408	0.989	67	8	7268	0.995	75	9	7114	0.998
60	7	7416	0.990	68	8	7259	0.996	76	9	7127	0.998
61	7	7386	0.991	69	8	7219	0.996	77	9	7117	0.998
62	7	7398	0.990	70	8	7154	0.997	60	10	7130	0.999
63	7	7401	0.991	71	8	7150	0.996	61	10	7168	0.999
64	7	7384	0.991	72	8	7100	0.997	62	10	7219	0.999
65	7	7388	0.991	73	8	7055	0.997	63	10	7247	0.999
66	7	7376	0.992	74	8	7073	0.996	64	10	7283	0.999
67	7	7295	0.992	75	8	7064	0.997	65	10	7310	0.999

ตารางภาคผนวก ค-18 (ต่อ)

Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL	Mx	Mn	TTCost	SL
66	10	7329	0.999	76	10	7224	0.999	68	11	7459	1.000
67	10	7336	0.999	77	10	7230	0.999	69	11	7474	1.000
68	10	7343	0.999	60	11	7215	1.000	70	11	7466	1.000
69	10	7345	0.999	61	11	7235	1.000	71	11	7469	1.000
70	10	7338	1	62	11	7261	1	72	11	7457	1
71	10	7324	0.999	63	11	7305	1.000	73	11	7443	1.00
72	10	7310	0.999	64	11	7350	1.000	74	11	7413	1.00
73	10	7276	0.999	65	11	7394	1.000	75	11	7406	1.00
74	10	7266	0.999	66	11	7408	1.000	76	11	7379	1.00
75	10	7226	0.999	67	11	7442	1.000	77	11	7364	1.00

ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ของทุกนโยบายที่แสดงในภาคผนวก ค เป็นผลลัพธ์ในขั้นตอนที่ 4 ในการหาค่าตัวควบคุมที่ทำให้ผลลัพธ์ในการค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ดีที่สุด

ภาคผนวก ง

ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายรวมและระดับบริการที่ยอมรับได้ สำหรับกรณีที่ต้องการกำหนดการใช้งาน ของนโยบาย Q, r และ นโยบาย Max-Min

การปรับการใช้งานนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการ เจเนอเรทข้อมูลขึ้นมา 5000 ข้อมูล โดยใช้ Expression เดียวกันกับที่ได้จากข้อมูลเดิม โดยทางผู้วิจัยจะเลือกพิจารณาเฉพาะนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min เท่านั้นเนื่องจากสองนโยบายนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่านโยบาย T, S และมีผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งแต่ละการแจกแจงได้ ค่าเฉลี่ย ค่า max และค่า Min ดังนี้

ตารางภาคผนวก ง-1

ประเภทการแจกแจกแจง	Normal	Expo	Weibull	Lognormal	Poisson
Max	12	17	11	11	11
Min	0	1	1	1	0
Average	5.57	4.28	3.09	2.39	2.83

จากข้อมูล พบว่า ค่า Max ของ Demand มีค่าใกล้เคียงกับค่า r ของนโยบาย Q, r และใกล้เคียงค่า Min ของนโยบาย Max-Min ส่วนค่า Q และค่า Max เท่าผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของ Demand คิดเป็น 13-17 เท่าของค่า Q และ 15-19 เท่าของค่า Max ซึ่งแสดงดังนี้

ตารางภาคผนวก ง-2

ประเภทการแจกแจกแจง	Normal	Expo	Weibull	Lognormal	Poisson
Q	72-94	55-72	40-52	31-41	37-48
r	12	17	11	11	11
Max	83-106	64-81	46-58	36-45	42-54
Min	12	17	11	11	11

จากข้อมูลที่ได้ ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ค่าที่ได้จากตารางภาคผนวก ง-2 โดยมีผลลัพธ์ดังนี้

นโยบาย Q, r

ตารางภาคผนวก ง-3

Normal						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
72	12	11,706.80	0.991	5,000.90	6,075.90	630.00
73	12	11,901.18	0.987	4,768.30	6,187.88	945.00
74	12	12,165.30	0.985	4,710.15	6,300.15	1,155.00
75	12	11,804.21	0.990	4,652.00	6,417.21	735.00
76	12	11,940.11	0.992	4,652.00	6,553.11	735.00
77	12	11,870.84	0.992	4,652.00	6,588.84	630.00
78	12	11,988.87	0.992	4,652.00	6,706.87	630.00
79	12	12,075.50	0.993	4,652.00	6,793.50	630.00
80	12	12,006.33	0.995	4,652.00	6,934.33	420.00
81	12	12,234.65	0.993	4,652.00	6,952.65	630.00
82	12	12,323.15	0.992	4,652.00	7,041.15	630.00
83	12	12,191.54	0.993	4,652.00	7,014.54	525.00
84	12	12,296.41	0.992	4,652.00	7,119.41	525.00
85	12	12,432.06	0.993	4,652.00	7,150.06	630.00
86	12	12,295.69	0.995	4,652.00	7,223.69	420.00
87	12	12,187.84	0.994	4,477.55	7,290.29	420.00
88	12	12,412.93	0.991	4,361.25	7,316.68	735.00
89	12	12,400.99	0.992	4,361.25	7,409.74	630.00
90	12	12,288.14	0.994	4,361.25	7,401.90	525.00
91	12	12,270.44	0.993	4,244.95	7,500.49	525.00
92	12	12,296.83	0.994	4,244.95	7,526.88	525.00

ตารางภาคผนวก ง-3 (ต่อ)

Normal						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
93	12	12,240.20	0.995	4,186.80	7,633.40	420.00
94	12	12,447.88	0.992	4,128.65	7,689.23	630.00
Average		12,164.26	0.99	4,550.87	6,992.52	620.87
Max		12,447.88	0.99			

ตารางภาคผนวก ง-4

Exponential						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
55	17	14,061.44	0.980	5,349.80	7,766.64	945.00
56	17	14,229.61	0.984	5,349.80	7,934.81	945.00
57	17	13,608.33	0.993	5,349.80	8,048.53	210.00
58	17	13,558.10	0.997	5,291.65	8,161.45	105.00
59	17	13,590.52	0.997	5,233.50	8,252.02	105.00
60	17	13,810.60	0.992	5,117.20	8,378.40	315.00
61	17	14,131.89	0.984	5,059.05	8,442.84	630.00
62	17	13,844.82	0.993	5,000.90	8,528.92	315.00
63	17	13,797.96	0.984	4,768.30	8,714.66	315.00
64	17	14,184.45	0.979	4,652.00	8,797.45	735.00
65	17	14,144.56	0.979	4,535.70	8,873.86	735.00
66	17	14,427.42	0.978	4,477.55	9,109.87	840.00
67	17	14,544.49	0.973	4,419.40	9,180.09	945.00
68	17	14,602.15	0.969	4,419.40	9,237.75	945.00

ตารางภาคผนวก ง-4 (ต่อ)

Exponential						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
69	17	14,498.45	0.972	4,303.10	9,355.35	840.00
70	17	14,446.22	0.975	4,303.10	9,408.12	735.00
71	17	14,418.13	0.987	4,303.10	9,485.03	630.00
72	17	14,577.29	0.982	4,303.10	9,539.19	735.00
Average		14,137.58	0.983	4,790.91	8,734.17	612.50
Max		14,602.15	0.969			

ตารางภาคผนวก ง-5

Weibull						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
40	11	8,416.24	1.000	4,826.45	3,589.79	0.00
41	11	8,392.43	1.000	4,710.15	3,682.28	0.00
42	11	8,464.48	1.000	4,710.15	3,754.33	0.00
43	11	8,490.96	1.000	4,652.00	3,838.96	0.00
44	11	8,508.52	1.000	4,593.85	3,914.67	0.00
45	11	8,440.55	1.000	4,535.70	3,904.85	0.00
46	11	8,428.66	1.000	4,419.40	4,009.26	0.00
47	11	8,461.94	1.000	4,361.25	4,100.69	0.00
48	11	8,437.85	1.000	4,303.10	4,134.75	0.00
49	11	8,472.60	0.998	4,186.80	4,180.80	105.00
50	11	8,439.08	0.998	4,128.65	4,205.43	105.00

ตารางภาคผนวก ง-5 (ต่อ)

Weibull						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
51	11	8,390.74	1.000	4,128.65	4,262.09	0.00
52	11	8,405.98	0.997	3,954.20	4,346.78	105.00
Average		8,442.31	0.999	4,423.87	3,994.21	24.23
Max		8,508.52	0.997			

ตารางภาคผนวก ง-6

Lognormal						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
31	11	10,526.06	0.985	5,175.35	4,825.71	525.00
32	11	10,498.00	0.988	5,059.05	4,913.95	525.00
33	11	10,277.96	0.977	4,652.00	4,995.96	630.00
34	11	10,098.14	0.974	4,419.40	5,153.74	525.00
35	11	10,250.92	0.974	4,361.25	5,259.67	630.00
36	11	10,405.00	0.969	4,303.10	5,366.90	735.00
37	11	10,326.27	0.970	4,244.95	5,451.32	630.00
38	11	10,578.86	0.967	4,128.65	5,610.21	840.00
39	11	10,518.89	0.968	4,128.65	5,655.24	735.00
40	11	10,458.21	0.968	4,128.65	5,699.56	630.00
41	11	10,480.36	0.978	4,070.50	5,779.86	630.00
Average		10,401.70	0.974	4,424.69	5,337.46	639.55
Max		10,578.86	0.967			

ตารางภาคผนวก ง-7

Poisson						
Q	R	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
37	11	7,709.83	1.000	4,884.60	2,825.23	0.00
38	11	7,737.54	1.000	4,826.45	2,911.09	0.00
39	11	7,624.32	1.000	4,652.00	2,972.32	0.00
40	11	7,631.73	1.000	4,593.85	3,037.88	0.00
41	11	7,546.42	1.000	4,477.55	3,068.87	0.00
42	11	7,550.81	1.000	4,419.40	3,131.41	0.00
43	11	7,645.12	0.997	4,361.25	3,178.87	105.00
44	11	7,528.03	1.000	4,303.10	3,224.93	0.00
45	11	7,461.74	1.000	4,186.80	3,274.94	0.00
46	11	7,461.58	1.000	4,128.65	3,332.93	0.00
47	11	7,548.23	0.997	4,070.50	3,372.73	105.00
48	11	7,379.15	1.000	3,954.20	3,424.95	0.00
Average		7,568.71	1.00	4,404.86	3,146.35	17.50
Max		7,737.54	0.997			

นโยบาย Max-Min

ตารางภาคผนวก ง-8

Normal						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
83	12	11,914.87	0.987	4,710.15	6,259.72	945.00
84	12	11,934.92	0.990	4,710.15	6,384.77	840.00
85	12	11,542.58	0.994	4,652.00	6,470.58	420.00
86	12	11,741.92	0.993	4,652.00	6,564.92	525.00
87	12	12,270.01	0.990	4,652.00	6,673.01	945.00
88	12	12,050.99	0.993	4,652.00	6,768.99	630.00
89	12	12,558.97	0.987	4,652.00	6,856.97	1,050.00
90	12	12,407.72	0.990	4,652.00	6,915.72	840.00
91	12	12,436.72	0.989	4,652.00	6,944.72	840.00
92	12	12,408.04	0.990	4,652.00	7,021.04	735.00
93	12	12,445.57	0.990	4,652.00	7,058.57	735.00
94	12	12,522.04	0.990	4,652.00	7,135.04	735.00
95	12	12,202.18	0.995	4,593.85	7,188.33	420.00
96	12	12,240.91	0.994	4,535.70	7,285.21	420.00
97	12	12,150.03	0.994	4,361.25	7,368.78	420.00
98	12	12,428.88	0.992	4,361.25	7,437.63	630.00
99	12	12,353.68	0.992	4,303.10	7,420.58	630.00
100	12	12,740.67	0.987	4,303.10	7,492.57	945.00
101	12	12,598.47	0.990	4,303.10	7,560.37	735.00
102	12	12,012.63	0.997	4,186.80	7,615.83	210.00

ตารางภาคผนวก ง-8 (ต่อ)

Normal						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
103	12	11,965.47	0.997	4,070.50	7,684.97	210.00
104	12	12,094.94	0.998	4,070.50	7,814.44	210.00
105	12	12,191.72	0.995	3,837.90	7,933.82	420.00
106	12	12,236.27	0.995	3,779.75	8,036.52	420.00
Average		12,227.09	0.99	4,443.63	7,162.21	621.25
Max		12,740.67	0.99			

ตารางภาคผนวก ง-9

Exponential						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
64	17	14,243.84	0.970	5,698.70	7,285.14	1,260.00
65	17	14,130.20	0.975	5,698.70	7,381.50	1,050.00
66	17	14,103.08	0.976	5,524.25	7,528.83	1,050.00
67	17	13,961.81	0.978	5,466.10	7,655.71	840.00
68	17	14,250.02	0.974	5,407.95	7,792.07	1,050.00
69	17	13,847.18	0.987	5,349.80	7,867.38	630.00
70	17	13,682.17	0.993	5,291.65	7,970.52	420.00
71	17	13,784.49	0.991	5,233.50	8,025.99	525.00
72	17	13,726.27	0.991	5,175.35	8,130.92	420.00
73	17	13,750.65	0.992	5,175.35	8,260.30	315.00

ตารางภาคผนวก ง-9 (ต่อ)

Exponential						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
74	17	13,803.82	0.992	5,117.20	8,371.62	315.00
75	17	13,909.65	0.992	5,117.20	8,477.45	315.00
76	17	14,033.04	0.992	5,117.20	8,600.84	315.00
77	17	14,142.41	0.981	4,884.60	8,732.81	525.00
78	17	14,240.64	0.979	4,768.30	8,842.34	630.00
79	17	14,139.41	0.976	4,593.85	8,915.56	630.00
80	17	14,305.42	0.971	4,477.55	8,987.87	840.00
81	17	14,444.54	0.972	4,419.40	9,080.14	945.00
Average		14,027.70	0.982	5,139.81	8,217.06	670.83
Max		14,444.54	0.970			

ตารางภาคผนวก ง-10

Weibull						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
46	11	8,678.51	1.000	5,349.80	3,328.71	0.00
47	11	8,791.45	0.998	5,291.65	3,394.80	105.00
48	11	8,528.19	1.000	5,059.05	3,469.14	0.00
49	11	8,608.50	1.000	5,059.05	3,549.45	0.00
50	11	8,409.97	1.000	4,768.30	3,641.67	0.00
51	11	8,447.19	1.000	4,710.15	3,737.04	0.00
52	11	8,453.62	1.000	4,652.00	3,801.62	0.00

ตารางภาคผนวก ง-10 (ต่อ)

Weibull						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
53	11	8,509.30	1.000	4,652.00	3,857.30	0.00
54	11	8,502.89	1.000	4,593.85	3,909.04	0.00
55	11	8,377.04	1.000	4,419.40	3,957.64	0.00
56	11	8,469.53	1.000	4,419.40	4,050.13	0.00
57	11	8,472.03	1.000	4,361.25	4,110.78	0.00
58	11	8,466.67	1.000	4,303.10	4,163.57	0.00
Average		8,516.53	1.000	4,741.46	3,766.99	8.08
Max		8,791.45	0.998			

ตารางภาคผนวก ง-11

Lognormal						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
36	11	10,685.82	0.979	5,815.00	4,345.82	525.00
37	11	10,302.05	0.992	5,524.25	4,462.80	315.00
38	11	10,558.46	0.983	5,407.95	4,625.51	525.00
39	11	10,494.62	0.983	5,291.65	4,677.97	525.00
40	11	10,494.92	0.981	5,117.20	4,747.72	630.00
41	11	10,310.44	0.989	4,942.75	4,842.69	525.00
42	11	10,083.64	0.987	4,826.45	4,942.19	315.00
43	11	10,230.40	0.973	4,535.70	5,064.70	630.00
44	11	10,243.44	0.974	4,419.40	5,194.04	630.00
45	11	10,407.17	0.969	4,361.25	5,310.92	735.00
Average		10,381.10	0.981	5,024.16	4,821.44	535.50
Max		10,685.82	0.969			

ตารางภาคผนวก ง-12

Poisson						
Max	Min	TTCost	SL	OrderingCost	CarryingCost	ShortageCost
42	11	8,124.30	1.000	5,524.25	2,600.05	0.00
43	11	7,992.83	1.000	5,349.80	2,643.03	0.00
44	11	8,095.30	0.998	5,291.65	2,698.65	105.00
45	11	7,907.03	0.998	5,059.05	2,742.98	105.00
46	11	7,731.69	1.000	4,942.75	2,788.94	0.00
47	11	7,582.57	1.000	4,710.15	2,872.42	0.00
48	11	7,639.49	1.000	4,710.15	2,929.34	0.00
49	11	7,581.94	1.000	4,593.85	2,988.09	0.00
50	11	7,637.88	1.000	4,593.85	3,044.03	0.00
51	11	7,508.15	1.000	4,419.40	3,088.75	0.00
52	11	7,570.46	1.000	4,419.40	3,151.06	0.00
53	11	7,564.26	1.000	4,361.25	3,203.01	0.00
54	11	7,461.20	1.000	4,186.80	3,274.40	0.00
Average		7,722.85	1.00	4,781.72	2,924.98	16.15
Max		8,124.30	0.998			

การกำหนดนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min ที่ค่าเฉลี่ยของ Demand คิดเป็น 13-17 เท่าของค่า Q และ 15-19 เท่าของค่า Max นั้น จากผลลัพธ์ที่ได้พบว่าค่าใช้จ่ายรวมแตกต่างกันเพียง 500-1300 บาท ต่อปี สำหรับนโยบาย Q, r และนโยบาย Max-Min โดยทางผู้วิจัยเลือกนำค่าใช้จ่ายรวมที่สูงที่สุดมาเปรียบเทียบ ซึ่งผลต่างก็เป็นจำนวนเงินไม่มากนัก สำหรับระดับบริการที่ยอมรับก็เช่นกัน ทางผู้วิจัยเลือกระดับบริการที่ต่ำที่สุดมาเปรียบเทียบ ก็พบว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และต่างจากเดิมไม่มากนัก ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่า การกำหนดค่า r และค่า Min เท่ากับ ค่า Maxของ Demand และการกำหนดค่า ค่าเฉลี่ยของ Demand คิดเป็น 13-17 เท่าของค่า Qและ 15-19 เท่าของค่า Max (ของนโยบาย Max-Min) สามารถนำไปปรับใช้กับการกำหนดนโยบายทั้งสองได้

ตารางภาคผนวก ง-13

ค่าใช้จ่ายรวม						
ประเภทการแจกแจก	แจง	Normal	Expo	Weibull	Lognormal	Poisson
นโยบาย Q,r	ค่าเดิม	11,465.20	13,311.64	8,004.53	9,806.94	7,117.55
	ค่าใหม่	12,447.88	14,602.15	8,508.52	10,578.86	7,737.54
	ส่วนต่าง	982.68	1,290.51	503.99	771.92	619.99
นโยบาย Max-Min	ค่าเดิม	11,473.05	13,439.44	8,038.98	9,770.58	7,124.71
	ค่าใหม่	12,740.67	14,444.54	8,791.45	10,685.82	8,124.30
	ส่วนต่าง	982.68	1,290.51	503.99	771.92	619.99

ตารางภาคผนวก ง-14

ระดับบริการที่ยอมรับได้						
ประเภทการแจกแจกแจง		Normal	Expo	Weibull	Lognormal	Poisson
นโยบาย Q, r	ค่าเดิม	1.000	0.994	1.000	0.957	0.995
	ค่าใหม่	0.985	0.969	0.997	0.967	0.997
	ส่วนต่าง	-0.015	-0.025	-0.003	0.010	0.002
นโยบาย Max-Min	ค่าเดิม	0.999	0.990	1.000	0.961	0.995
	ค่าใหม่	0.987	0.970	0.998	0.969	0.998
	ส่วนต่าง	-0.012	-0.020	-0.002	0.008	0.003