การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา

The Improvement of Warehouse Management System in Reconstitute Wood Panel Industry

อารดา ลีชุติวัฒน์

Arada Leechutiwat

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา

ผู้เขียน นางสาวอารดา ลีชุติวัฒน์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

คณะกรรมการสอบ

…..…….....……ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล)

...……...กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล)

…..……...……....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

….……...……....กรรมการ

(ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา
ผู้เขียน	นางสาวอารดา ลีชุติวัฒน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายออกของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา โดยการปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าเริ่มจากการกำหนดหัวข้อปัญหาโดยใช้หลักการแก้ไขปัญหาแบบคิวซีสตอรี่ร่วมกับเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง ซึ่งเครื่องมือคุณภาพและวิธีการเหล่านี้จะมีส่วนในกำหนดหัวข้อปัญหาความไม่พึงพอใจของลูกค้า การวิจัยเริ่มจากการทำความเข้าใจภาพรวมของกระบวนการจากแผนผังการไหล กำหนดค่าเป้าหมายในการดำเนินการแก้ไขปัญหาจากการศึกษาการทำงานและเวลา จากนั้นทำการระดมสมองผ่านแผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการจ่ายออกสินค้าของงานคลังสินค้า ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการรับ การเก็บ การเบิก และการจ่าย ประเมินผลกระทบของสาเหตุเพื่อลำดับความสำคัญของสาเหตุที่นำมาแก้ไข ทำให้สามารถหาแนวทางแก้ไขสาเหตุของปัญหา และพิจารณาการนำมาตรการตอบโต้ไปปฏิบัติโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบสถานการณ์ที่สร้างขึ้นบนโปรแกรม ProModel® เวอร์ชั่น 7.0 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการนำมาตรการตอบโต้ไปปฏิบัติ จากการตรวจสอบความถูกต้องและน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พบว่า แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริง และสามารถนำไปใช้ประเมินทางเลือกในการปรับปรุงระบบ โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางเลือกจาก 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุรากเหง้าของปัญหา คือ แผนผังตำแหน่งจัดเก็บ จำนวนรถบรรทุก และจำนวนรถยก เพื่อลดระยะทางและเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าในงานคลังสินค้า ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงแผนผังตำแหน่งจัดเก็บ โดยใช้ระบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มสินค้าตามยอดการเบิกออกของสินค้า การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า เมื่อพิจารณาทางเลือกของระบบที่ดีที่สุด พบว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าลดลง 44 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 52.38 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

Thesis Title	The Improvement of Warehouse Management System in Reconstitute Wood Panel Industry
Author	Ms. Arada Leechutiwat
Major Program	Industrial and Systems Engineering
Academic Year	2009

ABSTRACT

This research aims to improve shipping efficiency of a reconstitute wood panel industry by improving the warehouse management system. The study applied the QC Story and 7 QC Tools to solve the unsatisfied customer issues. The research methodology began with the problem definition by understanding situation through flow process charts, and then proceeding with observation and target setting through time study. Brainstorming was used to analyze the cause and effect of each subsystem of the warehouse delivery system: receiving, storaging, retrieving and shipping. The root causes were ranked by the failure mode and effects analysis. And computer simulation with ProModel® version 7.0 was performed to predict the results of countermeasures. After verification and validation of the model, it is suggested that the model can be truly represented the real system. And it can be implemented experiment tool. This research had develop the simulation model choosing from three factors, finish goods storage layout, numbers of trucks, and numbers of forklift to decrease distance and time in warehouse process. The results show that the optimize scenario can decrease average time in system by 44 seconds or 52.38 percentage without overtime in system.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความรู้และประสบการณ์ที่คณาจารย์ได้ให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไข ตรวจทาน และให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง ดร.บุญศิริ ลิ่มสกุล สำหรับคำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่ง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล ประธานกรรมการในการสอบโครงร่าง และปกป้องวิทยานิพนธ์ ตลอดถึง ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาแนะนำท้วงติงและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์เพิ่มเติม อันทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนเพิ่มเติมในการดำเนินงานวิจัย พร้อมการให้คำแนะนำที่ดีในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอมอบคุณความดีทั้งหมดจากการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้แด่คุณพ่อ คุณแม่ที่ให้การดูแลเลี้ยงดูเป็นอย่างดี ครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้วิชาความรู้และปลูกฝังคุณธรรม และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

อารดา ลีชุติวัฒน์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ....(6)
รายการตาราง....(8)
รายการภาพประกอบ ....(9)
บทที่
1. บทนำ....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา....1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย....11
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย....11
1.5 ขอบเขตการวิจัย....11
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 12
2.1 ทฤษฎีงานคลังสินค้า....12
2.2 การจำลองระบบ 32
2.3 การศึกษาการทำงาน 43
3. วิธีการวิจัย....54
3.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา....54
3.2 การสำรวจสภาพปัจจุบัน....55
3.3 การตั้งเป้าหมาย....55
3.4 การวิเคราะห์หาสาเหตุ....55
3.5 การกำหมดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกัน....56
4. การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย 72
4.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา....72
4.2 การสำรวจสภาพปัจจุบัน....75
4.3 การตั้งเป้าหมาย....78
4.4 การวิเคราะห์หาสาเหตุ....81
4.5 การกำหมดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกัน....87

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 การประเมินทางเลือกของระบบ 108
4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ 122
5. สรุปผลการวิจัย 127
5.1 สรุปผลการวิจัย 127
5.2 ข้อเสนอแนะ 134
บรรณานุกรม 135
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 139
ภาคผนวก ข 150
ภาคผนวก ค 159
ภาคผนวก ง 165
ประวัติผู้เขียน 190

รายการตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2. 1 หลักการของ ECRS 46

ตารางที่ 2. 2 แนวทางในการปรับปรุงงาน 47

ตารางที่ 3. 1 แสดงยอดเบิกออกของสินค้า 3 กลุ่มตามความถี่ในการหมุนเวียนสินค้าต่อเดือน 59

ตารางที่ 3. 2 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือน ในแต่ละกลุ่ม 61

ตารางที่ 3. 3 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือน ในแต่ละขนาด 65

ตารางที่ 3. 4 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่ระดับเดิม 69

ตารางที่ 3. 5 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่เพิ่ม จำนวนรถบรรทุกอีก 10 คัน 70

ตารางที่ 3. 6 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่เพิ่ม จำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน 70

ตารางที่ 4. 1 แสดงเวลามาตรฐานในการทำงานของแผนกคลังสินค้าใน 1 วัน 80

ตารางที่ 4. 2 แสดงเกณฑ์การประเมินความรุนแรงของปัญหาที่กระทบต่อลูกค้า 83

ตารางที่ 4. 3 แสดงเกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้นของสาเหตุ 84

ตารางที่ 4. 4 แสดงเกณฑ์การประเมินความสามารถในตรวจจับลักษณะบกพร่อง 84

ตารางที่ 4. 5 แสดงช่วงคะแนน RPN ในการประเมิน 85

ตารางที่ 4. 6 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของสาเหตุ ของปัญหาในกระบวนการ 86

ตารางที่ 4. 7 แสดงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า 94

ตารางที่ 4. 8 ลักษณะของตัวแบบจำลองสถานการณ์ 95

ตารางที่ 4. 9 แสดงการลองผิดลองถูกของการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม 115

ตารางที่ 4. 10 แสดงรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย 117

ตารางที่ 4. 11 แสดงจำนวนพาเลทสินค้าที่จ่ายออกได้ของแผนกคลังสินค้าใน 1 วัน 126

ตารางที่ 5. 1 แสดงเวลาโดยเฉลี่ยของพาเลตสินค้าแต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบ 128

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

ภาพประกอบ 2. 1 การจัดการคลังสินค้าในขอบข่ายงานลอจิสติกส์ 14

ภาพประกอบ 2. 2 กิจกรรมในคลังสินค้าทั่วไป 15

ภาพประกอบ 2. 3 การวางกองเป็นตั้ง 18

ภาพประกอบ 2. 4 โครงฐานสำหรับการวางกองพาเลต 19

ภาพประกอบ 2. 5 ชั้นวางแบบลึกหนึ่งพาเลต 20

ภาพประกอบ 2. 6 ชั้นวางแบบลึกสองพาเลต 21

ภาพประกอบ 2. 7 ชั้นวางแบบขับเข้า 21

ภาพประกอบ 2. 8 ชั้นวางแบบขับผ่าน 22

ภาพประกอบ 2. 9 ชั้นวางพาเลตแบบลาดเอียง 23

ภาพประกอบ 2. 10 ชั้นวางแบบดันไปด้านหลัง 24

ภาพประกอบ 2. 11 ชั้นวางแบบฐานเลื่อน 24

ภาพประกอบ 2. 12 รถยกประเภท Walkie Stacker 25

ภาพประกอบ 2. 13 รถยกประเภท Counterbalanced 26

ภาพประกอบ 2. 14 รถยกประเภท Straddle Truck 27

ภาพประกอบ 2. 15 รถยกประเภท Straddle Reach Truck 27

ภาพประกอบ 2. 16 รถยกประเภท Sideloader Truck 28

ภาพประกอบ 2. 17 รถยกประเภท Turnet Truck 29

ภาพประกอบ 2. 18 รถยกประเภท Hybrid Truck 29

ภาพประกอบ 2. 19 เครื่องจัดเก็บและเบิกสินค้าแบบอัตโนมัติ 30

ภาพประกอบ 2. 20 กราฟความสัมพันธ์ของระบบที่มีความต่อเนื่องกัน 36

ภาพประกอบ 2. 21 กราฟความสัมพันธ์ของระบบที่ไม่มีความต่อเนื่อง 37

ภาพประกอบ 2. 22 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 40

ภาพประกอบ 2. 23 การศึกษาการทำงาน 44

ภาพประกอบ 3. 1 การนิยามปัญหา 54

ภาพประกอบ 3. 2 แสดงขั้นตอนการจำลองแบบปัญหา 56

ภาพประกอบ 3. 3 แผนผังแสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือน ในแต่ละกลุ่ม 63

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

ภาพประกอบ 3. 4 แผนผังแสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือน ในแต่ละขนาด....68

ภาพประกอบ 4. 1 การนิยามปัญหา....72

ภาพประกอบ 4. 2 แผนผังแสดงกระบวนการจัดส่งสินค้าออกจากคลังสินค้า....74

ภาพประกอบ 4. 3 แผนภูมิควบคุมแสดงค่าแรงที่เกิดการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า....75

ภาพประกอบ 4. 4 แผนผังแสดงลักษณะคลังสินค้า....77

ภาพประกอบ 4. 5 ฐานรองสินค้าประเภทฐานหน้าเดี่ยว....78

ภาพประกอบ 4. 6 แผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุการทำงานล่วงเวลา ของแผนกคลังสินค้า....82

ภาพประกอบ 4. 7 แสดงโครงสร้างแบบจำลองสถานการณ์การดำเนินงานภายในคลังสินค้า....88

ภาพประกอบ 4. 8 แสดงขั้นตอนการเข้ามารับบริการของลูกค้า....89

ภาพประกอบ 4. 9 แสดงขั้นตอนการเบิกสินค้าและการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า....90

ภาพประกอบ 4. 10 แสดงขั้นตอนการจัดเรียงสินค้าขึ้นตู้สินค้า....92

ภาพประกอบ 4. 11 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาใบรับสินค้าของรถเทรลเลอร์....93

ภาพประกอบ 4. 12 แสดงภาพเคลื่อนไหวช่วยการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง....97

ภาพประกอบ 4. 13 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่เก็บมาจากระบบจริง....99

ภาพประกอบ 4. 14 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง....100

ภาพประกอบ 4. 15 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล....101

ภาพประกอบ 4. 16 การหาขนาดตัวอย่างของจำนวนรอบการจำลอง....104

ภาพประกอบ 4. 17 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่เก็บมาจากระบบจริง....105

ภาพประกอบ 4. 18 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง....106

ภาพประกอบ 4. 19 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล....107

ภาพประกอบ 4. 20 ผลลัพธ์ของการทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบ....108

ภาพประกอบ 4. 21 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้น....109

ภาพประกอบ 4. 22 การวิเคราะห์ค่าเศษเหลือและความเพียงพอของแบบจำลอง....110

ภาพประกอบ 4. 23 การทดสอบความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้น....111

ภาพประกอบ 4. 24 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบ....118

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

ภาพประกอบ 4. 25 การวิเคราะห์ค่าเศษเหลือและความเพียงพอของแบบจำลอง.....119
ภาพประกอบ 4. 26 แสดงสมการถดถอย.....120
ภาพประกอบ 4. 27 กราฟแสดงผลที่เกิดจากแต่ละปัจจัยหลัก.....121
ภาพประกอบ 4. 28 แสดงผลที่เกิดจากอันตรกริยาของทั้ง 3 ปัจจัย.....122

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจ ท่ามกลางการแข่งขันดังเช่นปัจจุบัน พันธกิจหลักที่องค์กรใช้สำหรับการสร้างความสามารถในการแข่งขัน และการสร้างความแตกต่าง เพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ในสายตาลูกค้า คือ การสร้างความพึงพอใจ แนวทางปฏิบัติเพื่อให้บรรลุพันธกิจ โดยกระบวนการการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นผลสำเร็จ และสามารถสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้าในการติดต่อดำเนินงานร่วมกัน จากสภาพการดังกล่าว ระบบลอจิสติกส์ (Logistics System) จึงเข้ามามีบทบาทเพื่อเพิ่มโอกาสสำหรับการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันอันเป็นปัจจัยนำพาองค์กรไปสู่ความสำเร็จ แม้สภาพการการแข่งขันได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

การจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) เป็นกิจกรรมเกี่ยวกับการวางแผน การปฏิบัติการ การติดตาม และประเมินผลของกิจกรรมในโซ่อุปทาน โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างคุณค่าในทุกขั้นตอนการผลิต ปรับอุปทานให้สอดคล้องกับอุปสงค์ ยกระดับงานให้เป็นสากล การจัดการโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพจะมีผลให้เกิดการไหลเวียนของสิ่งสำคัญสามสิ่งในองค์กร ได้แก่ การไหลเวียนของสินค้า และการบริการ (Physical Flow) การไหลเวียนของข้อมูลสารสนเทศ (Information Flow) และการไหลเวียนของเงินทุน (Fund Flow) อย่างมีประสิทธิภาพในขณะที่การจัดการลอจิสติกส์ (Logistics Management) เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการโซ่อุปทาน ประกอบด้วยการวางแผน การดำเนินการ การควบคุมการไหลเวียน การจัดเก็บสินค้า การบริการ และสารสนเทศ อย่างมีประสิทธิภาพจากจุดแหล่งกำเนิดของวัตถุดิบ ถึงจุดที่มีบริโภคหรือจุดที่มีการใช้งาน เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือผู้บริโภค

ทั้งโซ่อุปทาน (Supply Chain) และลอจิสติกส์จึงมีความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกันอย่างแยกจากกันไม่ได้ เมื่อลอจิสติกส์ครอบคลุมกิจกรรมหลายอย่างด้วยกัน แต่ละกิจกรรมต่างเป็น

องค์ประกอบของระบบที่ต้องประสานให้แต่ละกิจกรรมดำเนินไปอย่างสอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่สามารถแยกให้ส่วนใดส่วนหนึ่งดำเนินไปอย่างแยกส่วน และที่สำคัญการดำเนินกิจกรรมทุกส่วนของลอจิสติกส์ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการทั้งภายใน และภายนอกองค์กร อาทิ โครงสร้างภายในองค์กร นโยบายของผู้บริหาร

โดยทั่วไปกิจกรรมทางลอจิสติกส์สามารถนำมาจัดแบ่งลำดับความสำคัญได้ เป็น 2 ส่วน คือ

(1) กิจกรรมหลัก (Key Activities) เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากกว่ากิจกรรมรอง เกิดขึ้นเป็นประจำ มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ได้แก่ การขนส่ง การวางแผนการกระจายสินค้ารวมถึงการจำหน่าย การดำเนินการสั่งซื้อ การกำหนดการให้บริการแก่ลูกค้า และการบริหารสินค้าคงคลัง

(2) กิจกรรมรอง (Support Activities) หรืออาจเรียกว่ากิจกรรมเสริมเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นตามโอกาส อาจไม่พบใน บางสายการผลิต ได้แก่ การบรรจุหีบห่อ การจัดการคลังสินค้า การวางแผนการใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต การประสานงานกับฝ่ายผลิต การมุ่งสู่มาตรฐานสากล

ด้วยกิจกรรมมากมายที่รวมอยู่ในกระบวนการลอจิสติกส์ หากทุกกิจกรรมของลอจิสติกส์เป็นไปอย่างมีประสิทธิผล ก็จะเป็นการสร้างความได้เปรียบให้แก่ธุรกิจ และสร้างคุณค่าแก่ลูกค้าให้เพิ่มขึ้น ด้วยต้นทุน และเวลาต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ [1]

กระบวนการลอจิสติกส์มีความเกี่ยวข้องกับการจัดการกลยุทธ์ในธุรกิจ และมีความสำคัญมากขึ้นทุกขณะ เนื่องจากระบบลอจิสติกส์มีขอบเขตงานครอบคลุมเริ่มต้น ตั้งแต่รับวัตถุดิบในกระบวนการผลิตไปจนท้ายสุดที่ผู้บริโภค ได้สรุปกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในกระบวนการลอจิสติกส์ไว้ดังนี้ [2]

(1) การให้บริการลูกค้า (Customer Service)

(2) การขนส่งและการจราจร (Traffic and Transportation)

(3) การจัดการวัสดุคงคลัง (Inventory Management)

(4) กระบวนการสั่งผลิต (Order Processing)

(5) การขนย้ายวัสดุ (Material Handling)

(6) การจัดซื้อ (Purchasing)

(7) การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management)

โดยมีคลังสินค้า (Warehouse) เป็นจุดเชื่อมที่สำคัญระหว่างหน่วยงานต่างๆที่อยู่ในระบบลอจิสติกส์โดยทั่วไปการมีสินค้าคงคลังถือเป็นการลงทุนที่มีความสำคัญอย่างมาก ปริมาณสินค้าคงคลังแสดงให้เห็นถึงจำนวนเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าคงคลังย่อมมีมูลค่าแปรผันตามปริมาณ เนื่องจากองค์กรไม่สามารถดำเนินการผลิตได้โดยมีสินค้าคงคลังเป็นศูนย์ตามที่ต้องการได้ การมีปริมาณสินค้าพร้อมที่จะจำหน่ายแก่ลูกค้าในปริมาณสูง และใช้เงินทุนที่น้อยกว่าจากการผลิตครั้งละมากๆ ทำให้องค์กรมีความยืดหยุ่นในการปฏิบัติงานมากขึ้น และยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการแข่งขัน และช่วยลดความเสี่ยงจากความแปรผันของอุปสงค์และอุปทาน สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วจากสินค้าคงคลังที่มีอยู่ในคลังสินค้า แต่ปริมาณสินค้าดังกล่าวก็จะส่งผลให้ต้องจัดการพื้นที่ในการเก็บตามมา ดังนั้นการจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) เป็นกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการลอจิสติกส์ที่มีความสำคัญอย่างมาก การจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพย่อมส่งผลถึงความสามารถในการลดต้นทุนขององค์กรตลอดจนถึงความสามารถในการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าขององค์กรนั้นๆ [3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาระบบการจัดการคลังสินค้าในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา โดยนำหลักการแนวคิดในการกำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการ วิเคราะห์หาต้นทุนที่เกิดจากความสูญเปล่า และเสนอแนวทางในการกำจัดความสูญเปล่าเหล่านั้นเพื่อลดต้นทุนที่ได้แก่ ต้นทุนค่าแรงในการทำงานล่วงเวลาการทำงานของแผนกคลังสินค้า โดยในกรณีศึกษานี้ ได้มุ่งเน้นการจัดการในส่วนงานจ่ายออกสินค้าสำเร็จรูป เพื่อหาแนวทางในการวางแผน และบริหารเวลาการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำการลดหรือกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าในกระบวนการจัดการคลังสินค้า ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการรับ (Receiving) การเก็บ (Storaging) การเบิก (Retrieving) และการจ่าย (Shipping) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่กระทบโดยตรงต่อระดับบริการที่ลูกค้าได้รับและต้นทุนของบริษัท

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุรินทร์ ทั้งไพศาล [4] ทำการศึกษาเรื่องแบบจำลองสถานการณ์เพื่อการจัดการการกระจายสินค้าในคลังสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของแนวความคิดในการปรับปรุงระบบคลังสินค้า การศึกษานี้ได้ใช้คลังสินค้าของบริษัทผลิตกระเบื้องมุงหลังคา และไม้ฝาสังเคราะห์แห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา โดยมุ่งเน้นในส่วนงานคลังสินค้าที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการจัดส่งสินค้าแก่ลูกค้า เนื่องจากเป็นส่วนผลกระทบโดยตรงต่อระดับบริการที่ลูกค้าได้รับ การพัฒนา

แบบจำลองของสถานการณ์ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานภายในคลังสินค้าในส่วนของการให้บริการแก่ลูกค้า และได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือ 1) ส่วนการเข้ามารับบริการของลูกค้า 2) ส่วนการจัดสินค้าแบบเต็มพาเลต 3) ส่วนการจัดสินค้าแบบไม่เต็มพาเลต 4) ส่วนการจัดเรียงสินค้าขึ้นรถบรรทุก ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกพัฒนาบนโปรแกรมที่มีชื่อว่า “Extend” โดยในการสร้างแบบจำลองนี้จะแยกระบบงานที่จะจำลองออกเป็นส่วนย่อยๆ แล้วจึงนำมาประกอบกันเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์อีกครั้ง ผลจากการตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพบว่า แบบจำลองสามารถสะท้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในคลังสินค้า และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ และประเมินความเหมาะสมของแนวทางต่างๆ ในการปรับปรุงระบบภายในคลังสินค้า โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการนำแนวทางต่างๆไปปฏิบัติ อันจะส่งผลให้การตัดสินใจปรังปรุงระบบคลังสินค้ามีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

ปริญญ์ บุญกนิษฐ [5] ทำการศึกษาเรื่องกระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการปรับผังโรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตโซ่รถจักรยานยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาทางด้านเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) โดยการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เทคนิคทางด้านสถิติ และการวิเคราะห์กระบวนการเชิงลำดับขั้น สำหรับเทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation) นั้นได้นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ระบบโรงงานเพื่อช่วยพิจารณาเชิงปริมาณ และสร้างแนวทางที่จะปรับปรุงโดยใช้การจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ “Arena 5.0” ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ จะถูกนำไปพิจารณาทางด้านปริมาณ และเศรษฐศาสตร์ก่อนการตัดสินใจโดยเทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการเชิงลำดับขั้น (Analytic Hirarchy Process : AHP) ช่วยในการพิจารณาการตัดสินใจ รวมถึงการตัดสินใจแบบกลุ่ม (Group Decision Making) และเปรียบเทียบหาผลลัพธ์บนโปรแกรม Microsoft Excel 2000 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยจะทำให้ได้ กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการปรับผังโรงงาน และทำให้ทราบถึงปัจจัยในการตัดสินใจของโรงงานกรณีศึกษาว่ามีปัจจัยหลักที่พิจารณาทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านการเงิน การผลิต และปัจจัยสนับสนุนอื่นๆ

ทวีมาศ นาคอุดม [6] ทำการศึกษาเรื่องความสูญเสียของการใช้ทรัพยากรในการผลิตในส่วนของการลดเวลาในการเคลื่อนที่ของวัสดุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องมาจากสัดส่วนระหว่างเวลาที่สูญเสียรวมในการผลิตกับเวลาที่สูญเสียไป

กับการเคลื่อนย้ายมีสัดส่วนที่สูงมาก ในการปรับปรุงผังโรงงานนั้นจะอาศัยหลักการวางผังโรงงานตามความสัมพันธ์ (Relationship Layout Planning : RELAP) ตามหลักการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning : SLP) โดยมุ่งเน้นถึงการลดความสูญเสียของการใช้ทรัพยากรในการผลิต ในแง่ของการลดเวลาในการเคลื่อนที่ของวัสดุ โดยศึกษาการไหลของวัสดุให้เป็นไปตามเงื่อนไขในการผลิตด้วย ทำการเปรียบเทียบผลจากระยะทาง และเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในการผลิตก่อน และหลังปรับปรุงรวมถึงผลผลิตที่ได้ก่อน และหลังการปรับปรุง

วัชนะชัย จูมผา (2546) [7] ทำการศึกษาเรื่องกระบวนการผลิตโครงเตียงชนิดเฟาวเลอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และหาเวลามาตรฐานในการทำงานของสายการประกอบโครงเตียง ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่การศึกษา และวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าขึ้นในกระบวนการ และเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิต ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้โรงงานผลิตอุปกรณ์การแพทย์ประเภทครุภัณฑ์ทางการแพทย์ เป็นกรณีศึกษา วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสังเกตการทำงานและซักถามปัญหา รวมทั้งทำการบันทึกสิ่งต่างๆที่ได้พบเห็นในระหว่างการทำงานลงในแบบฟอร์มบันทึก แล้วทำการศึกษา และวิเคราะห์ ทำให้พบว่ามีความสูญเปล่าเนื่องจากขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็นที่ยังสามารถปรับปรุงได้อีกเกิดขึ้นในสายการผลิต และยังพบว่ามีความสูญเปล่าเกิดขึ้นในสายการประกอบ ซึ่งเกิดจากปัญหาความไม่สมดุลของสายการประกอบ และมีสาเหตุมาจากปัญหาข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีในการผลิตของกระบวนการทำสี ปัญหาข้อจำกัดของเครื่องจักรที่เป็นคอขวดของกระบวนการ และปัญหาการวางแผนการผลิตที่ยังคงอาศัยประสบการณ์เป็นหลัก รวมทั้งการควบคุมการผลิตที่ยังไม่เป็นระบบ และได้เสนอแนวทางในการเพิ่มผลผลิต โดยการปรับปรุงการทำงานด้วยวิธีการปรับปรุงเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้การทำงาน ปรับปรุงวิธีการทำงาน รวมทั้งการปรับปรุงระบบการวางแผน และควบคุมการผลิต ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการปรับปรุงการทำงานตามแนวทางในการเพิ่มผลผลิตดังกล่าว สามารถลดจำนวนขั้นตอน และเวลาในการผลิตที่ไม่จำเป็นลงได้ถึงร้อยละ 14.81 และ 6.20 ตามลำดับ และสามารถเพิ่มเวลาในการทำงานให้กับตู้อบสีได้ถึงร้อยละ 36.63 นอกจากนั้นผลจากการจัดลำดับงานตามความสำคัญ โดยใช้เกณฑ์ให้งานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดทำงานก่อน ยังส่งผลทำให้สามารถลดจำนวนชิ้นงานระหว่างผลิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีลงได้ในระดับหนึ่ง สำหรับการปรับปรุงเทคนิคในการวางแผน และควบคุมการผลิตให้เป็นระบบนั้น ส่งผลทำให้การควบคุมกระบวนการทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการทำงานที่เป็นระบบ และมีความต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ การวางแผน การดำเนินการตามแผน และการควบคุมให้เป็นไปตามแผน ส่งผลต่อการลดความสูญเปล่าต่างๆที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

Mason และคณะ [8] ทำการศึกษาการประจักษ์ถึงระดับสินค้าคงคลังของระบบทั้งในและต่างประเทศ โดยพิจารณาการรวมกันของระบบการจัดการคลังสินค้าและระบบการขนส่งในห่วงโซ่อุปทานในส่วนการจัดการระบบคลังสินค้าซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของผู้จัดส่งสินค้า ลูกค้า คลังสินค้า ระดับสินค้าคงคลัง (Inventory levels) พฤติกรรมคำสั่งซื้อของลูกค้า และการจัดการระบบการขนส่งซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของทำเลที่ตั้งในโซ่อุปทาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาระบบพบว่าสามารถเพิ่มผลกำไร และช่วยเพิ่มโอกาสให้กับบริษัทด้านการขนส่งในการปรับปรุงความสามารถในสินค้าคงคลังทั้งในและต่างประเทศ (Global Visibility) ให้สูงขึ้นรวมถึงการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ของระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulation Model) ของผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย (Multi-Product) โดยทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น ลดต้นทุนในการผลิต และความผันแปรของเวลานำ (Lead Time)

กรมันต์ เชื้อเจ็ดตน [9] ทำการศึกษาเรื่องการปรับปรุงการบริหารจัดการคลังสินค้าในอุตสาหกรรมการประกอบห้องโดยสารรถขุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการผิดพลาดในการจ่ายชิ้นส่วน การจัดเก็บชิ้นส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ และการทำงานที่ซ้ำซ้อนซึ่งไม่เกิดประโยชน์ การวิจัยเริ่มจากการศึกษาภาพรวมของกระบวนการทางธุรกิจ การไหลของสารสนเทศ และการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนประกอบห้องโดยสารรถขุดโดยใช้แผนภาพกระบวนการธุรกิจ (Business Process) จากนั้นใช้แผนผังความสัมพันธ์วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาจากการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ทำให้สามารถหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา และกำหนดการทำงานในแบบที่ควรจะเป็น โดยใช้วิธีการศึกษาการทำงานมาทำการเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของขั้นตอนการทำงานทั้งในปัจจุบัน และขั้นตอนการทำงานในแบบที่ควรจะเป็น ผลที่ได้พบว่าจำนวนครั้งของการปฏิบัติงานลดลงร้อยละ 50 จำนวนการขนย้ายลดลงร้อยละ 25 และจำนวนการจัดเก็บลดลงร้อยละ 33.33 ทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานลดลง 2 ชั่วโมง 30 นาที และระยะทางที่ใช้ในการทำงานลดลง 1 เมตร

ชัชวาล อมาตยกุล [10] ทำการศึกษาเรื่องการปรับปรุงการบริหารจัดการคลังสินค้าสำเร็จรูปของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาพื้นที่จัดเก็บที่ไม่เพียงพอกับปริมาณอาหารแต่ละชนิด การจ่ายอาหารที่ไม่เป็นไปตามลำดับ และการจ่ายอาหารที่ไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า จากการวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของระบบการผลิต และจัดเก็บผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์สำเร็จรูป โดยใช้หลักการแก้ปัญหาเชิงสถิติหรือคิวซีสตอรี่มาวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากขั้นตอนการรับ การจัดเก็บ การจ่ายที่ข้อบกพร่องทำให้เกิดความผิดพลาดในการจ่าย

อาหาร จึงทำการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมใหม่ ผลที่ได้จากการปรับปรุงรูปแบบพื้นที่ในการจัดเก็บ และขั้นตอนการทำงานคือ มีการจัดเก็บอาหารตามอัตราการหมุนเวียน พื้นที่จัดเก็บเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 57.90 และใช้เวลาเคลื่อนย้ายอาหารออกจากคลังน้อยลง 23.08 นาที (ร้อยละ 3.56)

ธิดารัตน์ กังวาน [11] ทำการศึกษาเรื่องวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการผสมครีมนวดผม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลง ด้วยการมุ่งเน้นในเรื่องของการลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการ งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผสมโดยนำหลักการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมาเป็นแนวคิดในการปฏิบัติ พร้อมทั้งอาศัยกลวิธีการศึกษาเวลา และการเคลื่อนที่ มาประยุกต์ใช้ในการศึกษากระบวนการ และศึกษาเวลาในการผสมครีมนวดผม การศึกษาพบว่าปัญหาสำคัญที่ทำให้ต้องใช้เวลาในการผสมนานเนื่องจากการเสียเวลาในการรอส่วนผสมจากหม้อผสมย่อย การรอผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำยา และการรอถ่ายน้ำยาเข้าสู่ถังเก็บจากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ปัญหา และหาสาเหตุของปัญหา พร้อมทั้งนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ อาทิเช่น การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ ปรับปรุงสภาวะการทำงานใหม่โดยทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน ศึกษาความสัมพันธ์แบบถดถอยเพื่อใช้ในการทำนายค่าคุณภาพความหนืดของน้ำยาที่อุณหภูมิต่างๆ เทียบกับค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศา โดยผลที่ได้จากการปรับปรุงทำให้เวลาที่สูญเสียในการผสมครีมนวดผมลดลง ซึ่งส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมครีมนวดผมลดลงประมาณร้อยละ 17

พิสุทธิ์ จเร [12] ทำการศึกษาเรื่องปรับปรุงการบริหารจัดการคลังสินค้าในอุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องมุงหลังคาในส่วนกระเบื้องระหว่างการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหากระเบื้องไม่ถูกวางในพื้นที่ที่ควรจะเก็บ การเคลื่อนที่บ่อย และการทำงานที่ซ้ำซ้อนซึ่งไม่เกิดประโยชน์ของกระเบื้องระหว่างกระบวนการซึ่งรอการพ่นสี การศึกษาวิจัยเริ่มจากการศึกษาองค์รวมของกระบวนการธุรกิจการไหลของสารสนเทศ และการเคลื่อนที่ของกระเบื้อง ณ.สภาพปัจจุบันของแผนกคลังสินค้าของอุตสาหกรรมกระเบื้องโดยแผนภาพกระบวนการทางธุรกิจ และวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดการบริหารจัดการกระเบื้องที่สูญเสียโดยเปล่าประโยชน์โดยใช้เทคนิคสายธารคุณค่า (Value Stream) และการวิเคราะห์ผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) ของสาเหตุเพื่อลำดับความสำคัญของสาเหตุที่นำมาแก้ไขก่อน และทำการวัดสมรรถนะภาพของการบริหารจัดการ การปรับปรุงทำโดยประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เชิงเส้น และโปรแกรมในการหาผังการจัดวางที่เหมาะสมที่สุดโดยทำการศึกษาทั้งปัจจุบัน (As-is) และที่ควรจะเป็น

(To-be) เปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียผลที่ได้พบว่าจากเดิมที่มีการเคลื่อนย้ายประมาณ 3,425 เมตร ลดลงเหลือ 690 เมตร อีกทั้งค่าความเสียหายคิดเป็นร้อยละลดลงจากร้อยละ 0.086 เป็นร้อยละ 0.017 หรือคิดเป็นอัตราส่วนที่ลดลงร้อยละ 80 จากการสร้างระบบใหม่ขึ้นมา

วิษณุ อิสระธานันท์ [13] ทำการศึกษาเรื่องต้นทุนการผลิตโดยใช้ระบบต้นทุนกิจกรรมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตโดยประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนกิจกรรม การศึกษาเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ต้นทุนกิจกรรม วิเคราะห์ และระบุระดับคุณค่าของกิจกรรม ระบุต้นทุนกิจกรรม จากนั้นกำหนดตัวผลักดันต้นทุน และคำนวณอัตราต้นทุนกิจกรรม ได้ผลลัพธ์เป็นต้นทุนต่อหน่วยกิจกรรม แล้วจึงคำนวณต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การนำระบบต้นทุนกิจกรรมมาประยุกต์ใช้ในโรงงานมีความเหมาะสม เนื่องจากมีต้นทุนเกิดจากค่าโสหุ้ยการผลิตที่ไม่สามารถจัดสรรเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง ในอัตราที่ค่อนข้างสูง และจากการวิเคราะห์ระดับคุณค่ากิจกรรมของชิ้นงาน สามารถสรุปเป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า จนถึงกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในการผลิตได้ตามลำดับคือ ต้นทุนกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าระดับ A คิดเป็นร้อยละ 30.20 และระดับ B คิดเป็นร้อยละ 47.91 ต้นทุนกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าระดับ C คิดเป็นร้อยละ 21.89 และระดับ D คิดเป็นร้อยละ 0 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยในการวางแผน ตัดสินใจ และบริหารต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งได้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังสะท้อนให้เห็นถึงสิ่งที่ก่อให้เกิดต้นทุนที่แท้จริง เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต โดยทำการลดหรือกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

Takakuwa [14] ทำการศึกษาเรื่องการจำลองการดำเนินงานของคลังสินค้าที่ไม่มีระบบจัดเก็บอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจำลองการดำเนินงานของคลังสินค้าที่ไม่มีระบบจัดเก็บอัตโนมัติ โดยแบ่งโปรแกรมคลังสินค้าออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะทำหน้าที่สร้างข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับการขนย้ายสินค้าภายในคลัง (Material Handling System) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access และ Microsoft Excel ในการประมวลผลข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานของแบบจำลองขึ้นมาจากฐานข้อมูลที่ได้เก็บไว้ และเมื่อได้ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว ผนวกกับข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณลักษณะของคลังสินค้า อาทิเช่น ขนาด ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บ ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้กรอกข้อมูลลงในแบบจำลองเอง โปรแกรมจะทำการส่งผ่านข้อมูลดังกล่าว ไปยังโปรแกรมส่วนที่สองซึ่งเป็นส่วนของแบบจำลองสถานการณ์ภายในคลังสินค้าโดยอัตโนมัติ โปรแกรมส่วนที่สองนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่มีชื่อว่า “Arena” และเมื่อแบบจำลองวิเคราะห์ได้ผล

เป็นที่เรียบร้อย ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแสดงผลในรายงานตามที่กำหนดในการสร้างแบบจำลอง สถานการณ์นี้ได้ระบุถึงความยากลำบากในการสร้างแบบจำลองสำหรับคลังสินค้าที่ไม่มีระบบจัดเก็บอัตโนมัตินั้นว่า มีความยากลำบากมากกว่าในกรณีคลังสินค้าที่มีระบบจัดเก็บเป็นแบบอัตโนมัติหลายเท่า ทั้งนี้ก็เนื่องจากการดำเนินงานมีขั้นตอนที่ซับซ้อน และยุ่งยาก ไม่สามารถที่จะแสดงด้วยสมการหรือหาเหตุผลมารองรับได้ในบางกรณี อีกทั้งการทำงานโดยมนุษย์นั้นอาจทำให้มีการตัดสินใจที่คลาดเคลื่อนไปในแต่ละเหตุการณ์ซึ่งทำให้ในการทดสอบแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนไปด้วยเช่นกัน

Lin และ Sharp [15] ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาตัวชี้วัดเชิงปริมาณ และตัวชี้วัดเชิงคุณภาพสำหรับปัญหาในการประเมินการวางผังโรงงานโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบการผลิตโดยพิจารณาครอบคลุมถึงการออกแบบของผังโรงงาน ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ง่ายขึ้น และสามารถทวนสอบได้รวดเร็วขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถปรับปรุงข้อด้อยในแบบจำลอง ซึ่งได้แก่ ความยากลำบากในการเก็บข้อมูลของปัจจัยที่มีผลกับแบบจำลอง ความไม่เหมาะสมของรายละเอียดข้อมูลที่ต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกต้อง และมีความแม่นยำน้อย ข้อมูลมีความแปรปรวน ความไม่ชัดเจนของผลการทวนสอบ แต่แบบจำลองนี้ยังสามารถนำไปใช้กับกรณีมีการพิจารณาที่จำเพาะเจาะจงได้

พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง [16] ทำการศึกษาเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพขั้นตอนการคลังสินค้าเครื่องปรับอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเสนอแนะการปรับปรุงประสิทธิภาพขั้นตอนการคลังสินค้าเครื่องปรับอากาศ ปัญหาที่พบในการคลังสินค้าก่อนการปรับปรุงคือ ปัญหาการใช้พื้นที่คลังสินค้าในการดำเนินกิจกรรม และการจัดเก็บรักษาเครื่องปรับอากาศ ปัญหาความหลากหลายของเครื่องปรับอากาศ และปัญหาจากขั้นตอนการคลังสินค้า ซึ่งปัญหาเหล่านี้ก่อให้เกิดความล่าช้า และความผิดพลาดในการดำเนินงานการคลังสินค้า การปรับปรุงทำโดยการจัดสรรพื้นที่จัดเก็บเครื่องปรับอากาศ และกำหนดสถานที่ดำเนินงานให้สอดคล้องกับคุณลักษณะเฉพาะ และจำนวนของเครื่องปรับอากาศ โดยจัดเก็บเป็นหน่วยรวม กำหนดสถานที่จัดเก็บที่แน่นอน ลดขั้นตอนงานที่ซ้ำซ้อน และไม่จำเป็นออกไป ผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพขั้นตอนการคลังสินค้าทำให้เวลาลดลงในการนำเครื่องปรับอากาศออกจากสถานที่จัดเก็บต่อเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่องลดลง 1 นาที 41 วินาทีการปรับปรุงช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานคลังสินค้า 1.47 บาท และลดต้นทุนการจัดเก็บเครื่องปรับอากาศ ต่อหน่วย 6.05 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการนำเครื่องปรับอากาศออกจากสถานที่จัดเก็บ และการตรวจนับเครื่องปรับอากาศคงเหลือ

Randhawa และคณะ [17] ทำการศึกษาเรื่องการขนถ่ายหน่วยสินค้าในระบบจัดเก็บและเบิกสินค้าแบบอัตโนมัติ (Automated Storage/Retrieval System : AS/RS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขนถ่ายหน่วยสินค้าในระบบจัดเก็บ และเบิกสินค้าแบบอัตโนมัติ พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบจัดเก็บ และเบิกสินค้าแบบอัตโนมัติประกอบด้วย ลักษณะของระบบ และนโยบายในการรับเก็บสินค้ามายังคลังสินค้า และเบิกจ่ายสินค้าออกจากคลังสินค้า ซึ่งได้มาจากการจำลองแผนผังคลังสินค้าที่มีทางเข้าออกทางเดียว (Single-Dock Layout) ที่แตกต่างกัน 6 ลักษณะ และนโยบายในการจัดการที่แตกต่างกัน 3 นโยบาย ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพตัวอื่นๆซึ่งได้แก่ เวลาที่ใช้ในการรับเก็บ และเวลาที่ใช้ในการเบิกจ่าย รวมถึงการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อระบบแถวคอยเต็ม

ในการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตพบว่า มีการปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้ามาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย จะแตกต่างก็เพียงแต่ความหลากหลายของประเภทสินค้าในแต่ละธุรกิจ ซึ่งจะผันแปรไปตามความยากง่ายในการปรับปรุงระบบ โดยมีเวลา และ หรือระยะทางที่ลดลงเป็นตัววัดประสิทธิภาพของระบบหลังการปรับปรุง อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบในระบบการจัดการคลังสินค้ามีอาการของปัญหาที่ไม่แตกต่างกัน คือ ปัญหาพื้นที่จัดเก็บที่มีอยู่เดิมไม่เพียงพอ และปัญหาการหาสินค้าไม่พบ ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อหาสาเหตุรากเหง้า (Root Cause) ของปัญหา โดยเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ที่นิยม ได้แก่ แผนผังสาเหตุและผล (Cause-Effect Diagram) และ หรือแผนผังความสัมพันธ์ (Relations Diagrams) เพื่อวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหาผ่านการระดมสมองที่สำคัญ ไม่เช่นนั้นอาจพบเพียงปลายเหตุของปัญหา เมื่อพบสาเหตุรากเหง้าของปัญหา ทำการเลือกปัจจัยมาทำการพิสูจน์ และหามาตรการแก้ไข ซึ่งอาจทำการพิสูจน์ทุกปัจจัยที่เกี่ยวข้องก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลา และวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานที่กำหนดไว้ จากการสำรวจพบว่า การเลือกวิธีปรับปรุง และพัฒนาระบบคลังสินค้าที่ผ่านมาจะขึ้นกับประสบการณ์ของผู้บริหารเป็นส่วนใหญ่ อาจมีการวิเคราะห์เพียงบางส่วน แต่ก็ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เมื่อนำไปดำเนินการปรับปรุงจริง ก็ยังขาดการร่วมมือจากหลายๆฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าน้อยกว่าที่ควรจะเป็น จากอุปสรรคที่เกิดขึ้น จึงใช้การแบบจำลองสถานการณ์ในการแก้ไขทำให้การวิเคราะห์ และการตัดสินใจในการดำเนินงานเป็นไปอย่างสะดวก และรวดเร็วขึ้น พร้อมทั้งสามารถแสดงผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุง โดยไม่จำเป็นต้องทดลองหรือปรับปรุงระบบจริงซึ่งอาจจะต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายสูง อย่างไรก็ตาม การสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีข้อจำกัดในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองซึ่งเป็นสิ่งที่วัดได้ยาก เนื่องจาก

การทำงานของแบบจำลองจะอิงจากลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นหลัก ข้อมูลที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจึงต้องถูกต้อง และมีความสมบูรณ์ ไม่เช่นนั้นอาจทำให้ความถูกต้องของแบบจำลองคลาดเคลื่อนไม่สามารถเป็นตัวแทนของระบบที่ต้องการจะศึกษาอย่างแท้จริง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายออกสินค้าของแผนกคลังสินค้า ในขณะที่ต้นทุนค่าแรงในการดำเนินงานคลังสินค้าลดลง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 ลดต้นทุนในการจัดการคลังสินค้าโดยการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าในการจัดการคลังสินค้า

1.4.2 เป็นแนวทางให้หน่วยงานอื่นนำไปประยุกต์ใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษากระบวนการในการจัดการคลังสินค้า วิเคราะห์กิจกรรม และหาทางลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า เพื่อหาต้นทุนที่ไม่จำเป็น และเสนอแนวทางในการแก้ไขเพื่อลดต้นทุนส่วนเกินเหล่านั้น โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการในการวิเคราะห์ และหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการจัดการคลังสินค้าสำเร็จรูป

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 ทฤษฎีงานคลังสินค้า

คำว่า “คลัง” ในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานแปลว่า สถานที่สำหรับเก็บของเป็นจำนวนมากๆ ดังนั้นคำว่า “คลังสินค้า” (Warehouse) จึงหมายถึงสถานที่สำหรับเก็บสินค้าเป็นจำนวนมาก และคำว่า “การคลังสินค้า” (Warehousing) หมายถึงการเก็บรักษาสินค้านั่นเอง การคลังสินค้าเป็นหน้าที่หนึ่งของระบบจัดจำหน่าย ทำการเก็บสินค้าในช่วงเวลาที่สินค้าได้ผลิตเสร็จแล้ว และรอจำหน่าย สินค้าดังกล่าวอาจจะเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตในขั้นตอนต่อไป หรือเป็นสินค้าสำเร็จรูปที่จะนำไปใช้บริโภค [18]

การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) เป็นกระบวนการในการรับ การจัดเก็บ การเบิก และการจ่ายสินค้าให้ผู้รับเพื่อกิจกรรมการขาย เป้าหมายหลักในการบริหารดำเนินธุรกิจในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคลังสินค้า เพื่อให้เกิดการดำเนินงานที่เป็นระบบให้คุ้มกับการลงทุน การควบคุมคุณภาพของการเก็บ การเบิกสินค้า การป้องกัน ลดการสูญเสียจากการดำเนินงาน การใช้ประโยชน์เต็มที่จากพื้นที่คลังสินค้า [3] จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า คลังสินค้าถือเป็นจุดเชื่อมแรกระหว่างผู้ผลิต และผู้บริโภคที่มีบทบาทสำคัญ และไม่ได้มีหน้าที่เพียงเพื่อใช้ในการจัดเก็บสินค้าเท่านั้น แต่ยังมีหน้าที่ในการช่วยสนับสนุนหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้องในระบบลอจิสติกส์ ดังนั้นหากมีการดำเนินงานหรือการจัดการภายในคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพก็จะส่งผลให้ต้นทุนโดยรวมของทั้งระบบลดลง และยังเป็นการเพิ่มระดับการให้บริการแก่ลูกค้าอีกทางหนึ่งด้วย

2.1.1 ลักษณะและความสำคัญของการคลังสินค้า

โดยทั่วไปคลังสินค้าทำหน้าที่ในการเก็บสินค้าระหว่างจุดต่างๆ ของกระบวนการจัดส่ง ซึ่งสินค้าที่เก็บไว้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ในระบบ คือ วัตถุดิบ (Material)

ส่วนประกอบ (Components) ชิ้นส่วนต่างๆ (Parts) และสินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) อาจมีสินค้าระหว่างผลิต (Good in Process) และวัสดุที่นำมาใช้ใหม่ (Recycle) [2]

2.1.2 หลักการพื้นฐานงานคลังสินค้า

แม้ว่าคลังสินค้าจะทวีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆในการจัดการลอจิสติกส์ และโซ่อุปทานแต่ก็ยังต้องพึ่งพาอาศัยกิจกรรมต่างๆในกระบวนการลอจิสติกส์ คลังสินค้าเป็นกิจกรรมอันดับสุดท้ายของกิจกรรมทั้งหมด 5 ขั้นตอนของลอจิสติกส์ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.1 ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้ ประการแรกถ้ามีการวางแผนงานสำหรับ 4 กิจกรรมอื่นๆ เป็นอย่างดีแล้ว ก็ไม่จำเป็นจะต้องมีคลังสินค้า ประการที่สองสามารถใช้บริการจากผู้ให้บริการกิจกรรมลอจิสติกส์ เพื่อมาดูแลคลังสินค้าแทนได้ (Third-Party Warehousing Firm) ประการที่สามคลังสินค้าจะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถตอบสนองความต้องการทั้งหมดของลูกค้าได้ตามแนวนโยบายของแผนแม่บท สามารถรองรับปริมาณสินค้าได้ทั้งหมด และสามารถตอบสนองได้ตามแผนแม่บทในด้านการขนส่งอีกด้วย

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อระบบคลังสินค้า มี 4 องค์ประกอบหลักที่มีอิทธิพลต่อความสำคัญของคลังสินค้า คือ

(1) เวลา คือ ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อระบบการจัดการคลังสินค้า เพราะว่าคลังสินค้าที่ดีที่สุด การผลิตจะต้องออกแบบให้ลดเวลามากที่สุด

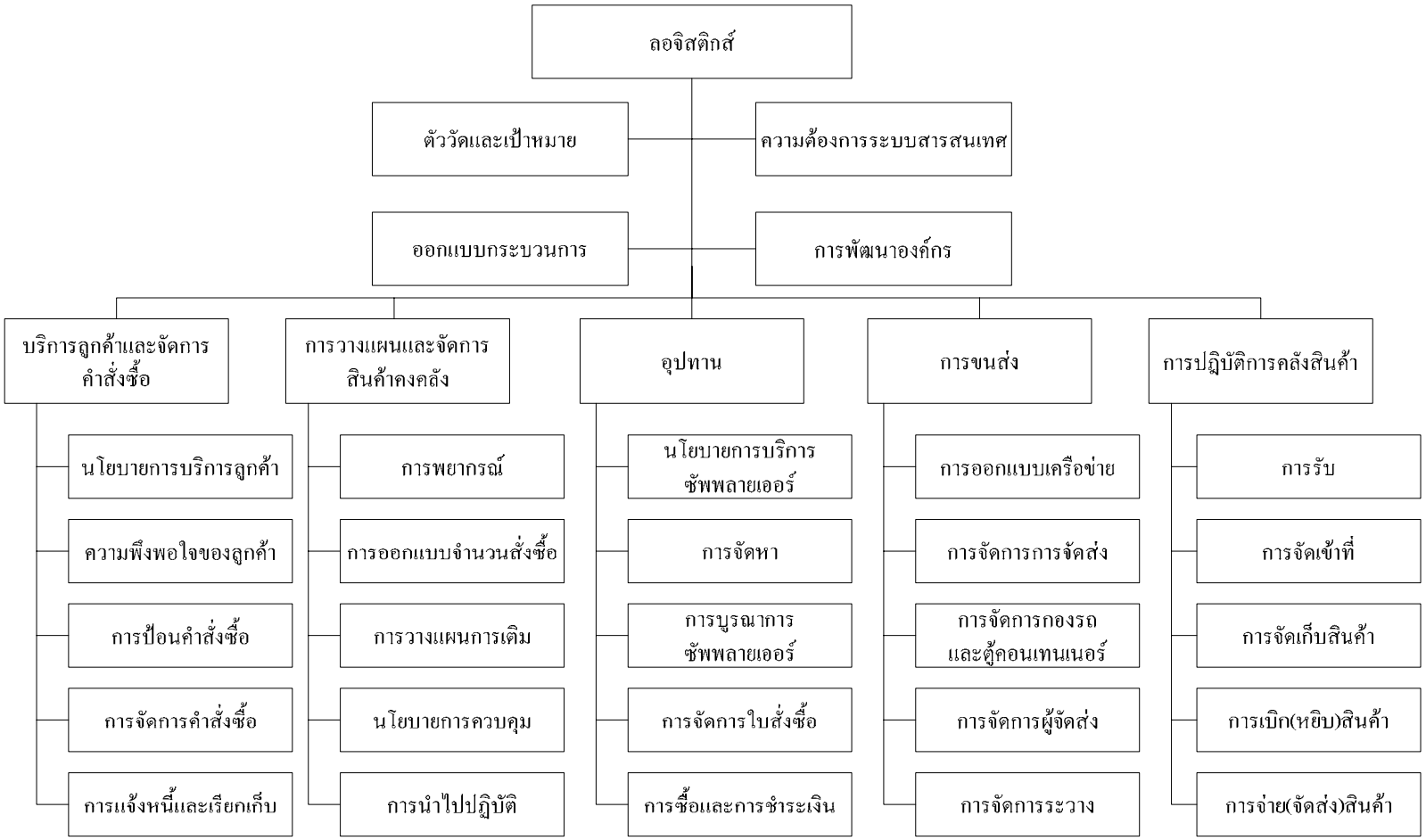
(2) คุณภาพ คือ ความสำคัญที่จำเป็นที่สุดในด้านการตรงต่อเวลา และสินค้าต้องได้คุณภาพตามต้องการ

(3) ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ คือ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และใช้ได้หลายครั้ง

(4) ใช้กำลังคนที่มีให้เป็นประโยชน์มากที่สุด

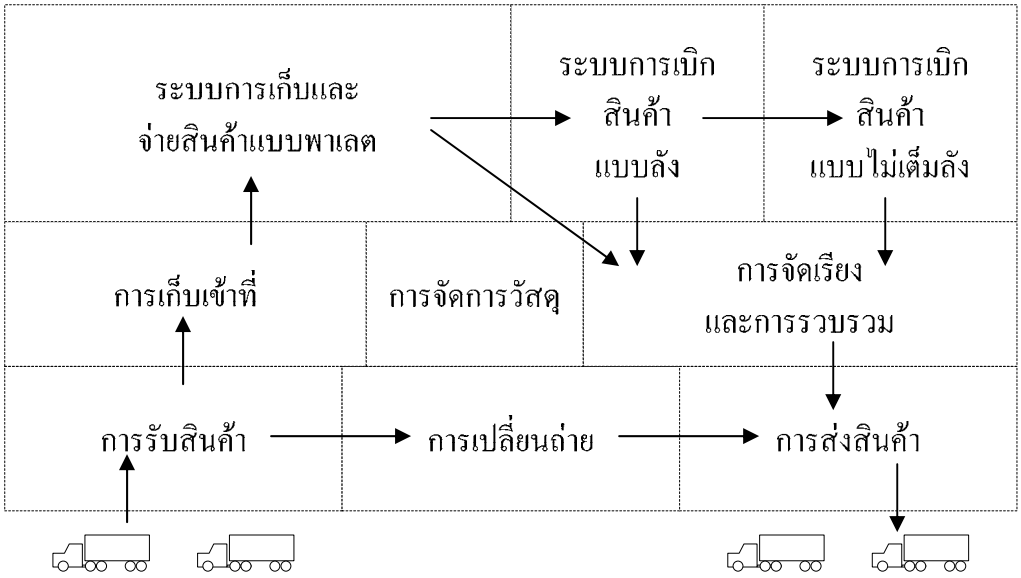
2.1.3 กิจกรรมภายในคลังสินค้า

แม้จะเรียกชื่องานนี้แตกต่างกันไปอย่างไร หรือมีบทบาทหน้าที่อย่างไรก็ตามงานคลังสินค้าจะมีกลุ่มงานพื้นฐานที่คล้ายกันที่พบได้ในคลังสินค้าทั่วไป ซึ่งงานหรือหน้าที่ต่างๆเหล่านั้นได้นำมาแสดงไว้ในแผนผังเพื่อให้ง่ายที่จะเห็นภาพงานทั้งหมด ดังแสดงในภาพประกอบ 2.2



ภาพประกอบ 2. 1 การจัดการคลังสินค้าในขอบข่ายงานลอจิสติกส์

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]



ภาพประกอบ 2. 2 กิจกรรมในคลังสินค้าทั่วไป

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

2.1.3.1 การรับสินค้า (Receiving)

การรับสินค้าเป็นจุดเริ่มต้นของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า ถ้าไม่สามารถรับสินค้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสมก็จะเกิดความยากลำบากในการดำเนินงานในกระบวนการต่างๆ เป็นอย่างมาก ตั้งแต่การเก็บสินค้าเข้าที่ การจัดเก็บ การเบิกสินค้า หรือแม้กระทั่งการจ่ายสินค้า ซึ่งนั่นหมายความว่ายอมให้เกิดความเสียหายหรือความผิดพลาดตั้งแต่ขั้นตอนการรับสินค้า ตั้งแต่ที่ประตูรับสินค้า ก็อาจจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดหรือเกิดความไม่แม่นยำในกระบวนการจ่ายสินค้าที่ประตูส่งสินค้าด้วยเช่นกัน

หลักเกณฑ์ในการรับสินค้าที่ได้นำมาแสดงนั้นเป็นเพียงแนวทางในการจัดการการไหลของกระบวนการรับสินค้า เพื่อทำให้การไหลของงานเป็นไปโดยสะดวก ตลอดกระบวนการรับสินค้า และเพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าจะทำให้เกิดปริมาณงานน้อยที่สุด ซึ่งการลดปริมาณงาน ความผิดพลาด เวลา และอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้นั้น สามารถกระทำได้โดยการลดขั้นตอนการดูแลให้น้อยลง แสดงให้เห็นถึงการลดขั้นตอนการดูแล ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำวิธีการรับ และเก็บเข้าที่ที่จะนำเสนอต่อไปนี้ไปปฏิบัติ วิธีการรับสินค้า และเก็บเข้าที่ประกอบด้วย

ก. การจ่ายสินค้าโดยตรง (Direct Shipping)

วิธีรับสินค้าที่ดีที่สุดก็คือ ไม่ต้องมีการรับสินค้าในการจ่ายสินค้าโดยตรง ผู้จำหน่ายสินค้าจะส่งสินค้าไปยังลูกค้าโดยตรง โดยไม่แวะที่คลังสินค้าก่อน และเนื่องจากสินค้าจะไม่มาที่ศูนย์กระจายสินค้าก็จะไม่มีการขนสินค้าลง ไม่มีการกองสินค้ารอ ไม่มีการเก็บเข้าที่ ไม่มีการเติมสินค้าที่พื้นที่หยิบสินค้า ไม่มีการหยิบสินค้า ไม่มีการบรรจุ ไม่มีการตรวจสอบ ไม่มีการกองสินค้ารอ และไม่มีการขนสินค้าขึ้นรถ ดังนั้นแรงงาน เวลา อุปกรณ์ทั้งหมดที่เคยใช้ ความเสียหายและอุบัติเหตุทั้งหมดที่เคยเกิดขึ้นในคลังสินค้าก็จะถูกกำจัดออกไปด้วย

ในการพิจารณาเลือกใช้การจ่ายสินค้าโดยตรงทุกครั้งนั้น ควรจะเข้าตามเงื่อนไขต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด คือ สินค้าที่จะจ่ายโดยตรงส่วนใหญ่จะเป็นสินค้าที่มีขนาดใหญ่ เป็นสินค้าที่ผลิตตามใบสั่งซื้อ และเป็นรายการสินค้าที่สั่งรวมกันเพื่อให้เต็มรถบรรทุก อาทิเช่น ในอุตสาหกรรมอาหารจะมีการนำวิธีการจ่ายสินค้าโดยตรงมาใช้มากกว่าอุตสาหกรรมประเภทอื่น โดยผู้ผลิตอาหาร และสินค้าอุปโภคบริโภคจำนวนมาก จะใช้วิธีการรวมใบสั่งซื้อของลูกค้าแต่ละร้านไว้ที่โรงงานสำหรับจัดส่งสินค้าไปสู่ลูกค้าร้านปลีกโดยตรง

ข. การเปลี่ยนถ่ายสินค้า (Cross-Docking)

ในกรณีที่สินค้าไม่สามารถจ่ายโดยตรงได้ วิธีที่ดีที่สุดอีกลำดับต่อมาก็คือ การเปลี่ยนถ่ายสินค้าโดยในการเปลี่ยนถ่ายสินค้านั้น

(1) ผู้ขายเป็นผู้สั่งบรรทุกสินค้าขึ้นรถจากคลังสินค้าเอง

(2) สินค้าที่รับเข้ามาจะถูกคัดแยกหรือเปลี่ยนถ่ายส่งต่อไปตามใบสั่งทันที

(3) รายการสินค้าที่มาถึงจะถูกส่งไปที่ประตูส่งสินค้าออกทันทีที่สินค้ามาถึง

(4) ไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบหรือการกองสินค้ารอ

(5) ไม่จำเป็นต้องมีพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้า

เมื่อได้กระทำตามนี้แล้ว กิจกรรมพื้นฐานของคลังสินค้าแบบเดิมได้แก่ การตรวจสอบการรับสินค้า การเก็บเข้าที่ การจัดเก็บ การเติมสินค้าในพื้นที่เบิก และการรวมใบสั่งซื้อก็ไม่จำเป็นต้องมี นอกเหนือไปจากการไหลของใบสั่งซื้อแล้ว ใบสั่งสินค้าค้างส่ง การสั่งซื้อกรณีพิเศษ และการโอนสินค้าก็อาจจะใช้วิธีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าได้เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสินค้าที่ต้องการอย่างเร่งด่วน สินค้าที่รับเข้าก็จะได้รับการบรรจุ และติดแผ่นป้ายไว้แล้ว เพื่อเตรียมส่งให้กับลูกค้า และสินค้าที่อยู่ในรายการใบสั่งซื้อเหล่านั้นก็จะไม่นำไปรวมกับสินค้าอื่นๆ เพื่อสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด

ค. การจัดทำตารางนัดรับสินค้า (Receiving Scheduling)

การเตรียมการเพื่อการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจะต้องใช้ความสามารถในการจัดทำตารางเวลาในการรับ และส่งสินค้าให้พอดีในแต่ละวันหรือแม้กระทั่งในแต่ละชั่วโมง และยิ่งกว่านั้นการใช้ทรัพยากรต่างๆ ให้เกิดความสมดุลในการรับสินค้าตั้งแต่ ช่องรับสินค้า บุคลากร พื้นที่ในการรับสินค้า และอุปกรณ์ในการขนถ่ายสินค้า ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยบุคคลที่มีความสามารถในการจัดตารางเวลาไม่ให้งานที่ต้องใช้เวลาดำเนินการนานเข้ามาในช่วงที่คลังกำลังมีงานเข้ามาเต็มที่ แต่ให้ย้ายไปช่วงที่งานน้อยแทน เป็นต้น ด้วยเทคโนโลยีใหม่ตั้งแต่อินเตอร์เน็ตและ หรือเครื่องรับส่งโทรสาร ก็ล้วนแล้วแต่มีส่วนช่วยปรับปรุงงาน จัดตารางเวลาดังกล่าวให้แก่บริษัทได้เป็นอย่างดี สารสนเทศเหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อเตรียมจัดทำตารางการรับเอกสาร และเพื่อช่วยจัดทำข้อมูลสำหรับเอกสารการจ่ายสินค้าล่วงหน้า (Advance Shipping Notice: ASN)

ง. การเตรียมตัวก่อนการรับสินค้า (Pre-Receiving)

เหตุผลที่ยินยอมให้มีการกองสินค้าหรือช่องรับสินค้านั้นก็คือ เพื่อรอการกำหนดสถานที่จัดเก็บที่แน่นอน รอการระบุยืนยันสินค้า เป็นต้น การทำดังนี้เป็นการใช้ทั้งพื้นที่และเวลาเพื่อกิจกรรมในการรับสินค้าเท่านั้น ซึ่งเวลาที่สูญเสียเหล่านี้สามารถลดน้อยลงได้ด้วยการใช้ระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลจากผู้จำหน่ายสินค้าตั้งแต่เมื่อสินค้าได้ถูกจัดส่งมาโดยผ่านระบบอินเตอร์เน็ตหรือโทรสาร และในบางครั้งข้อมูลสินค้าที่รับเข้าก็สามารถจัดเก็บลงบนแผนสมาร์ทการ์ดได้ ซึ่งจะทำให้ได้รับข้อมูลสินค้ารับเข้าได้ทันทีที่ช่องรับสินค้า รายการสินค้าที่จัดส่งมาก็สามารถสื่อสารได้โดยผ่านระบบคลื่นวิทยุด้วยการใช้เสาสัญญาณที่ติดตั้งไว้ตลอดแนวถนนที่ประตูรับสินค้าแต่ละจุดบนรถยก หรือแม้กระทั่งบนชุดสายพานลำเลียงก็ได้เช่นกัน

จ. การเตรียมความพร้อมในการรับสินค้า (Receipt Preparation)

เวลาส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเตรียมสินค้าให้พร้อมส่งก็คือ เวลาในการรับสินค้านั้นเข้ามานั่นเอง เมื่อมีการสั่งสินค้าเข้ามายังพอมีเวลาอีกเล็กน้อยในการเตรียมจ่ายสินค้านั้นๆ ออกไป ดังนั้นกระบวนการใดที่สามารถทำให้สำเร็จได้ก่อนล่วงหน้าจึงควรจัดทำให้แล้วเสร็จก่อน

2.1.3.2 การเก็บรักษา (Storage) และเบิกสินค้า (Retrieval) แบบพาเลต

คำจำกัดความสำหรับระบบการจัดเก็บ และเบิกสินค้าแบบพาเลตนั้นประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ระบบการจัดเก็บสินค้าแบบพาเลต (Pallet Storage System) และระบบการเบิก

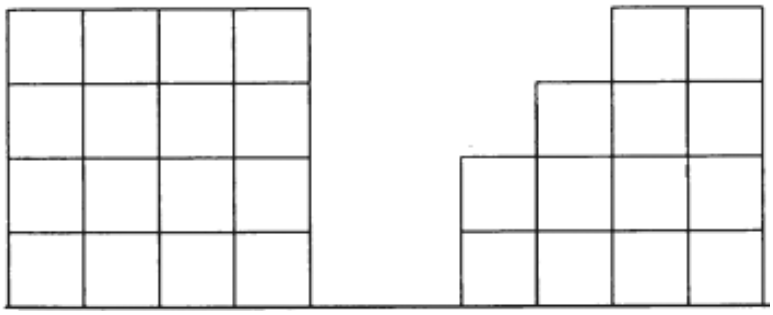
สินค้าแบบพาเลต (Pallet Retrieval System) แม้ทั้งสองต้องพึ่งพาอาศัยซึ่งกัน และกันแต่ความต้องการที่จะปรับปรุงความหนาแน่นในการจัดเก็บเป็นแรงผลักดันสำคัญในการเลือกระบบ

ก. ระบบการจัดเก็บสินค้าแบบพาเลต

(1) การวางกองเป็นตั้ง (Block Stacking) เป็นการวางสินค้าซ้อนกันในแนวดิ่งเก็บอยู่ในซอย หรือพื้นที่ที่แบ่งไว้แล้ว สินค้าตั้งหนึ่งๆ จะซ้อนกันตั้งแต่ 2-10 ลัง ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ระดับความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ความสามารถในการเรียงซ้อนน้ำหนักของสินค้า สภาพของพาเลต ดังแสดงในภาพประกอบ 2.3

สินค้าที่จัดเก็บแบบตั้งกอง สินค้าจะถูกเบิกออกมาโดยหลักการเข้าทีหลังออกก่อน (Last-in-first-out : LIFO) ดังนั้นถ้ามีข้อจำกัดมากในเรื่องการหมุนเวียนสินค้าแบบเข้าก่อนออกก่อน (First-in-first-out : FIFO) แล้ว การวางกองเป็นตั้ง ก็อาจจะไม่ใช่วิธีการจัดเก็บที่เหมาะสม แต่วิธีนี้จะมีประสิทธิผลเป็นอย่างมากในกรณีที่มีสินค้าหลายพาเลตต่อหนึ่งรายการสินค้า หรือเมื่อวัสดุคงคลังมีการหมุนเวียนในระดับสูง นั่นคือ มีสินค้าเป็นจำนวนมากในแต่ละรายการที่มีการรับและเบิกในเวลาเดียวกัน เมื่อสินค้าได้ถูกนำออกไปจากพื้นที่จัดเก็บก็จะเกิดปรากฏการณ์รวงผึ้งขึ้นอยู่ภายในพื้นที่วางกองเหล่านั้น เนื่องจากการจัดเก็บสินค้าอย่างมีประสิทธิผลนั้นควรจัดเก็บเพียง 1 รายการต่อแถวเท่านั้น และเมื่อสินค้าในแต่ละแถวถูกนำออกไปจากพื้นที่ก็จะยังไม่สามารถใช้งานพื้นที่นั้นได้จนกว่าทั้งแถวจะว่าง

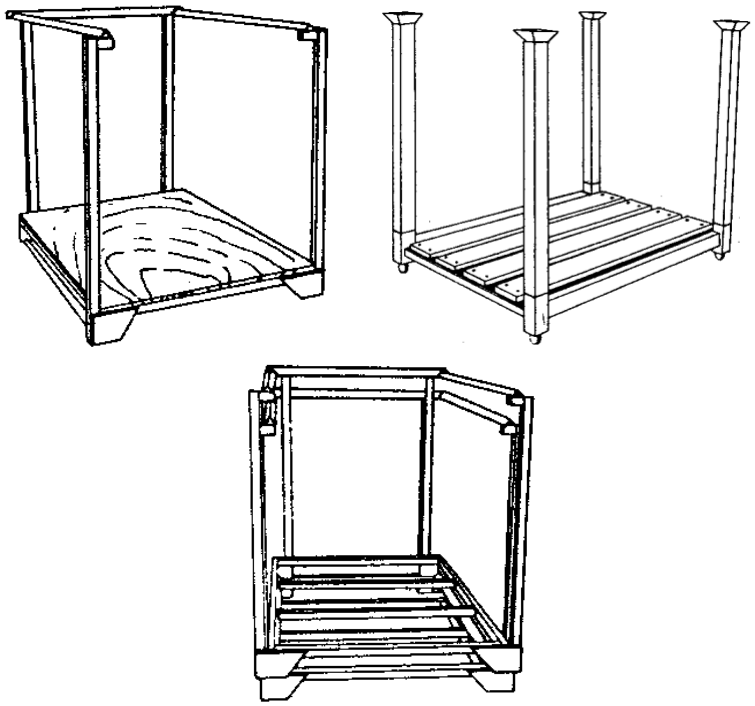
เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ระบบชั้นวางจึงทำให้มูลค่าการลงทุนสำหรับระบบการตั้งกองสินค้าอยู่ในระดับที่ต่ำ ง่ายแก่การประยุกต์ใช้งาน และยังอาจกล่าวได้ว่า การตั้งกองแบบนี้เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่น และสามารถทำการปรับแต่งการใช้งานทางด้านพื้นที่ได้อย่างไม่มีสิ้นสุดได้อีกด้วย



ภาพประกอบ 2. 3 การวางกองเป็นตั้ง

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

(2) โครงฐานสำหรับการวางกองพาเลต (Pallet Stacking Frames) ประกอบไปด้วยตัวโครงที่ยึดติดกับพาเลตไม้ขนาดมาตรฐานหรือโครงสร้างเหล็กที่ประกอบขึ้นมาจากชั้นวาง และตัวเสาโครงสร้างที่เป็นเหล็กนี้สามารถถอดประกอบได้ง่าย จึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับระยะความสูงได้ตามความเหมาะสมของวัสดุที่จะจัดเก็บ และเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้งานก็สามารถถอดออกโดยใช้พื้นที่ในการจัดเก็บไม่มากนัก ดังแสดงในภาพประกอบ 2.4



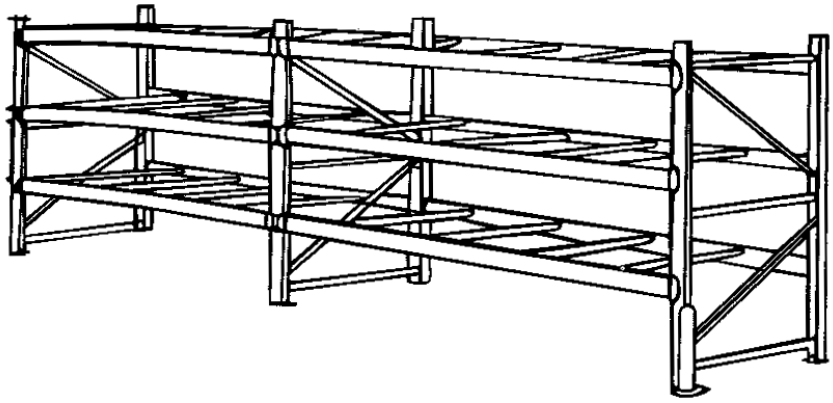
ภาพประกอบ 2. 4 โครงฐานสำหรับการวางกองพาเลต

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

โครงฐานเช่นนี้โดยทั่วไปจะใช้กับสินค้าที่ไม่สามารถวางซ้อนกันได้ หรือไม่มีรูปแบบของชั้นวางที่เหมาะสม และเนื่องจากโครงนี้สามารถหาเช่าได้โดยง่าย จึงเป็นที่นิยมอย่างมากที่มักจะนำมาใช้งานในช่วงสั้นๆ ที่มีระดับวัสดุคงคลังสูง โดยอุปกรณ์นี้จะใช้เพื่อการเพิ่มความหนาแน่นของการจัดเก็บสำหรับพื้นที่ในระดับพื้นให้มากขึ้น

(3) ชั้นวางแบบลึกหนึ่งพาเลต (Single-Deep Pallet Rack) ชั้นวางแบบลึกหนึ่งพาเลต เป็นโครงสร้างอย่างง่ายที่ประกอบขึ้นจากเสาตั้ง และตัวเหล็กวางขวางรูปกากบาทเพื่อการเข้าถึงสินค้าที่จัดเก็บแต่ละพาเลตได้อย่างสะดวก ซึ่งแตกต่างจากแบบการตั้งเป็นกองที่เมื่อ

สินค้าได้ถูกนำออกไปจากพื้นที่แล้วจะทำให้พื้นที่ว่าง และสามารถใช้งานต่อได้ทันที ดังแสดงในภาพประกอบ 2.5

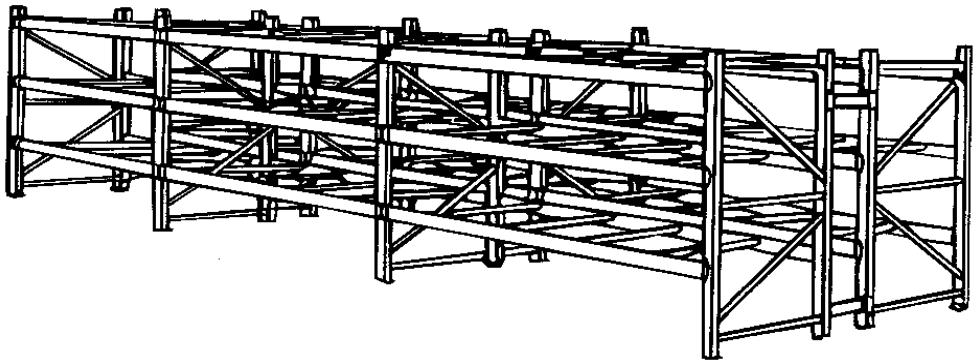


ภาพประกอบ 2. 5 ชั้นวางแบบลึกหนึ่งพาเลต
ที่มา : ฐาปนา บุญหล้า [20]

เนื่องจากระบบชั้นวางสามารถรองรับภาระงานได้ทุกรูปแบบ ระยะความสูงของการตั้งกองจึงไม่มีผลทางด้านความสามารถในการวางซ้อนและ หรือความเสียหายจากการกระแทก (Crushability) ของตัวสินค้าเอง และสินค้าหลายประเภทก็สามารถนำมาวางเรียงกองซ้อนกันได้หลายชั้นในแถวเดียวในแนวระดับความสูงได้ด้วย และเมื่อระยะความลึกของสินค้ามีหลากหลายมาก บางครั้งอาจจะต้องเตรียมพื้นที่สำรองเพื่อรองรับชิ้นงานดังกล่าวก็เป็นได้

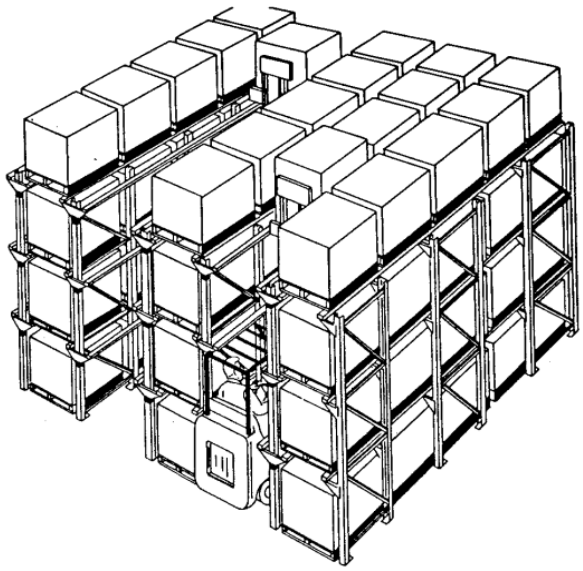
(4) ชั้นวางแบบลึกสองพาเลต (Double-Deep Pallet Rack) เป็นชั้นวางที่มีระยะความลึกเท่ากับ 2 พาเลต ข้อดีของการใช้ชั้นวางที่มีความลึก 2 พาเลตนี้ก็คือ จะทำให้เสียพื้นที่สำหรับช่องทางเดินน้อยกว่า โดยทั่วไปแล้วจะสามารถประหยัดพื้นที่ได้ถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบความลึกหนึ่งพาเลต แต่อย่างไรก็ตามไม่อาจกล่าวได้ว่าสามารถประหยัดพื้นที่ไปได้จริงถึง 50% จากการคาดการณ์ว่าจะมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้ 70-75% ของพื้นที่ที่สามารถใช้งานได้ และมีค่าการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ 85-85% ของพื้นที่ที่สามารถใช้งานได้ สำหรับชั้นวางแบบลึกหนึ่งพาเลต ดังแสดงในภาพประกอบ 2.6

ชั้นวางแบบลึกสองพาเลตมักจะถูกนำมาใช้เมื่อสินค้านั้นๆ ต้องใช้พื้นที่การจัดเก็บอย่างน้อย 5 พาเลตขึ้นไป และเมื่อการเบิกสินค้าแต่ละครั้งเป็นค่าทวีคูณของ 2 พาเลต และเนื่องจากสินค้าจะมีการจัดเก็บด้วยความลึก 2 พาเลต ดังนั้นรถยกที่นำมาใช้จึงควรเป็นชนิดที่สามารถเข้าถึงความลึกที่ระดับความลึก 2 พาเลต ได้สำหรับการจัดเก็บ และนำสินค้าออก



ภาพประกอบ 2. 6 ชั้นวางแบบลึกสองพาเลต
ที่มา : ฐาปนา บุญหล้า [20]

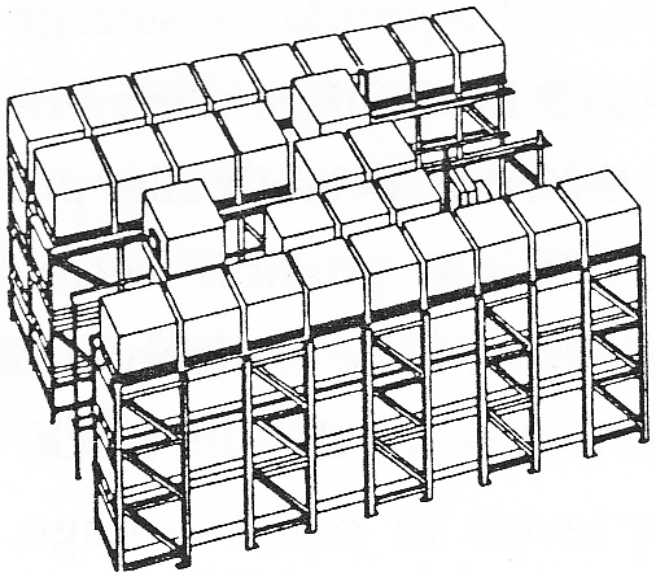
(5) ชั้นวางแบบขับเข้า (Drive in Rack) เป็นชั้นวางที่ขยายผลออกมาจากข้อดีด้านการลดพื้นที่ช่องทางเดินของชั้นวางแบบลึกสองพาเลตด้วยความจุในการเก็บสินค้าได้คราวละ 5-10 พาเลต และด้วยความสูง 3-5 พาเลตด้วยกัน ชั้นวางแบบขับเข้านี้ รถยกสามารถจะแล่นเข้าไปถึงพาเลตในตำแหน่งต่างๆ ได้หลายทิศทางทั้งเพื่อการจัดเก็บ และนำพาเลตออกมาจากพื้นที่ เนื่องจากโครงสร้างชั้นวางนั้นจะประกอบไปด้วยเสาในแนวตั้ง และรางในแนวราบ เพื่อใช้รับพาเลตในแต่ละระดับความสูงเหนือรถยกขึ้นไป ดังแสดงในภาพประกอบ 2.7



ภาพประกอบ 2. 7 ชั้นวางแบบขับเข้า
ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

อุปสรรคประการหนึ่งของระบบนี้ คือ การไม่สามารถใช้ความเร็วของรถยกด้วยเหตุผลเรื่องความปลอดภัย และพื้นที่อันจำกัดเนื่องจากโครงสร้างของตัวชั้นวาง อุปสรรคสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การสูญเสียพื้นที่การใช้ประโยชน์ ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์รวงผึ้งภายในความลึกของแต่ละแถว จึงไม่ควรมีสินค้ามากกว่าหนึ่งรายการจัดเก็บไว้ภายในแถวเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ ชั้นวางแบบขับเข้า จึงเหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวช้าถึงปานกลางโดยมีจำนวนสินค้าเก็บคราวละประมาณ 20 พาเลตหรือมากกว่า และเช่นเดียวกับการวางการวางกองเป็นตั้งซึ่งควรจะนำหลักการเข้าทีหลัง ออกก่อนมาใช้ในการนำสินค้าออกมาจากแต่ละช่องให้หมดโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้

(6) ชั้นวางแบบขับผ่าน (Drive-Thru Rack) มีลักษณะเช่นเดียวกับชั้นวางแบบขับเข้า เพียงแต่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ทั้งสองด้านของชั้นวาง ซึ่งใช้ในการวางสินค้าที่มีการเข้าและออกอย่างรวดเร็ว โดยนำสินค้าเข้าทางด้านหนึ่งของชั้น และดึงออกทางปลายอีกด้านหนึ่งของชั้นวาง การพิจารณาเลือกใช้ก็ให้ใช้หลักการเดียวกันกับชั้นวางแบบขับเข้า ดังแสดงในภาพประกอบ 2.8

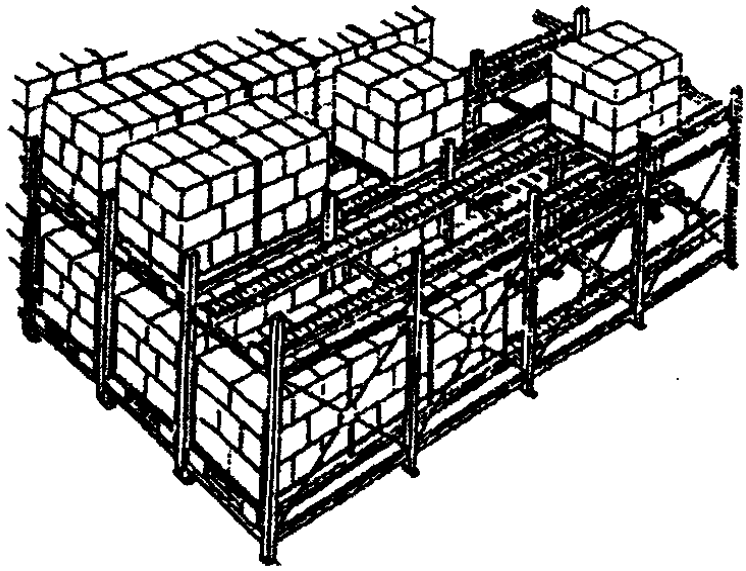


ภาพประกอบ 2. 8 ชั้นวางแบบขับผ่าน

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

(7) ชั้นวางพาเลตแบบลาดเอียง (Pallet Flow Rack) จะถูกนำมาใช้งานคล้ายกับชั้นวางแบบขับผ่าน แต่อย่างไรก็ตาม สินค้าจะถูกลำเลียงตามหลักการหมุนเวียนสินค้าแบบเข้าก่อน

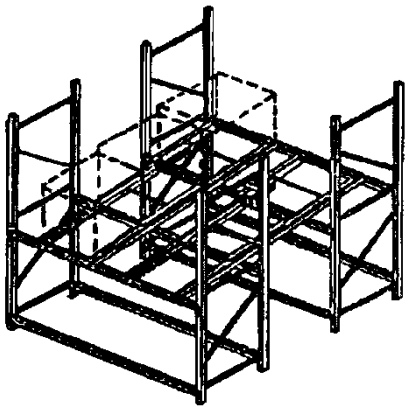
ออกก่อนไปบนสายพานลำเลียง สายพานลำเลียงติดชุดลูกกลิ้งหรือรางเลื่อนจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่งของช่อง เมื่อสินค้าถูกนำออกไปจากทางด้านหน้าของแต่ละช่อง สินค้าชิ้นถัดไปก็จะเลื่อนไปแทนที่ทันทีโดยอัตโนมัติ วัตถุประสงค์หลักของชั้นวางพาเลตแบบลาดเอียงก็คือ ต้องการให้มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่จัดเก็บ และการขนสินค้าเข้าออกจากพื้นที่อย่างเต็มที่ ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับสินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนสูง และมีจำนวนสินค้าที่ต้องเก็บคราวละมากๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.9 ข้อเสียประการสำคัญของชั้นวางพาเลตแบบลาดเอียงก็คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง



ภาพประกอบ 2. 9 ชั้นวางพาเลตแบบลาดเอียง

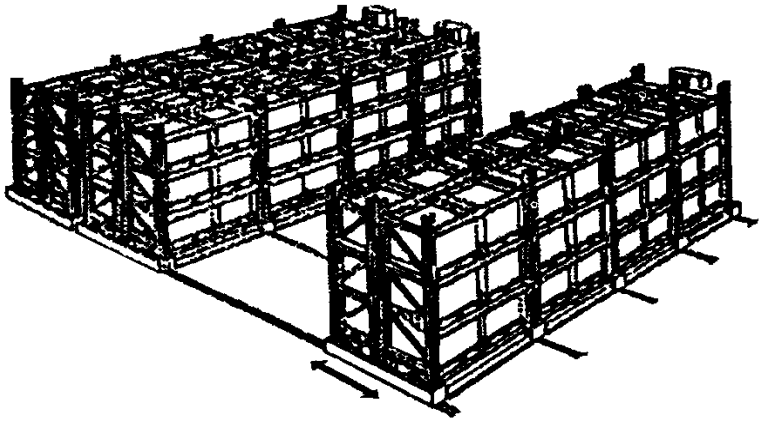
ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

(8) ชั้นวางแบบดันไปด้านหลัง (Push-Back Rack) จะเป็นแถวตามแนวลึกที่มีลักษณะการจัดเก็บเป็นแบบเข้าหลังออกก่อนโดยในการจัดเก็บจะใช้ชุดรางเป็นตัวนำแต่ละพาเลต เมื่อนำพาเลตมาวางในตำแหน่งที่ต้องการจัดเก็บแล้ว น้ำหนัก และแรงผลักจากรถยกก็จะดันให้พาเลตที่จัดเก็บไว้ก่อนหน้าถูกดันไปด้านหลังในแถวเพื่อสร้างพื้นที่ว่างให้กับพาเลตใหม่ และเมื่อพาเลตได้ถูกนำออกไปจากทางด้านหน้าของแต่ละแถว น้ำหนักของสินค้าเหลืออยู่บนพาเลตในแถวก็จะผลักดันให้เคลื่อนที่ไปยังด้านหน้าของชั้นวาง และยิ่งกว่านั้น เนื่องจากสินค้าทั้งหมดไม่ว่าจะนำมาจัดเก็บ และนำออกไปกระทำที่บริเวณด้านหน้าของชั้นวางเท่านั้น จึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้รถยกชนิดพิเศษใดๆ ไม่เหมือนกับกรณีของการจัดเก็บในชั้นวางแบบลึกสองพาเลต ดังแสดงในภาพประกอบ 2.10



ภาพประกอบ 2. 10 ชั้นวางแบบดันไปด้านหลัง
ที่มา : ฐาปนา บุญหล้า [19]

(9) ชั้นวางแบบฐานเลื่อน (Mobile Pallet Rack) โดยพื้นฐานแล้วจะมีลักษณะเป็นชั้นวางแบบลึกหนึ่งพาเลตที่วางอยู่บนล้อหรือราง โดยสามารถเลื่อนชั้นวางได้ทั้งแถวออกไปจากชุดที่อยู่ติดกันได้ หลักการที่สำคัญก็คือ ช่องหรือซอยจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อชั้นวางถูกใช้งาน การเข้าถึงสินค้าที่ต้องการนั้นสามารถทำได้โดยการเลื่อน (ด้วยระบบกลไกหรือโดยพนักงาน) แถวที่อยู่ติดกันเพื่อทำให้เกิดพื้นที่ของรอย (Aisle) ขึ้นระหว่างชั้นที่ต้องการ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.11



ภาพประกอบ 2. 11 ชั้นวางแบบฐานเลื่อน
ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

ผลที่ได้ก็คือ จะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพื้นที่เพียง 10% ไปกับช่องว่างที่เกิดขึ้นเท่านั้น และความหนาแน่นของการจัดเก็บก็มีค่าสูงที่สุดในกลุ่มของระบบการจัดเก็บพาเลต

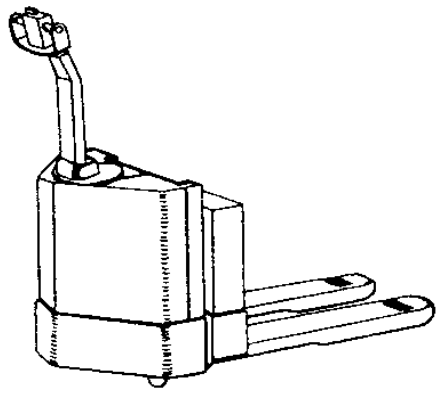
แบบต่างๆ แต่ผลิตภาพในการนำพาเลตออกจะต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกๆ ระบบที่ได้นำเสนอมา ดังนั้นชั้นวางแบบฐานเลื่อนนี้จะเหมาะสำหรับกรณีที่พื้นที่มีอยู่อย่างจำกัด พื้นที่มีราคาแพง และรายการสินค้ามีการเคลื่อนไหวช้า

การเลือกระบบการจัดเก็บสินค้าแบบพาเลต หลักสำคัญในการเลือกระบบการจัดเก็บสินค้าแบบพาเลตที่เหมาะสมทำได้โดยการจับคู่สินค้าแต่ละรายการกับระบบการจัดเก็บสินค้าแบบพาเลตโดยที่คุณลักษณะในการจัดเก็บ และผลิตภาพต้องสอดคล้องกันกับรูปแบบรายละเอียดของกิจกรรม และรูปแบบของสินค้าคงคลัง (Activity and Inventory Profile) ของสินค้า

ข. ระบบการเบิกสินค้า (Retrieval) แบบพาเลต

เครื่องมือที่ใช้ในการเบิกจ่ายสินค้าแบบพาเลตที่เป็นที่นิยมโดยส่วนใหญ่แล้วได้แก่ รถยกประเภทต่างๆ ส่วนการประยุกต์ใช้ ข้อดี และข้อเสียของแต่ละระบบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

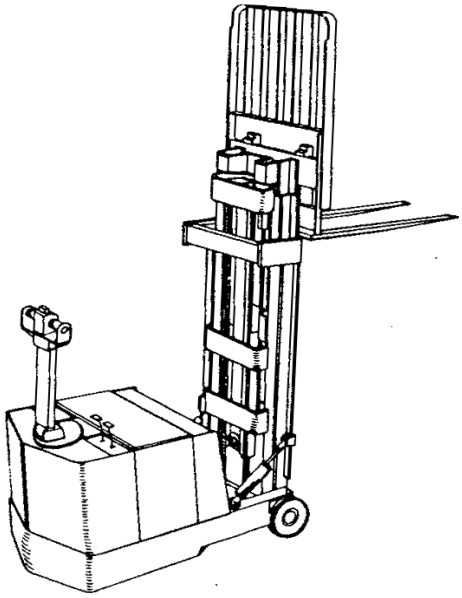
(1) รถยกประเภท Walkie Stackers เป็นรถสำหรับยก ซ้อน และเคลื่อนย้ายพาเลตในระยะทางสั้นๆ โดยพนักงานจะบังคับรถให้เลี้ยวไปตามทิศทางที่ต้องการจากทางด้านหลังรถ ในสถานการณ์ที่มีการขนสินค้าเข้าออกในปริมาณน้อย เคลื่อนที่ในระยะทางสั้นๆ และมีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งไม่สูงมากนัก รถยกประเภทนี้เป็นทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ และเหมาะสมกว่า ซึ่งโดยทั่วไปจะสามารถซ้อนสินค้าได้มากที่สุดถึง 3 ชั้นโดยสามารถทำงานได้สองลักษณะ คือ การย้ายเก็บพาเลตเข้าที่ และการยกสินค้าขึ้นลงจากรถขนส่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.12



ภาพประกอบ 2. 12 รถยกประเภท Walkie Stacker

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

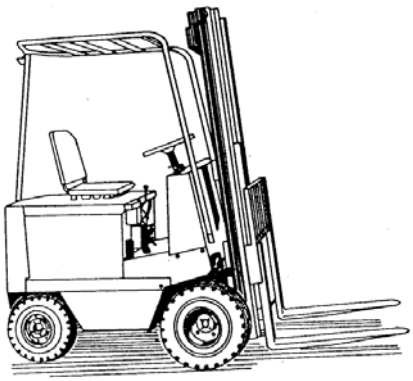
(2) รถยกประเภท Counterbalanced เป็นรถยกที่มีน้ำหนักถ่วงอยู่ด้านหลังเพื่อสร้างความสมดุลในการยกสินค้าที่อยู่ด้านหน้าของรถยกนั่นเอง โดยรถยกประเภทนี้มีทั้งแบบใช้น้ำมัน และใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน นอกจากการใช้งา (Fork) ในการยกแล้ว ยังมีอุปกรณ์แบบอื่นๆ ที่สามารถติดตั้งเพื่อให้สามารถยกงานในแนวดิ่งได้ โดยทั่วไปแล้วระดับความสูงที่สามารถยกได้จะอยู่ที่ประมาณ 25 ฟุต และน้ำหนักที่สามารถยกได้จะอยู่ที่ประมาณ 100,000 ปอนด์ และสามารถยกได้คราวละหลายๆ พาเลต จึงเพิ่มผลิตภาพโดยรวมสำหรับการดำเนินงานของรถยกได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในภาพประกอบ 2.13



ภาพประกอบ 2. 13 รถยกประเภท Counterbalanced

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

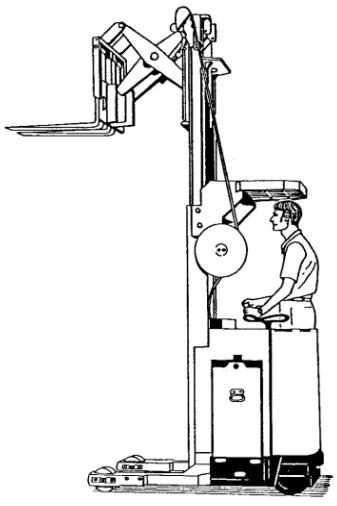
(3) รถยกประเภท Straddle Trucks จะมีการถ่วงดุลระหว่างสินค้า และรถยกด้วยการใช้น้ำหนักกดลงตรงจุดกึ่งกลางระหว่างขาทั้งสองข้างของรถยก ซึ่งจะแตกต่างจากรถยกประเภท Counterbalanced ซึ่งจะต้องใช้น้ำหนักถ่วงด้านหลัง และด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เกิดความต้องการใช้พื้นที่ระหว่างช่องว่างในซอยเพียง 8-10 ฟุตเท่านั้น เมื่อเทียบกับรถยกประเภท Counterbalanced มีความต้องการใช้พื้นที่ในซอยถึง 11-12 ฟุต ในการเข้าถึงตำแหน่งจัดเก็บสินค้า ขาทั้งสองข้างของรถยกจะเลื่อนเข้าไปอยู่ภายในชุด ทำให้ชุดงาของรถยกเข้าถึงตำแหน่งตักสินค้าได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเสริมสินค้าที่วางอยู่ที่ระดับพื้นให้วางอยู่บนคานเพื่อให้สามารถเข้าตักสินค้าได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.14



ภาพประกอบ 2. 14 รถยกประเภท Straddle Truck

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

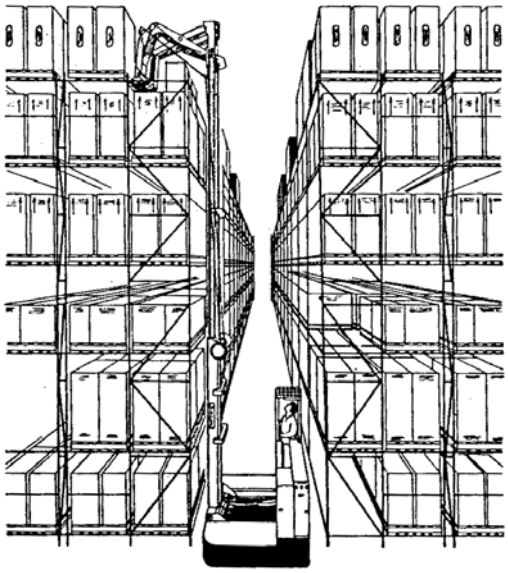
(4) รถยกประเภท Straddle Reach Trucks แบบงายึดได้ ได้รับการพัฒนามาจาก Straddle Truck โดยการหดขาทั้งสองข้างให้สั้นลง และเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงพาเลตด้วยระบบกลไกแบบขากรรไกร เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้วขาของรถยกจึงไม่จำเป็นต้องเลื่อนเข้าไปอยู่ภายในชุดชั้นวางเพื่อตักสินค้า ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มคานในระดับพื้นทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ไปได้เป็นอย่างมาก และจะทำให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ในระดับความสูงน้อยลงอีกด้วย สำหรับรถยกประเภท Straddle Reach Truck แบบงายึดได้โดยพื้นฐานจะมี 2 แบบ ด้วยกันคือ ประเภทเสา (Mast) และประเภทงา (Fork) ยึด ประเภทเสายึด (Mastreach) จะประกอบไปด้วยชุดรางที่ติดตั้งไปตลอดแนวขาของรถยก เพื่อช่วยรองรับโครงที่จะเคลื่อนที่ ประเภทงายึด (Forkreach) จะมีชุดขากรรไกรติดตั้งอยู่กับเสา เพื่อให้งาสามารถยืดออกได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.15



ภาพประกอบ 2. 15 รถยกประเภท Straddle Reach Truck

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

(5) รถยกประเภท Sideloader Trucks เป็นรถยกประเภทตักสินค้าด้านข้าง สินค้าจะถูกตัก และถูกวางจากทางด้านข้างด้านหนึ่งของรถยก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องหมุนเลี้ยวรถภายในซอยเพื่อตักสินค้าเลย สำหรับรถยกแบบตักข้างนี้จะมี 2 ประเภทเช่นกัน คือ แบบเคลื่อนที่ทั้งโครงสร้างของงาไปตามรางที่วางอยู่ในแนวขวางกับตัวรถ หรือแบบเคลื่อนที่ด้วยขากรรไกรที่ติดตั้งไว้บนโครงสร้างของรถยก รถยกประเภทตักสินค้าด้านข้างสามารถขนถ่ายสินค้าได้หลากหลายประเภท ซึ่งลักษณะรูปร่างของตัวรถเองก็สามารถจัดเก็บสินค้าในแร็คแบบคานยื่น (Cantilever Rack) ได้ด้วย ดังแสดงในภาพประกอบ 2.16



ภาพประกอบ 2. 16 รถยกประเภท Sideloader Truck

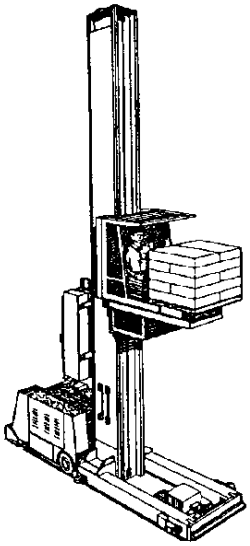
ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

(6) รถยกประเภท Turnet Trucks เป็นรถยกแบบหมุนทั้งแท่น (Swingmast) และแบบหมุนยึด (Swingreach) โดยไม่จำเป็นต้องเลี้ยวรถในขณะที่เข้าไปภายในช่องเพื่อตักหรือจัดเก็บพาเลต สินค้าอาจถูกตักได้โดยจากชุดงาที่หมุนอยู่บนแท่นโครงสร้าง แท่นที่หมุนจากตัวรถหรือระบบงาแบบกลไก มีความสามารถในการเคลื่อนที่เมื่ออยู่ภายนอกช่องเป็นอย่างดี และมีบางรุ่นที่ได้รับการออกแบบให้ชุดแท่นรางงาสามารถเคลื่อนที่เข้าไปภายในรถขนส่งได้ ไม่จำเป็นต้องหมุนเลี้ยวภายในช่อง จึงต้องมีการใช้เส้นลวดหรือรางเป็นอุปกรณ์ช่วยนำทางเพื่อให้รถยกสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว และปลอดภัยยิ่งขึ้น รวมถึงเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายแก่รถยกและชั้นวางในขณะที่รถยกแล่นอยู่ภายในช่อง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.17

ภาพประกอบ 2. 17 รถยกประเภท Turnet Truck

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

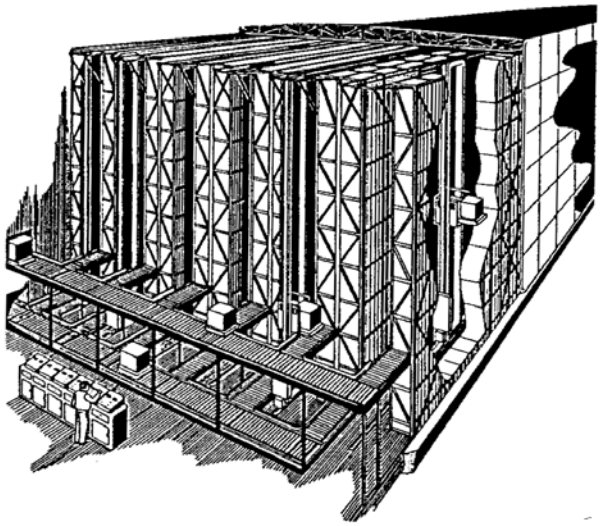
(7) รถยกประเภท Hybrid Trucks จะมีลักษณะคล้ายกันกับรถยกประเภท Turret Truck แตกต่างตรงที่ห้องโดยสารจะถูกยก และเคลื่อนที่ขึ้นไปพร้อมกับสินค้าที่จะยกด้วย รถยกประเภทนี้ได้รับการพัฒนามาจากเครื่องจัดเก็บ และย้ายของแบบอัตโนมัติที่ใช้ในระบบการจัดเก็บ ย้ายสินค้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งแตกต่างกัน คือ จะไม่ได้ถูกยึดติดไว้อยู่ภายในซอย ทำให้รถยกสามารถเคลื่อนที่เข้าออกจากซอยหนึ่งไปสู่ซอยอื่นๆ ให้ผลการปฏิบัติงานอยู่ในระดับสูง เมื่อเคลื่อนที่อยู่ภายในซอย รถยกรุ่นใหม่ๆ สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวระนาบ และแนวดิ่งในขณะเดียวกันเพื่อเข้าถึงตำแหน่งที่ต้องการได้ ข้อเสียเปรียบได้แก่ ขาดความยืดหยุ่นในการใช้งาน มีค่าใช้จ่ายสูง และต้องการระยะเผื่อสำหรับชั้นวางสูง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.18



ภาพประกอบ 2. 18 รถยกประเภท Hybrid Truck

ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

(8) เครื่องจัดเก็บและเบิกสินค้าแบบอัตโนมัติ (Automated Storage and Retrieval (ASR) Machines) โดยทั่วไปจะอ้างอิงว่าเป็นเครื่องจัดเก็บ และย้ายสินค้าซึ่งเป็นระบบการจัดเก็บสินค้าประเภทหนึ่งที่ใช้เครื่องจักรกลในการจัดเก็บ และย้ายสินค้าบนเส้นทางที่คงที่ โดยเคลื่อนที่อยู่บนรางหนึ่งหรือมากกว่าที่อยู่ระหว่างชั้นวางในการจัดเก็บสินค้าที่ยึดติดอยู่กับที่ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.19



ภาพประกอบ 2. 19 เครื่องจัดเก็บและเบิกสินค้าแบบอัตโนมัติ
ที่มา : Edward H. Frazelle [19]

การเลือกระบบจัดเก็บและเบิกสินค้าเป็นพาเลตนั้น ควรจะพิจารณาเปรียบเทียบร่วมกันกับระบบแบบอื่นๆ เพื่อสร้างความหนาแน่นการจัดเก็บให้มากขึ้น และเพิ่มขีดความสามารถในการจัดเก็บสินค้าเป็นพาเลตให้เพิ่มตามไปด้วย เนื่องจากสินค้าแต่ละรายการจะมีรูปแบบของอุปสงค์ และมิติของข้อมูลโดยละเอียดที่เฉพาะตัว และแตกต่างกันไป และเนื่องจากระบบการจัดเก็บ และขนย้ายที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นประเด็นสำคัญก็คือ การพิจารณาเลือกระบบให้เหมาะสมสำหรับสินค้าแต่ละรายการ

2.1.3.3 การจัดกลุ่มและการจ่าย (Unitizing and Shipping)

หลักการในการรับสินค้าจำนวนมากที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในมุมกลับได้กับการจ่าย ได้แก่ การขนถ่ายสินค้าโดยตรง (มุมกลับของการขนถ่ายสินค้าลงจากรถ) การออกเอกสาร

แจ้งการจ่ายสินค้าล่วงหน้า (การเตรียมการก่อนการรับสินค้า) และการกองสินค้าเก็บบนชั้นวาง จึงได้เพิ่มวิธีปฏิบัติดังต่อไปนี้เข้าไปในการให้คำจำกัดความของกิจกรรมการจ่าย

ก. การใช้ประโยชน์สูงสุดจากภาชนะบรรจุ (Container Optimization)

เลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีต้นทุน และใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด หลายๆองค์กรแทบจะไม่ได้พิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในส่วนเกิน และการขาดประสิทธิผลอันเนื่องมาจากการใช้ภาชนะบรรจุที่มีขนาดไม่เหมาะสม การติดแผ่นป้ายผิด ภาชนะไม่แข็งแรง และความไม่เหมาะสมในการใช้ภาชนะบรรจุ อาทิเช่น กล่อง ลัง พาเลต หัวลาก ตู้สินค้าขนาด 20 และ 40 ฟุต รถไฟ ตู้บรรทุกสำหรับขนส่งทางเครื่องบิน ล้วนเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นภาชนะบรรจุที่ดีควรมีความสามารถปกป้องวัสดุภายในให้ความปลอดภัย และมีข้อมูลสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในด้วย

ข. การขนสินค้าด้วยตู้สินค้าและการลดช่องว่าง (Container Loading and Void Fill)

การบรรทุกสินค้าด้วยตู้สินค้าควรพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์สูงสุดจากทั้งปริมาตร และน้ำหนักบรรทุกของตู้สินค้าแต่ละตู้ ในขณะเดียวกันก็ต้องสร้างสมดุลในตู้สินค้า และจัดเรียงผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในตู้สินค้าให้สะดวกต่อการขนลง ระบบการจัดการคลังสินค้ารุ่นใหม่จะมีความสามารถในการให้คำแนะนำ และแสดงให้เห็นภาพการบรรทุกที่เหมาะสมที่สุด

ค. การตรวจสอบน้ำหนัก (Weight Checking)

รถบรรทุกในการขนส่งสินค้าออกควรจะได้รับการตรวจสอบน้ำหนัก และปริมาตรบรรทุกก่อนตามแผนการบรรทุกสินค้า ขั้นตอนการตรวจสอบน้ำหนัก ควรจะนำมาใช้งานเพื่อใช้ค้นหาข้อผิดพลาดในการเบิกหรือบรรทุกก่อนทำการยกสินค้าขึ้นรถขนส่ง

ง. การขนถ่ายสินค้าแบบอัตโนมัติ (Automated Loading)

กำจัดการกองสินค้าเพื่อการจ่าย โดยการขนถ่ายสินค้าเข้าสู่รถขนส่งโดยตรง เช่นเดียวกับกรณีการรับสินค้า กิจกรรมที่ใช้แรงงาน และพื้นที่เป็นอย่างมากก็คือ กิจกรรมการกองสินค้าเพื่อรอการขนส่ง อุปกรณ์อย่างพาเลตแจ๊ค และรถยกประเภท Counterbalanced เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้แก่การเบิก และขนพาเลตขึ้นรถบรรทุกเพื่อช่วยลดการกองสินค้าได้ หรือก้าวหน้าไปอีกชั้นหนึ่งด้วยการนำเครื่องมือขนสินค้าเป็นพาเลตแบบอัตโนมัติมาใช้ร่วมกับสายพาน

ลำเลียงพาเลตที่ต่ออยู่กับชุดอุปกรณ์ท้ายรถขนส่งที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ เพื่อช่วยให้การขนถ่ายพาเลตสินค้าเป็นไปได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับรถยกแบบอัตโนมัติและ หรือพาหนะเคลื่อนที่นำร่องแบบอัตโนมัติแบบอื่นก็ได้ การขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มลังโดยตรงแบบอัตโนมัตินั้นสามารถทำได้โดยใช้ร่วมกับชุดลำเลียงแบบยืดได้

จ. การจัดการรับส่งสินค้า (Dock Management)

ท่ารับส่งสินค้าระบบอัตโนมัติที่เหมาะสม และระบบกำหนดเส้นทางเพื่อพนักงานขับรถเป็นวิธีการที่ใช้เอกสารน้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพมากที่สุด มีระบบต่างๆ หลากหลายอยู่ในปัจจุบันที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงการจัดการท่าจัดส่ง รับสินค้า และบริหารพนักงานขับรถขนส่ง โดยรถบรรทุกขาเข้าแต่ละคันควรจัดให้อยู่ใกล้กับท่าที่ใกล้พื้นที่จัดเก็บสินค้าเข้ามากที่สุด ส่วนรถบรรทุกขาออกก็ควรจัดให้อยู่ที่ท่าที่ใกล้กับสินค้าที่จะจ่ายออกให้มากที่สุดเช่นเดียวกัน [19]

2.2 การจำลองระบบ

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์การทำงาน เป็นวิธีหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหามานานแล้ว และเนื่องจากความเจริญก้าวหน้าในด้านคอมพิวเตอร์จึงทำให้วิธีการนี้ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ มีผู้ใช้ที่ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาตามความเห็น และวิธีการนำไปใช้ประโยชน์ แต่คำจำกัดความที่เป็นที่ยอมรับ สามารถครอบคลุมความหมายของการจำลองแบบปัญหาได้เหมาะสมที่สุดก็คือ คำจำกัดความที่ให้โดย Shannon ซึ่งให้ความจำกัดความว่า การจำลองแบบปัญหา คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองโดยใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ [21]

จุดประสงค์ที่ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อใช้จำลองระบบที่ต้องการจะศึกษาไว้ดังนี้ [22]

(1) เพื่อใช้ในการศึกษา และทำความเข้าใจในพฤติกรรมของระบบ

(2) สร้างทฤษฎีหรือข้อสมมติฐานเพื่อใช้อธิบายพฤติกรรมของระบบ

(3) ใช้ทฤษฎีหรือสมมติฐานที่ได้ในการทำนายระบบในอนาคต

2.2.1 ระบบและแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ผู้ที่มีหน้าที่สร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจถึงความหมาย และลักษณะของระบบ (System) และแบบจำลอง (Model) เสียก่อนทั้งนี้ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถเป็นตัวแทนของระบบได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วนทุกองค์ประกอบ

2.2.1.1 ระบบ (System)

ระบบ หมายถึงเซตของสมาชิกซึ่งมีหน้าที่ และปฏิบัติงานร่วมกันเพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ อาทิเช่น ระบบการเบิกจ่ายสินค้าภายในคลังสินค้า ซึ่งจะประกอบด้วยสมาชิก คือ เจ้าหน้าที่คลังสินค้า เอกสารการเบิกจ่ายสินค้า เครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้สมาชิกทั้งหมดจะต้องปฏิบัติงานร่วมกันเพื่อให้การเบิกจ่ายสินค้าเป็นไปอย่างรวดเร็ว และถูกต้อง ซึ่งวัตถุประสงค์การดำเนินงานของระบบโดยทั่วไปประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน คือ

ก. ส่วนทำการ (Entity)
ส่วนทำการ คือ ส่วนที่จะดำเนินการต่างๆ ภายในระบบ

ข. ลักษณะการทำการ (Attribute)
ลักษณะการทำการ คือ คุณลักษณะหรือหน้าที่ของส่วนทำการในระบบ

ค. กิจกรรม (Activity)
กิจกรรม คือ กรรมวิธีหรือลักษณะที่ส่วนทำการกระทำในระบบ

ง. สถานภาพของระบบ (State of System)
สถานภาพของระบบ คือ ลักษณะหรือสถานะของส่วนทำการ

2.2.1.2 แบบจำลอง (Model)

แบบจำลอง หมายถึง ข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบซึ่งรวบรวมขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหรือทำความเข้าใจในระบบนั้นๆ ซึ่งแบบจำลองที่ได้จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งพอจะสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

(1) เป็นเครื่องมือช่วยในการสื่อความหมาย แบบจำลองจะสามารถทำให้ผู้ศึกษาทำความเข้าใจระบบได้ง่ายกว่าการบรรยายด้วยตัวอักษร

(2) เป็นเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์ระบบ อาทิเช่น ระบบขนถ่ายสินค้ามีขั้นตอนเป็นอย่างไร ขั้นตอนใดควรทำก่อนหลัง หรือควรปรับปรุง ณ ตรงขั้นตอนใดเพื่อให้ผลงานที่ได้ดียิ่งขึ้น

(3) ใช้ในการสอนหรือฝึกอบรม อาทิ การจำลองสถานการณ์จริงเพื่อให้ผู้ที่ศึกษาได้ลองปฏิบัติ และตัดสินใจในการดำเนินงานโดยไม่จำเป็นต้องลองปฏิบัติงานจริง

(4) ใช้เป็นเครื่องมือทำนายอนาคตของพฤติกรรมของระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

(5) ใช้เป็นเครื่องมือในการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากการปฏิบัติจริงอาจทำให้เกิดความเสียหายหรือเสียค่าใช้จ่ายมาก การใช้แบบจำลองทดลองนั้นทำให้มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า และสามารถทำการทดลอง และทราบผลได้ภายในเวลาอันสั้นเมื่อเทียบกับการปฏิบัติจริง

แบบจำลองที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น สามารถจำแนกออกได้เป็นแบบจำลองประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

ก. แบบจำลองลักษณะพรรณนา (Descriptive Model)

เป็นแบบจำลองที่จำลองระบบด้วยคำพูดหรือตัวอักษร ซึ่งใช้การพิจารณาของผู้วิเคราะห์ในการตัดสินปัญหา หรือผลลัพธ์ที่ได้ แบบจำลองประเภทนี้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำมาก

ข. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model)

เป็นการจำลองลักษณะทางกายภาพของระบบจริง ซึ่งไม่ต้องใช้เทคนิคมากนัก สามารถสื่อให้เข้าใจได้ง่าย แต่ค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลองค่อนข้างสูง

ค. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Model)

เป็นการจำลองโดยใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ คำตอบหรือผลที่ได้จะมาจากการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ ค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง การสื่อความหมายจะทำได้เฉพาะในกลุ่มคนที่มีความรู้ทางด้านนี้เท่านั้น

ง. แบบจำลองในลักษณะขั้นตอนและวิธีการ (Procedural Model)

เป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์แบบจลนะ (Dynamic Relationship) ซึ่งสมมติฐานที่ได้จะมาจากระบบจริง โดยมากมักจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการสร้างแบบจำลอง ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงแต่สามารถสื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย เป็นแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งใช้รูปภาพในการแสดงผลทำให้สามารถเข้าใจได้ง่าย

2.2.2 แบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ประเภทแสดงลักษณะขั้นตอนและวิธีการ ที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นแขนงหนึ่งของสาขาการวิจัย และการดำเนินงาน (Operation Research) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์ปัญหา การกำหนดแนวทางแก้ไข โดยสามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ

2.2.2.1 สาเหตุที่นำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้

ในการวิเคราะห์ปัญหา หรือระบบที่สนใจ ซึ่งมีวิธีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การทำแบบจำลองทางกายภาพ แต่สาเหตุสำคัญที่นำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์ พอจะสรุปได้ดังนี้

(1) ปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ มีความซับซ้อนยุ่งยากเกินกว่าที่จะอธิบายด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์

(2) หลักการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ยังไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์หรือยังไม่มีผู้คิดค้นหลักการดังกล่าวขึ้นมา

(3) การใช้คณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์จำเป็นที่จะต้องมีผู้เชี่ยวชาญร่วมในคณะด้วย เนื่องจากผู้ที่เข้าใจในปัญหาหรือระบบอาจยังไม่มีความชำนาญด้านคณิตศาสตร์เพียงพอทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

(4) การวิเคราะห์ด้วยหลักคณิตศาสตร์จะได้คำตอบเพียงคำตอบเดียวเสมอ ซึ่งไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริง ที่อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้อยู่เสมอ

(5) ในบางครั้งการจำลองปัญหาที่ต้องการจะศึกษาด้วยวิธีอื่นมีความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

(6) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์สามารถให้คำตอบได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่น เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถใช้การแทนหน่วยของเวลาได้ เช่น 1 วินาทีในคอมพิวเตอร์แทน 1 วัน ในสถานการณ์จริง เป็นต้น

2.2.2.2 ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ที่ใช้ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทตามลักษณะของระบบงานที่ถูกจำลอง ดังนี้

ก. แบบจำลองสถานการณ์ของระบบตายตัว (Deterministic Simulation Model)

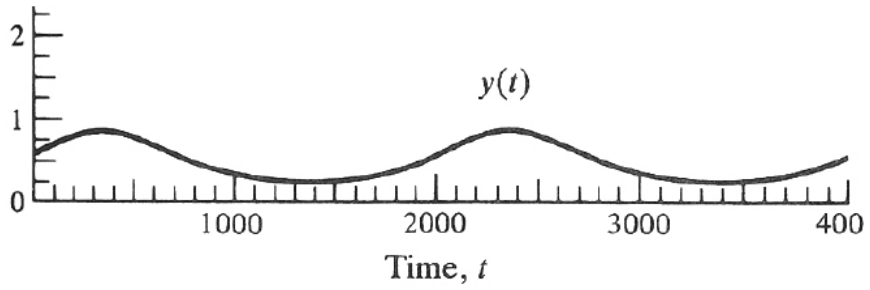
เป็นการจำลองระบบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพเป็นไปในทิศทางที่แน่นอน สามารถระบุสถานภาพที่เปลี่ยนไปล่วงหน้าได้อย่างถูกต้อง

ข. แบบจำลองสถานการณ์ของระบบไม่แน่นอน (Stochastic Simulation Model)

เป็นระบบซึ่งมีการเปลี่ยนสถานภาพเป็นแบบสุ่ม (Random) แต่สามารถใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ามาวิเคราะห์ทำให้สามารถคาดเดาสถานภาพที่จะเกิดขึ้นได้

ค. แบบจำลองสถานการณ์ของระบบต่อเนื่อง (Continuous-Event Simulation Model)

เป็นการจำลองระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปเมื่อนำมาเขียนสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของระบบกับเวลาที่ผ่านไป สมการที่ได้จะที่มีความต่อเนื่องกันโดยตลอด ระบบที่มีความต่อเนื่องจะสามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.20

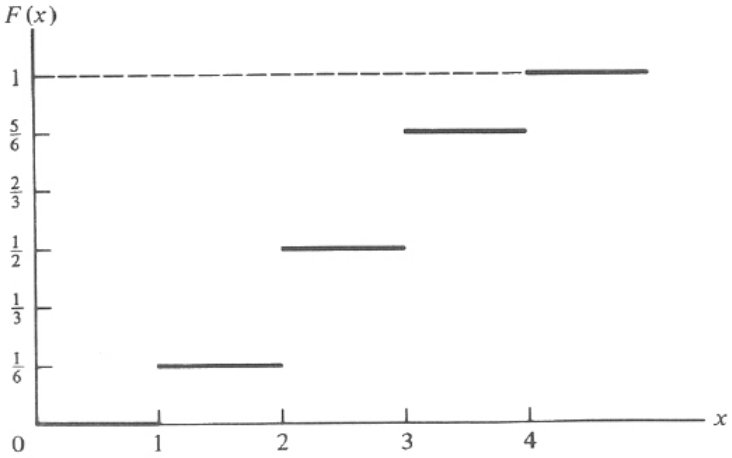


ภาพประกอบ 2. 20 กราฟความสัมพันธ์ของระบบที่มีความต่อเนื่องกัน

ที่มา : Law และ Kelton [23]

ง. แบบจำลองสถานการณ์ของระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event Simulation Model)

เป็นแบบจำลองที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากลักษณะของระบบการทำงานจริงส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นระบบไม่ต่อเนื่อง กล่าวคือ ระบบมีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ไม่ต่อเนื่องโดยตลอด เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของระบบเทียบกับเวลามาเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ จะได้สมการประเภทไม่ต่อเนื่อง ลักษณะของกราฟที่ได้จากระบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.21



ภาพประกอบ 2. 21 กราฟความสัมพันธ์ของระบบที่ไม่มีความต่อเนื่อง

ที่มา : Law และ Kelton [23]

2.2.2.3 โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์

การดำเนินการสร้างแบบจำลองของระบบงานใดระบบหนึ่ง ก่อนอื่นจะต้องทำความเข้าใจถึงโครงสร้างของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองที่ได้สามารถแสดงลักษณะ และพฤติกรรมของระบบจริงได้ถูกต้อง และครบถ้วน โครงสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยทั่วไปประกอบด้วย

ก. องค์ประกอบของระบบ (Components)

แบบจำลองที่ดีต้องมีองค์ประกอบที่จำเป็นในการทำงานเช่นเดียวกับระบบงานจริง ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จะต้องทำการแบ่งองค์ประกอบของระบบงาน

ออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้รับบริการ หรือผู้เบิกสินค้า (Transaction) ของระบบ และผู้ให้บริการ หรือผู้จ่ายสินค้า (Facility) ของระบบ เมื่อสามารถแบ่งองค์ประกอบต่างๆ ของระบบได้แล้ว จะต้องสามารถระบุเหตุการณ์ (Event) ที่เกิดขึ้นตามลำดับด้วย เหตุการณ์หมายถึงสถานการณ์ที่ทำให้ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ อาทิเช่น ระบบการเบิกจ่ายสินค้าภายในคลังจะประกอบไปด้วยผู้เบิกสินค้า และผู้จ่ายสินค้า เหตุการณ์แรกที่เกิดขึ้นของระบบ คือ การเข้ามาของผู้เบิกสินค้า ซึ่งทำให้สถานะของระบบจากที่ไม่มี ผู้เบิกสินค้าในระบบเป็นระบบที่มีผู้เบิกสินค้าเท่ากับ 1 เป็นต้น

ข. ตัวแปร (Variables) และพารามิเตอร์ (Parameters)

พารามิเตอร์ คือ ค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้หรืออาจเป็นค่าที่ผู้สร้างแบบจำลองเป็นผู้กำหนดขึ้นเองก็ได้ ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปรมีได้หลายค่าเปลี่ยนแปลงตามสภาวะจริงของการใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variables) หมายถึงตัวแปรมาจากปัจจัยภายนอกระบบ ซึ่งมีผลกระทบต่อสมรรถนะหรือการทำงานของระบบ และตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) หมายถึงตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งสามารถบอกถึงสภาวะหรือเงื่อนไขของระบบหรืออาจอยู่ในลักษณะตัวแปรนำออก (Output Variables) ซึ่งแสดงผลที่ได้จากการใช้งานของระบบ ในทางคณิตศาสตร์อาจกล่าวได้ว่าตัวแปรภายนอกเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variables)

ค. ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationship)

ฟังก์ชันความสัมพันธ์ คือ ฟังก์ชันที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ ฟังก์ชันนี้อาจมีลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) หรือไม่ก็ได้ ฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหามาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีการทางสถิติก็ได้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์โดยมากจะสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งจะทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

ง. ขอบเขตจำกัด (Constraints)

ขอบเขตจำกัด คือ ข้อจำกัดของค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดขึ้นมา เช่น ข้อจำกัดในด้านทรัพยากร ไม่ว่าจะเป็นคนงานหรือรถยก หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานโดยธรรมชาติ เช่น ไม่สามารถจำหน่ายสินค้าได้มากกว่าปริมาณที่ผลิตเป็นต้น

จ. ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function)

ฟังก์ชันเป้าหมาย หมายถึง ข้อความที่บอกเป้าหมายหรือจุดประสงค์ของระบบงาน และวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์การดำเนินงานอาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ วัตถุประสงค์เพื่อคงสภาพของระบบงาน ทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น พลังงาน หรือสถานะของระบบ เช่น ความปลอดภัย และวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหาระบบที่สามารถเพิ่มทรัพยากร เช่น ลูกค้า กำไร หรือสถานภาพของระบบ เช่น ส่วนแบ่งของตลาด

2.2.2.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

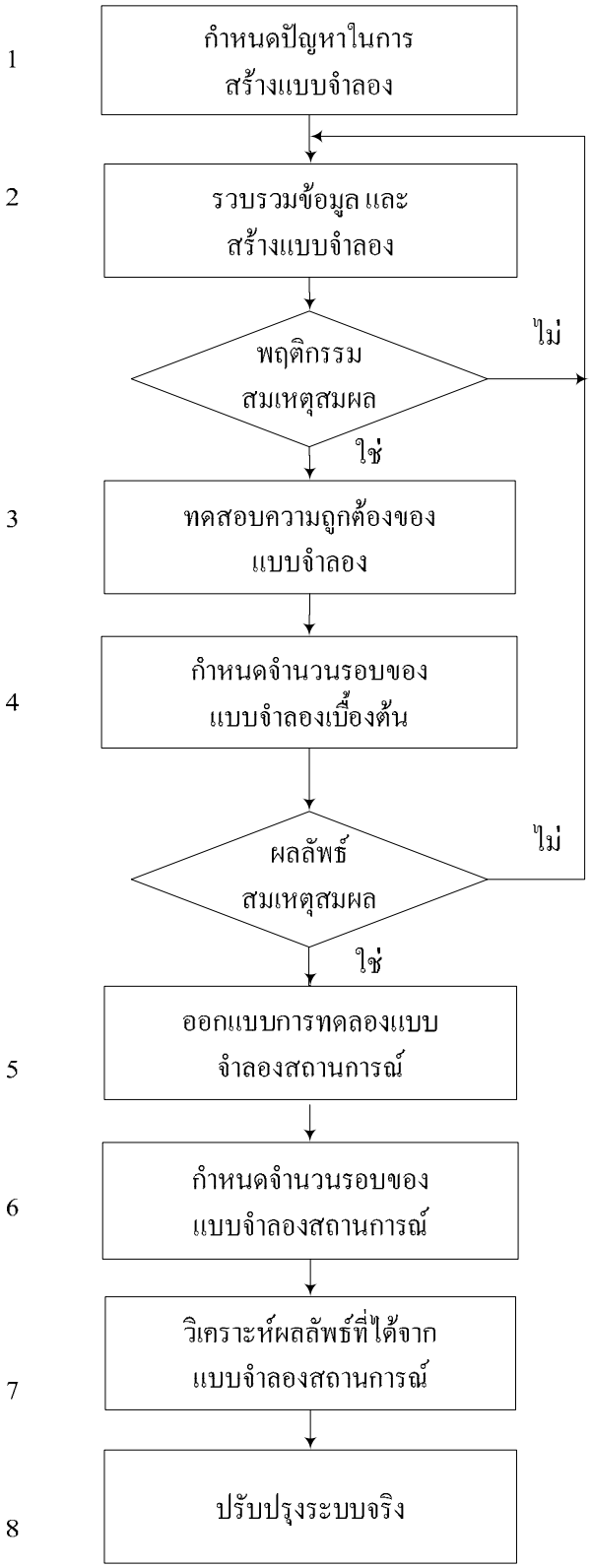
เมื่อทราบถึงโครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือ การลงมือดำเนินการสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยทั่วไปมีแผนผังการดำเนินงาน ดังแสดงในภาพประกอบ 2.22 โดยรายละเอียดการดำเนินงานแก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคการจำลองแบบสถานการณ์ มีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ดังนี้

ก. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน โดยเริ่มตั้งแต่ผู้มีอำนาจการตัดสินใจให้ข้อมูลแก่นักวิเคราะห์ นักวิเคราะห์จะตั้งปัญหาขึ้นในใจ และพิจารณาวิธีที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหานี้ ความสามารถในการตั้งปัญหา (เช่น ปัญหาแถวคอย) เกิดจากการฝึกฝน และประสบการณ์ ซึ่งต้องกำหนดให้ชัดเจน อาจใช้การจำลองแบบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อศึกษาถึงสภาพ และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

ข. พัฒนาตัวแบบจำลองของระบบ

ขั้นตอนนี้เริ่มตั้งแต่การกำหนดคำจำกัดความของระบบ และกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง พิจารณาองค์ประกอบของระบบ และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้น สร้างตัวแบบ และความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องหรือมีอิทธิพลต่อวัตถุประสงค์ขึ้น โดยความสัมพันธ์จะต้องแสดงถึงสถานภาพที่แท้จริงของปัญหา จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษาเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และแปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 2. 22 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ที่มา : Law และ Kelton [23]

ค. เก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสร้างรูปแบบแทนระบบของปัญหาแล้ว จะต้องพิจารณาว่าควรจะใช้ข้อมูลอะไรบ้างในการวิเคราะห์ระบบของปัญหา รวมทั้งการจัดเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในรูปแบบปัญหาได้ โดยต้องศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลดิบต่างๆ ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์จริงที่แม่นยำ และถูกต้องแล้วหารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสม และประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสำหรับข้อมูลที่เก็บได้ และทดสอบรูปแบบการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ที่หาได้ เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บมาในเชิงสถิติ

ง. ตรวจสอบและทดสอบตัวแบบจำลองแทนระบบ

ขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้สร้าง และผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้แบบจำลองว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองไม่มีวิธีการกำหนดไว้ตายตัว ความถูกต้องของแบบจำลองจะวัดได้จากความมั่นใจในแบบจำลอง ความเข้าใจในระบบงาน ความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจความเหมาะสมขององค์ประกอบ พฤติกรรมของแต่ละองค์ประกอบของระบบ และค่าเชิงปริมาณที่ใช้แทนองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น โดยทั่วไปวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องมีอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

(1) การพิสูจน์ยืนยัน (Verification) เป็นการทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับระบบทำงานจริง วิธีการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ได้แก่

- การถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีความรู้เข้าใจในระบบการทำงานจะสามารถแนะนำหรือพยากรณ์พฤติกรรมของระบบได้เป็นอย่างดี
- การทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง เป็นการทดสอบองค์ประกอบในแบบจำลองโดยการใส่เงื่อนไขเข้าไปแล้วดูผลที่ได้จากแบบจำลองว่ามีความแปรปรวนมากเพียงใดหากมีความแปรปรวนมากก็ควรที่จะมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น
- การทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ เป็นการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปร และพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบในแบบจำลองอย่างไร ถ้าตัวแปรใดมีความไวมากการสร้างแบบจำลองก็จะต้องระมัดระวังตัวแปรนั้นเป็นพิเศษด้วย

(2) การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง ทั้งนี้ทำได้โดยนำมาเปรียบเทียบระหว่างข้อมูล

ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่เก็บได้จากการสำรวจระบบงานจริงภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเดียวกัน การวิเคราะห์ทำได้โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ คือ

- การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบงานจริง
- การทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง
- การพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

(3) การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) เป็นการทดลองใช้แบบจำลองพยากรณ์พฤติกรรมของระบบเปรียบเทียบกับระบบงานจริงของระบบงาน ทั้งนี้โดยการอาศัยเทคนิคทางสถิติเช่นเดียวกับการทดสอบความถูกต้อง วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเพื่อเสนอแนวทางแก้ไข และใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจดำเนินการปรับปรุง และพัฒนาระบบต่อไป

จ. การทดลองและหารูปแบบที่ดีที่สุดของตัวแบบจำลองระบบ

เมื่อสร้างรูปแบบแทนระบบของปัญหา และเก็บรวบรวมข้อมูลได้แล้ว ทำการทดลองรูปแบบที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่เก็บรวบรวม และข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการ และวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ซึ่งจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามเวลาที่กำหนด และนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมาช่วยในการตัดสินใจ โดยเปรียบเทียบตัวแบบหรือประเมินทางเลือก (Scenarios) ที่แตกต่างกันเพื่อหาตัวแบบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด [24]

ฉ. การออกแบบทดลองแบบจำลองสถานการณ์

เมื่อได้แบบจำลองสถานการณ์ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือเป็นที่เรียบร้อยต้องมีการออกแบบระบบ หรือวิธีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมแล้ว และข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการ

ทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลอง และดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามเวลาที่กำหนด และนำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบมาช่วยในการตัดสินใจ [23]

ช. การนำผลลัพธ์ของการจำลองตัวแบบของระบบไปใช้งาน

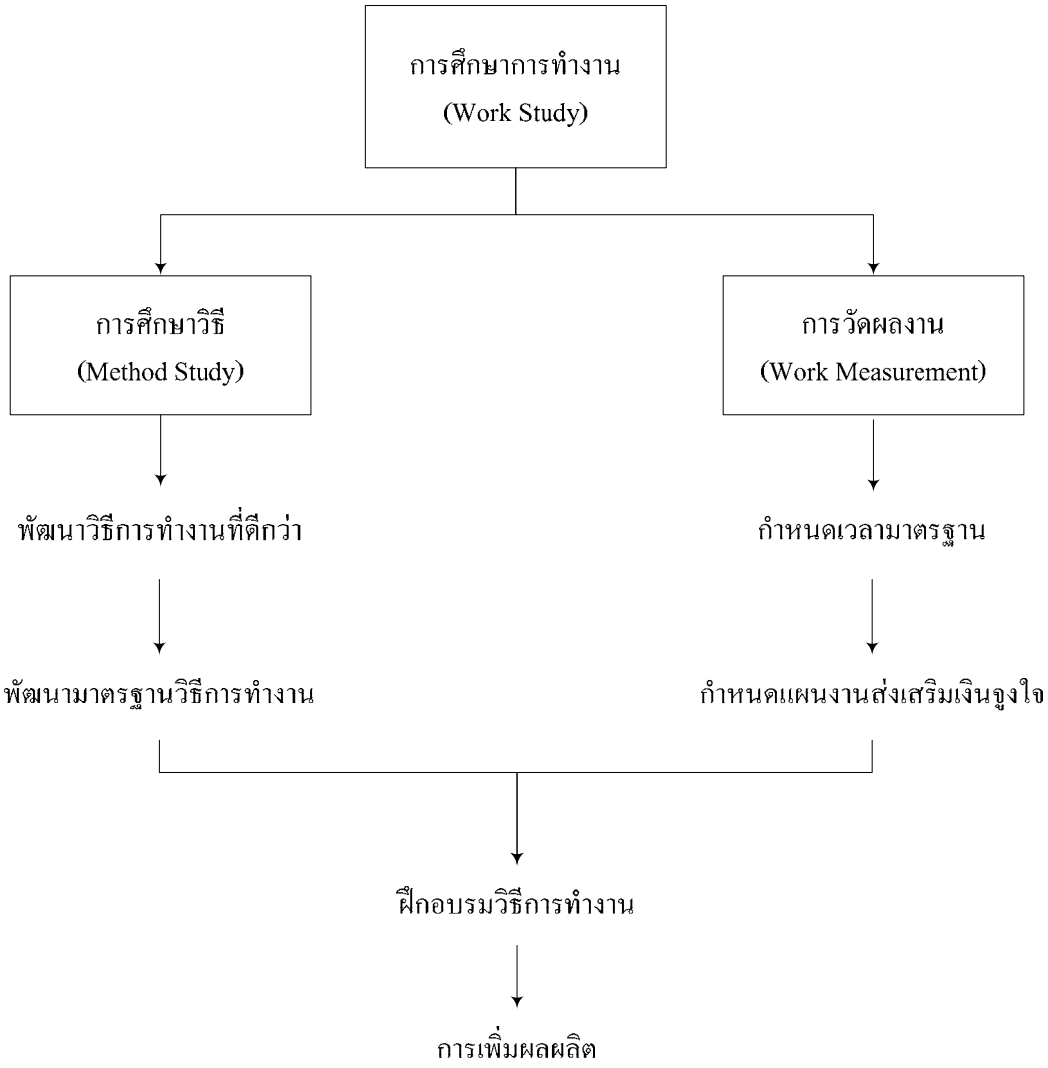
การนำผลลัพธ์ของการจำลองตัวแบบของระบบไปใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบตัวแบบต่างๆ และได้วิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริงแล้ว นำวิธีการนั้นไปวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติด้วยปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ข้อจำกัดของหน่วยงาน ค่าใช้จ่ายในการประยุกต์ใช้จริง เป็นต้น แล้วจัดทำเป็นเอกสารการทำงาน เพื่อบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ [24]

ซ. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ รวบรวมผลกระทบที่เกิดขึ้น นำไปแปลความหมายและรายงานต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการดำเนินงาน [23]

2.3 การศึกษาการทำงาน

การศึกษาการทำงาน คือการศึกษาวิธี (Method Study) และการวัดผลงาน (Work Measurement) ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงาน และองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนามาตรฐานของการทำงาน และเวลาทำงานรวมไปถึงการใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาส่งเสริมจูงใจบุคลากร นำไปสู่การเพิ่มผลผลิต การพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่ากำหนดเวลามาตรฐาน การพัฒนามาตรฐานวิธีการทำงาน การกำหนดแผนงานส่งเสริมเงินจูงใจฝึกอบรมวิธีการทำงานการเพิ่มผลผลิต [25]



ภาพประกอบ 2. 23 การศึกษาการทำงาน

ที่มา : วันชัย ริจิรวนิช [25]

จากภาพประกอบ 2.23 การศึกษาการทำงาน ประกอบด้วยการศึกษาวิธีการทำงาน และการวัดผลงานเนื่องจากการศึกษาวิธีการทำงานเกี่ยวข้องกับการลด และกำจัดวิธีการทำงานหรืองานที่ไร้ประสิทธิภาพ ส่วนการวัดผลงานเกี่ยวข้องกับการลด และกำจัดเวลาไร้ประสิทธิภาพ ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานเวลาการทำงานของงานหนึ่งๆ จึงต้องกระทำภายหลังจากการศึกษาวิธีการทำงานอันนำมาซึ่งวิธีการทำงานที่ดีกว่า ดังนั้นระหว่างการศึกษาวิธีการทำงาน และการวัดผลงาน จึงมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยสามารถที่จะแบ่งขั้นตอนในการศึกษาการทำงานได้ 8 ขั้นตอน ดังแสดงรายละเอียดดังนี้ [26]

(1) เลือกงานหรือกระบวนการที่จะทำการศึกษา

(2) บันทึก และสังเกตการณ์โดยตรงในทุกสิ่งที่เกิดขึ้นในงานหรือกระบวนการที่เลือกโดยการใช้วิธีการบันทึกที่เหมาะสม เพื่อเป็นข้อมูลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

(3) ตรวจตราข้อเท็จจริงที่บันทึกมาทุกๆ เรื่องที่น่าสนใจโดยพิจารณาถึงจุดประสงค์ของการทำงานของงานนั้นๆ สถานที่ที่งานนั้นกำลังทำอยู่ ลำดับการทำงานของงาน คนทำงาน และวิธีการอุปกรณ์การทำงาน

(4) พัฒนา วิธีการทำงานที่ประหยัดในการทำงานโดยพิจารณาสิ่งแวดล้อม

(5) วัดปริมาณที่ต้องทำในวิธีการทำงานที่เลือกใช้ และคำนวณมาตรฐานเวลาที่ต้องใช้ในการทำงานนั้น

(6) นิยาม วิธีการทำงานที่เสนอขึ้นใหม่ และเวลาที่เกี่ยวข้อง

(7) ใช้งาน วิธีการทำงานที่เสนอขึ้นใหม่โดยมีมาตรฐานของงาน

(8) ดำรง มาตรฐานของงานที่กำหนดขึ้นโดยวิธีการควบคุมที่เหมาะสม

2.3.1 การศึกษาวิธีการทำงาน

การศึกษาการทำงานเป็นการเก็บบันทึกข้อมูลอย่างมีขั้นตอน และตรวจสอบอย่างละเอียดของแนวทางการทำงานที่มีอยู่ แล้วทำการเสนอแนะวิธีการทำงานใหม่ การศึกษาวิธการทำงานนี้จะนำไปสู่การพัฒนา และประยุกต์วิธีการที่ง่ายมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม นับได้ว่าเป็นเทคนิคในการเพิ่มผลผลิตที่ได้ผลที่สุด ซึ่งพัฒนาขึ้นมาต่อเนื่องจากวิธีการของการศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) จุดมุ่งหมายในการศึกษาวิธีการทำงานก็คือ การมุ่งพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า โดยใช้หลักการปรับปรุงงาน ซึ่งจะช่วยลด และตัดทอนงานหรือขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกไป ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้ [26]

2.3.1.1 การเลือกงาน

เป็นการพิจารณาเลือกงานที่จะทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการทำงานที่ดีกว่า ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะงานที่จะศึกษามีอยู่ตลอดเวลา การทำงานให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด คือ เลือกที่มีความจำเป็นเร่งด่วนกว่ามาทำการศึกษาก่อน หรือเมื่อศึกษาปรับปรุงการทำงานแล้วจะให้ผลกระทบในด้านบวกสูงกว่า

2.3.1.2 การบันทึกการทำงาน

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นตอนวิธีการทำงาน และปัญหาการทำงานต่างๆ เพื่อนำมาพิจารณาหาแนวทางแก้ไขต่อไป ในการบันทึกการทำงานจะใช้สัญลักษณ์ที่เป็นมาตรฐานสากลแทนกิจกรรมของขั้นตอนการทำงานต่างๆ เพื่อช่วยให้การพิจารณาปรับปรุงสามารถทำได้ง่ายขึ้น แล้วแสดงด้วยแผนภูมิการผลิต (Process Flow Chart) เพื่อแสดงทิศทางการไหลของกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดของกระบวนการ

2.3.1.3 การพิจารณาตรวจตราเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุง

การพิจารณาตรวจตราเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุง เป็นการตรวจสอบว่าขั้นตอนที่ทำอยู่เหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมก็ให้หาแนวทางในการปรับปรุง และถึงแม้ว่าจะเหมาะสมแล้ว ยังจะค้นหาว่ามีวิธีการที่เหมาะสมกว่าอีกหรือไม่

2.3.1.4 การปรับปรุงงาน

การปรับปรุงงาน เป็นการหาวิธีการทำงานใหม่ที่ง่ายกว่า เร็วกว่า และถูกกว่าวิธีการเดิมโดยใช้หลักการของ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange and Simplify) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2. 1 หลักการของ ECRS

หลักการ	ความหมาย	คำอธิบาย
E (Eliminate)	กำจัดทิ้ง	กำจัดทิ้งขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกไป
C (Combine)	รวมเข้าด้วยกัน	รวมขั้นตอนบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน
R (Rearrange)	จัดลำดับใหม่	สลับหรือจัดลำดับขั้นตอนในการทำงานใหม่
S (Simplify)	ทำให้ง่ายขึ้น	ปรับปรุงขั้นตอนในการทำงานให้ง่ายขึ้น

หลักเกณฑ์ในการปรับปรุงงานที่พยายามให้เหลือกิจกรรมที่เป็นการปฏิบัติจริงๆ เท่านั้น คือ กระบวนการที่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Value Added) แก่ชิ้นงาน ซึ่งถือว่าเป็นงานหลักของกระบวนการ โดยพยายามลดกิจกรรมหรือกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ชิ้นงานไม่ว่าจะ

เป็น การขนย้าย การตรวจสอบปริมาณ และการควบคุมคุณภาพ รวมทั้งการหาทางลดหรือกำจัดการหยุดหรือการพักรอระหว่างกระบวนการหรือขั้นตอนการผลิต ซึ่งถือว่าเป็นการว่างงานหรือความสูญเปล่าของกระบวนการให้น้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 2.2 [27]

ตารางที่ 2. 2 แนวทางในการปรับปรุงงาน

สัญลักษณ์	ความหมาย	แนวทางในการปรับปรุง
○	กิจกรรมการปฏิบัติงาน	คงไว้หรือหาวิธีการใหม่ที่ดีกว่าเดิม
⇨	กิจกรรมการเคลื่อนย้าย	ทำให้ลดน้อยลงเท่าที่จะทำได้
□	กิจกรรมการตรวจสอบ	ทำให้ลดน้อยลงเท่าที่จะทำได้
D	การพักรอหรือการหยุดชั่วคราว	หาทางลดหรือกำจัดทิ้งให้มากที่สุด
▽	การหยุดหรือการเก็บถาวร	หาทางลดหรือกำจัดทิ้งให้มากที่สุด

2.3.1.5 การประเมินผลการปรับปรุง

เป็นการวัดผลจากการปรับปรุงการทำงานว่าประสิทธิภาพในการปรับปรุงเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร โดยการเปรียบเทียบผลการทำงานก่อนการปรับปรุงกับผลการทำงานหลังการปรับปรุง

2.3.1.6 กำหนดเป็นมาตรฐานวิธีการในการทำงาน

เมื่อวิธีการทำงานใหม่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว นำวิธีการนั้นมาบัญญัติไว้เป็นวิธีมาตรฐาน โดยเขียนลายลักษณ์อักษรที่สามารถอ้างอิงได้

ประโยชน์ของการศึกษาการทำงาน [25]

(1) การศึกษาการทำงาน เป็นเครื่องมือของการเพิ่มผลผลิตทั้งในอุตสาหกรรมการผลิต และการบริการ

(2) ช่วยให้เกิดผลงานที่ดีขึ้นสูงขึ้น จุดเน้นของการศึกษาการทำงานจึงอยู่ที่ทำงานน้อยได้งานมาก นักศึกษาการทำงานจึงมีหน้าที่ในการพัฒนาระบบงานหรือวิธีการ

(3) ทำงานให้ง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.3.2 การศึกษาเวลา

การศึกษาเวลา (Time Study) เป็นเทคนิคในการวัดผลงานเพื่อหาแนวทางในการลดและกำจัดเวลาไร้ประสิทธิภาพ การศึกษาเวลา คือ เทคนิคของการวัดผลงาน เพื่อหาเวลา และอัตราการทำงานของงานส่วนย่อยของงานชิ้นหนึ่งๆ ภายใต้สภาวะอันหนึ่ง นอกจากนี้ ก็เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในการเวลาที่ควรจะเป็นในการทำงานชิ้นหนึ่งในระดับการทำงานที่เหมาะสม โดยการใช้นาฬิกาจับเวลาเพื่อหาเวลามาตรฐานในการทำงาน ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานในการหากำลังการผลิตของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง [26] การศึกษาเวลาสามารถแบ่งได้ 4 วิธีการดังนี้

2.3.2.1 การศึกษาเวลาจากข้อมูลเวลา

เป็นการศึกษาเวลาจากข้อมูลเวลามาตรฐานและสูตร (Standard Data and Formulas) เป็นการศึกษาเวลาที่ใช้ข้อมูลเวลาที่จัดทำเป็นมาตรฐานของโรงงานนั้น รวมทั้งการคำนวณหาเวลาจากสูตรสำเร็จ

2.3.2.2 การสุ่มงาน

เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐาน (Standard Time) จากการสุ่มจับเวลาการทำงานจริงของพนักงานในสายการผลิตๆต้องใช้เวลาในการศึกษาเวลาเป็นเวลานาน หลายสัปดาห์

2.3.2.3 การศึกษาเวลาโดยระบบหาเวลาก่อนล่วงหน้า

การสังเคราะห์เวลา (Predetermined Time System or Synthesis Time) เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐานจากการหาเวลาล่วงหน้าก่อนที่งานจะเกิดจริงหรือการสังเคราะห์เวลา โดยใช้ระบบการหาเวลาชนิดต่าง

2.3.2.4 การศึกษาเวลาโดยตรง

เป็นการศึกษาเวลาที่ใช้การจับเวลาพนักงานที่มีการเลือกไว้แล้ว มาทำการจับเวลาโดยนาฬิกา ทั้งนี้ต้องมีการคำนวณจำนวนครั้งในการจับเวลา แล้วจึงนำมาหาเวลาทำงานปกติ (Normal Time) เวลามาตรฐานต่อไป

การศึกษาเวลาโดยตรง คือ การศึกษาเพื่อหาเวลามาตรฐานที่ต้องการโดยการจับเวลาจากพนักงาน ที่ผ่านการคัดเลือก และฝึกเป็นอย่างดี ต้องเป็นพนักงานที่ทำงานนั้นๆ จริง โดยใช้สถานที่ปกติ สถานการณ์ที่ปกติมีขั้นตอนดังนี้ [28]

ก. การเลือกงาน

ในการศึกษาเวลาในการทำงานจะต้องทำหลังจากที่ได้กำหนดวิธีการทำงานหรือการ ศึกษาวิธีการทำงานมาก่อนแล้ว ทั้งนี้เพราะหากยังไม่สามารถหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดแล้วอาจจะค้นพบวิธีการทำงานนั้นภายหลัง โดยคนงานหรือผู้เชี่ยวชาญก็ได้ ทำให้ต้องหาเวลามาตรฐานใหม่อีกครั้ง [26]

ข. การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเวลานอกจากการบันทึกเวลาทำงาน ยังมีข้อมูลซึ่งแสดงรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขมาตรฐานของการศึกษาเวลา ซึ่งจำเป็นต้องบันทึกในแบบฟอร์มการศึกษาเวลา โดยจะทำการบันทึกก่อนการศึกษาเวลา ข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งควรบันทึกประกอบด้วย ข้อมูลเพื่อการอ้างอิง ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการผลิต เครื่องมือและอุปกรณ์ ข้อมูลระยะเวลาของการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผู้ปฏิบัติการ และสภาพแวดล้อม [28]

ค. แบ่งงานเป็นงานย่อย

งานย่อย (Element) คือ งานที่เป็นส่วนประกอบของการทำงานหนึ่งๆ ในรอบการทำงานหนึ่งๆจะประกอบด้วยงานย่อยหลายๆงานวัฏจักรการทำงาน (Work Cycle) คือ การทำงานวนซ้ำกัน เมื่อทำงานตั้งแต่แรก และเมื่อสิ้นสุดการทำงานนั้นจะเริ่มทำงานใหม่ที่จุดเริ่มต้นเดิมซ้ำๆกันเป็นรอบๆ โดยมีจุดเริ่มต้นของการทำงานมาบรรจบกับจุดสิ้นสุดเป็นวงรอบเสมอการแบ่งออกเป็นงานย่อย เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการศึกษาเวลา เนื่องจากจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์การสังเกต และการจับเวลาทำได้สะดวก จึงมีความจำเป็นที่ต้องแบ่งงานออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆ [26] โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอยู่ 3 ประการดังนี้

(1) ขั้นตอนย่อยๆ จะต้องมีเวลาเพียงพอที่จะทำการจับหรือวัดเวลาได้

(2) แยกงานที่ทำด้วยคนออกจากงานที่ทำด้วยเครื่องจักร

(3) แยกชิ้นงานคงที่ออกจากงานแปรผัน

ง. สังเกตและจับเวลาการทำงาน

ข้อมูลเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมถือเป็นข้อมูลหลักในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะเป็น Time Base กล่าวคือ เป็นแบบจำลองที่ได้ใช้เวลาเป็นหลักในการอ้างอิงการจับเวลา (Ralph M Barnes 1980) โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธีซึ่งเป็นที่นิยมปฏิบัติ คือ

(1) การจับเวลาต่อเนื่อง (Continuous Timing) ในการทำงานที่มีความต่อเนื่อง ผู้สังเกตจะเริ่มจับเวลาที่งานย่อยอันดับแรก และปล่อยให้เวลาเดินต่อไปโดยจะหยุดเวลาก็ต่อเมื่องานย่อยอันดับสุดท้ายสิ้นสุดลง ทั้งนี้ผู้สังเกตจะทำการบันทึกเวลาที่อ่านได้ ณ จุดสิ้นสุดของงานย่อยแต่ละงานโดยเวลาที่ใช้ไปในแต่ละงานย่อยจะได้จากการนำเวลาที่อ่านได้เมื่อสิ้นสุดของงานย่อยนั้นหักลบด้วยเวลาที่อ่านได้เมื่อสิ้นสุดของงานย่อยก่อนหน้า

(2) การจับเวลาซ้ำ (Repetitive Timing) เป็นการจับเวลาแต่ละครั้งโดยให้เริ่มนับเวลาที่ศูนย์เสมอ กล่าวคือ เมื่อสิ้นสุดงานย่อยแต่ละงานก็จะทำการเริ่มต้นการจับเวลาใหม่ทุกครั้ง เวลาที่อ่านได้ก็คือ เวลาที่ใช้ไปในงานย่อยนั่นเอง

(3) การจับเวลาสะสม (Accumulative Timing) เป็นการจับเวลาโดยใช้นาฬิกาที่มีนาฬิกาจับเวลา 2 เรือนอยู่ด้วยกันโดยเมื่อกดปุ่มหยุดเวลานาฬิกาอันหนึ่งจะหยุดจับเวลา แต่นาฬิกาอีกเรือนจะเริ่มจับเวลาแทนทั้งนี้การจับเวลาจะเริ่มจากตำแหน่งศูนย์เสมอ

วิธีการจับเวลาแบบต่อเนื่อง และการจับเวลาซ้ำเป็นที่นิยมใช้ในการทำงานมากกว่าการจับเวลาสะสม เนื่องจากอุปกรณ์จับเวลาแบบสะสมจะหาได้ยากกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ใน 2 วิธีแรก แต่อย่างไรก็ตามการจับเวลาสะสมจะได้เปรียบกว่าการจับเวลาซ้ำ เนื่องจากหากเกิดความผิดพลาดไม่ได้จับเวลางานย่อยช่วงใดไป ก็จะไม่เกิดผลกระทบต่อเวลาทั้งหมดจึงเป็นที่นิยมใช้มากกว่าในงานที่มีระยะเวลาสั้นมากๆ ถึงแม้ว่าวิธีการจัดเวลาซ้ำจะให้ความสะดวกในการทำงานมากกว่า คือ ไม่ต้องนำข้อมูลที่อ่านได้มาหักลบระหว่างกันอีกสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ทันที ดังนั้นในกรณีที่งานย่อยแต่ละงานนั้นมีระยะเวลาในการทำงานค่อนข้างยาว การใช้วิธีการจับเวลาซ้ำก็น่าจะเหมาะสมกว่า

จ. หาจำนวนครั้งในการจับเวลา

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลก็มีความสำคัญในการวิเคราะห์เช่นกัน เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นทางสถิติ ในการทำงานโดยทั่วไปมักจะทำการเก็บข้อมูลทดลองจำนวนหนึ่ง

ขึ้นมาเพื่อใช้กำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องใช้ในการเก็บจริง ซึ่งจำนวนข้อมูลที่ต้องใช้ในการเก็บข้อมูล ดังแสดงในสมการ 2.1 ดังนี้

$$n = \left[\frac{40\sqrt{n' \sum X^2 - (\sum X^2)}}{\sum X} \right]^2 \quad (2.1)$$

กำหนดให้ n คือ จำนวนข้อมูลที่จะต้องทำการศึกษา

n′ คือ จำนวนข้อมูลของกลุ่มทดลอง

X คือ ค่าที่บันทึกได้

เมื่อได้จำนวนข้อมูลที่จะต้องทำการศึกษาแล้ว จึงนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาไปแล้วว่าเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอจึงทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป การบันทึกข้อมูลแต่ละครั้งมีข้อมูลบางตัวที่ควรจะบันทึกก่อนลงมือทำงานจริง เพื่อป้องกันไม่ให้พลาดข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป เช่น วันที่บันทึก แผนก และบุคคลที่ทำการศึกษา นอกจากนี้การเก็บข้อมูลโดยไม่ให้ผู้ที่ปฏิบัติงานรู้ตัวก็เป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากผู้ปฏิบัติส่วนใหญ่ มักจะตื่นเต้น ทำงานผิดไปจากเดิมเมื่อมีผู้มาสังเกตหรือในบางครั้งผู้ปฏิบัติงานอาจไม่ได้ปฏิบัติงานตามความเป็นจริง เช่น ทำงานช้าหรือเร็วกว่าปกติ ซึ่งอาจทำได้โดยการคุยกับผู้ปฏิบัติงาน ถึงความจำเป็นในการบันทึกข้อมูลหรือใช้วิธีการเก็บข้อมูลโดยไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานรู้ตัว

ฉ. หาอัตราสมรรถนะการทำงาน (Performance Rating)

ในการจับเวลา และบันทึกการทำงาน จะมีกรณีที่มีเวลาที่บันทึกอาจจะสูงเกินไปหรือต่ำเกินไปซึ่งอาจจะใช้วิธีการตัดเวลาดังกล่าวออกจากข้อมูลที่บันทึกได้ อย่างไรก็ตามมักจะพบว่า เวลาที่จับได้สูงหรือต่ำเกินไปนั้นมีส่วนที่เกิดจากเงื่อนไขของวัสดุซึ่งน่าจะเป็นส่วนของงานที่ทำให้เวลาที่บันทึกได้เป็นไปตามความเป็นจริงจึงไม่ควรจะขจัดเวลาเหล่านี้ออกไปทั้ง ๆ ที่เป็นเวลาที่ค่อนข้างจะผิดปกติก็ตาม แนวทางการใช้ข้อมูลเวลาที่บันทึกได้โดยใช้ค่าเวลาเฉลี่ยหรือค่าเวลาฐานนิยมยังไม่สามารถแก้ปัญหาด้านข้อมูลเวลาที่อาจจะเบี่ยงเบนไป เนื่องจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจของคนงานในการทำให้เวลาทำงานเร็วขึ้นหรือช้าลงได้ ซึ่งการประเมินอัตราความเร็วของกาทำงานของคนงานระหว่างการศึกษาเวลาเป็นส่วนที่ยุ่งยาก และสำคัญมากในปัญหาของการจับเวลา และบันทึกเวลา

โดยปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดความจำเป็นในการปรับค่าเวลาที่ได้ให้เหมาะสมโดยการใช้ค่าองค์ประกอบการประเมิน (Rating Factor) ดังสมการ 2.2

ค่าเวลาที่เลือก × องค์ประกอบการประเมิน = ค่าเวลาปกติของงาน (2.2)

มาตรฐานความสามารถในการทำงาน (Standard Performance) คือ อัตราการทำงานที่คนงานที่เหมาะสมทำงานได้โดยไม่ต้องเร่งการทำงานเกินกว่าอัตราการทำงานเฉลี่ยของเขาในแต่ละวันภายใต้เงื่อนไขว่า คนงานเข้าใจวิธีการทำงานเป็นอย่างดี และพอใจที่จะทำงานนั้น องค์ประกอบที่มีผลต่ออัตราการทำงานประกอบด้วย องค์ประกอบที่อยู่เหนือการควบคุมของคนงาน และองค์ประกอบที่อยู่ภายใต้การควบคุมของคนงาน

ช. หาเวลาเผื่อการทำงาน (Allowances)

การกำหนดเวลาเผื่อ การคำนวณเวลาปกติจากการใช้เวลาเลือก เมื่อปรับด้วยค่าองค์ประกอบการประเมิน จะยังถือเป็นเวลามาตรฐานไม่ได้ เนื่องจากยังไม่ได้ครอบคลุมเวลาเผื่อสำหรับการทำงาน ดังนี้

(1) เวลาเผื่อกิจส่วนตัว (Personal Allowance)

(2) เวลาเผื่อความเมื่อยล้า (Fatigue Allowance)

(3) เวลาเผื่อความล่าช้า (Delay Allowance)

เวลาเผื่อ เป็นเวลาที่เพิ่มให้จากเวลาปกติของคนงานที่เหมาะสมเพื่อกิจธุระส่วนตัว เพื่อลดความเมื่อยล้า และเผื่อสำหรับความล่าช้าของกิจกรรมรอต่าง ๆ เวลาเผื่อเพื่อกิจส่วนตัว อาทิเช่น เข้าห้องน้ำ ล้างมือ ดื่มน้ำ จะถูกกำหนดให้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะความหนักเบาของงาน ระยะเวลาทำงาน เงื่อนไขการทำงาน เวลาเผื่อสำหรับกิจส่วนตัวอาจจะสูงกว่า 5 % ของเวลาปกติ การทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันโดยไม่มีการพักเลยจะมีเวลาที่เป็นกิจส่วนตัว 2-5 % เวลาเผื่อส่วนตัวจะต้องสูงมากขึ้นถ้าเงื่อนไขการทำงานเลวลง อาทิเช่น งานหนัก ร้อน ฝุ่นจัด เสียงดังเหม็น ชื้น เวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจำเป็นสำหรับงานที่มีเงื่อนไขการทำงานที่จะสร้างความเมื่อยล้าในการทำงานได้มาก อาทิเช่น งานหนัก สภาพแวดล้อมการทำงานไม่ดี มีความเครียดในการทำงาน ระยะเวลาในการทำงาน ฯลฯ คนจำเป็นต้องพักเมื่อรู้สึกว่าทำงานแล้วเกิดความเมื่อยล้า ปัญหาก็คือ ควรให้เวลาสำหรับการพักผ่อนเป็นเวลามากน้อยเท่าใดซึ่งเวลาพักผ่อนนี้จะแปรผันไปตามสุขภาพ เพศ และวัยของคนงานรวมทั้งลักษณะของงานที่ทำ เงื่อนไขการทำงาน วิธีการทำงาน และสภาพแวดล้อมการทำงานสำหรับงานทั่วไป กำหนดเวลาเผื่อไว้ประมาณ 4 % การทำงานที่เบา

และมีช่วงเวลาพักผ่อนเพียงพอในระหว่างวัน ไม่จำเป็นต้องมีเวลาเผื่อความเมื่อยล้า เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า เป็นเวลาเผื่อสำหรับสาเหตุอันเนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนเครื่องมือ เครื่องจักร หรือเวลาที่เสียไปเนื่องจากเครื่องจักรชำรุดไฟฟ้าดับ ขาดแคลนวัสดุ วัสดุมาไม่ทัน รอเครื่องมือ

ซ. หาเวลาการทำงานปกติ (Normal Time)

เมื่อมีการจับเวลาบันทึกข้อมูลเวลาตามจำนวนวัฏจักรให้ได้ระดับความเชื่อมั่นและระดับความผิดพลาดที่ต้องการแล้วจะสามารถหาเวลาเลือกซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ยหรือค่าฐานนิยมของข้อมูลเวลาจากนั้นจะปรับค่าองค์ประกอบการประเมิน ทำให้ได้ค่าเวลาปกติ เมื่อปรับค่าเวลาเผื่อจะได้เป็นเวลามาตรฐาน

การกำหนดหาเวลามาตรฐานจากค่าเวลาปกติปรับค่าเวลาเผื่อทำได้ 2 วิธี ดังสมการ 2.3 และ 2.4

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + (\text{เวลาปกติ} \times \%\text{เวลาเผื่อ}) \quad (2.3)$$

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} \times [100/(100-\%\ \text{เวลาเผื่อ})] \quad (2.4)$$

ในการศึกษาเวลาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐาน จะใช้กระบวนการปรับค่าเวลาของทุก ๆ งานย่อยด้วยค่าองค์ประกอบการประเมิน และค่าเวลาเผื่อได้ค่ามาตรฐานเวลาของแต่ละงานย่อย รวมเวลามาตรฐานของทุก ๆ งานย่อยเป็นเวลามาตรฐานของงานหรือจะใช้กระบวนการหาค่าองค์ประกอบการประเมินเฉลี่ย แล้วเอาผลรวมของเวลาเลือกมาหาเวลาปกติ และหาเวลามาตรฐานของงานโดยการปรับค่าเวลาเผื่อ

ประโยชน์ของการศึกษาเวลา [26]

(1) เพื่อใช้หากำหนดการ และการวางแผนการทำงาน และการผลิต
(2) ใช้หาค่าใช้จ่ายมาตรฐาน และช่วยประมาณงบใช้จ่าย ราคาของผลิตภัณฑ์
(3) ใช้หาประสิทธิภาพการทำงานของคน และเครื่องจักร
(4) ใช้เวลาเป็นข้อมูลในการสมดุลสายการผลิต
(5) หาเวลามาตรฐานที่ใช้เป็นตัวฐานในการจ่ายค่าตอบแทน

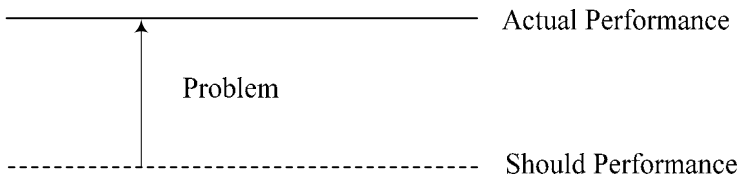
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในการแก้ไขปัญหาตามขั้นตอนการดำเนินการคิวซีสตอรี่ (QC Story) ซึ่งเป็นเทคนิคการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพโดยเฉพาะข้อมูลเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ โดยการนำเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) ซึ่งเครื่องมือ และวิธีการเหล่านี้จะมีส่วนในการแก้ปัญหาเพิ่มคุณภาพ และประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาเริ่มจากการทำความเข้าใจขั้นตอนการดำเนินงานอย่างเป็นลำดับในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ไขปัญหาซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

3.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา

จากนิยามของปัญหาที่ว่า ปัญหา คือ ความเบี่ยงเบนของสมรรถนะที่เป็นจริง (Actual Performance) จากสมรรถนะที่ควรจะเป็น (Should Performance) หรือ เป้าหมายของการดำเนินงาน [29] ดังแสดงในภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3. 1 การนิยามปัญหา

ในขั้นตอนแรกการนิยามปัญหาจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการโดยอาศัยแนวความคิดคุณภาพที่ต้องให้ความสำคัญต่อลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งลูกค้าจะเป็นผู้ตัดสินเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพ และจะพิจารณาคุณภาพของผลงานภายใต้แนวความคิดของผู้ได้รับผลกระทบจากงาน ซึ่งประกอบด้วยลูกค้าภายใน และลูกค้าภายนอก โดยการแก้ปัญหาคุณภาพได้อาศัยแนวความคิดที่ว่า ถ้าสามารถ

สร้างความพึงพอใจต่อลูกค้าภายในได้แล้ว ย่อมจะสามารถสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้าภายนอกได้ด้วยเช่นกัน

3.2 การสำรวจสภาพปัจจุบัน

หลังจากกำหนดหัวข้อปัญหาได้เรียบร้อยแล้ว งานลำดับต่อไป คือ การสำรวจสภาพปัจจุบันเพื่อทำความเข้าใจกับสภาพของปัญหา เพื่อค้นหาสาเหตุเบื้องต้นหรืออาการของปัญหา หลังจากทำความเข้าใจกับการไหลของกระบวนการ (Process Flow Chart) ในการสังเกตการณ์เพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์ของปัญหานั้น ควรดำเนินการด้วยการทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการก่อน ไม่ว่าจะไปลักษณะทั่วไปของคลังสินค้ากรณีศึกษา และอุปกรณ์ที่ใช้ในคลังสินค้า เป็นต้น

3.3 การตั้งเป้าหมาย

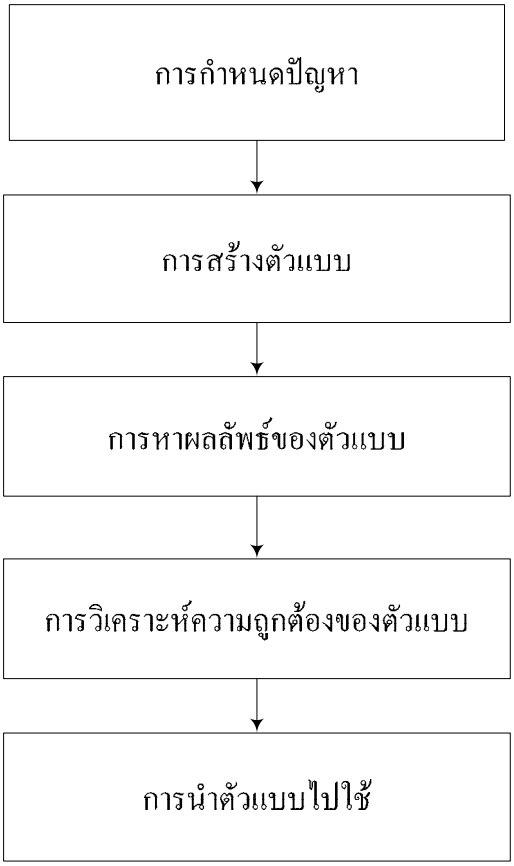
หลังจากสำรวจสภาพปัจจุบันแล้ว ในขั้นตอนต่อไป คือ การตั้งค่าเป้าหมายในการแก้ไข จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการสังเกตการณ์ผนวกกับเงื่อนไขในการนิยามปัญหาข้างต้น ปัญหา จากการศึกษาการทำงาน (Method Study) โดยการเก็บบันทึกข้อมูล และการศึกษาเวลา (Time Study) ในการวัดผลงาน เพื่อหาเวลา และอัตราการทำงานที่ควรจะเป็น โดยตัดสินเทียบกับค่าอ้างอิงในปัจจุบัน (Baseline) ที่ทำได้ภายใต้สภาวะปกติของกระบวนการ

3.4 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า (Root Causes Analysis : RCA) ของปัญหาเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหา โดยเริ่มต้นจากการหาสาเหตุเบื้องต้น (Primary Causes) ของปัญหาโดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุ และผลซึ่งยืนยันด้วยข้อมูลในอดีตกับปัจจุบัน โดยใช้ผังก้างปลาที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) หลังจากนั้นจัดลำดับความสำคัญของอาการของปัญหาเพื่อเลือกสาเหตุไปทำการพิสูจน์โดยพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยงชี้นำ

3.5 การกำหมดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกัน

การกำหนดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกันเป็นการป้องกันจากการเกิดขึ้นของสาเหตุไม่ให้เกิดปัญหานั้นซ้ำขึ้นมาอีก โดยดำเนินมาตรการแก้ไขจุดที่เป็นสาเหตุ เมื่อจุดที่เป็นสาเหตุไม่เกิดปัญหาก็จะไม่เกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นอีกต่อไป แต่เนื่องจากระบบจริงมีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อนในการปรับปรุงระบบเพราะจะทำให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงาน ดังนั้นจึงนำเอาเทคนิคการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการแก้ไข แบบจำลองสามารถสะท้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในคลังสินค้าสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ และประเมินความเหมาะสมของแนวทางต่างๆ ในการปรับปรุงระบบภายในคลังสินค้าโดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการนำมาตรการแก้ไขไปปฏิบัติ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.2 อันจะส่งผลให้การตัดสินใจปรับปรุงระบบคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 3. 2 แสดงขั้นตอนการจำลองแบบปัญหา

ที่มา : Law และ Kelton [23]

3.5.1 การกำหนดปัญหา

จากการศึกษาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แบบจำลองสถานการณ์จึงเป็นเครื่องมือวิเคราะห์เครื่องมือหนึ่งที่นำมาใช้จัดการคลังสินค้าเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์มาตรการแก้ไขสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการจ่ายออกสินค้าของงานคลังสินค้า โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบสถานการณ์

3.5.2 พัฒนาตัวแบบจำลองของระบบ

เมื่อทราบถึงจุดประสงค์ และเป้าหมายในการสร้างแบบจำลองแล้ว ขั้นถัดมาก็คือ การการสร้าง และพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ควบคู่ไปกับการการเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานของระบบ ทั้งนี้สามารถแบ่งแบบจำลองออกได้เป็น 3 ส่วนตามขั้นตอนการดำเนินงาน คือ 1) การเข้ามารับบริการของลูกค้า 2) การเบิกสินค้า และการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า 3) การจัดเรียงสินค้าขึ้นตู้สินค้าทั้งนี้แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกพัฒนาบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า ProModel

ส่วนข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ประกอบด้วย 1) ข้อมูลเวลาการเข้ามารับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย 2) ข้อมูลประเภท และจำนวนสินค้าแต่ละขนาดที่เบิกออก 3) ข้อมูลการแจกแจง และพารามิเตอร์ของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า 4) ข้อมูลระยะทางของที่จัดเก็บสินค้า และความน่าจะเป็นของสินค้าที่ถูกจัดเก็บ

3.5.3 การทวนสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์

การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification) เป็นการทวนสอบเพื่อพิจารณาว่าแบบจำลองที่ได้มีลักษณะ และพฤติกรรมตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ในการทวนสอบตัวแบบจำลองนั้นกระทำเพื่อให้ผู้พัฒนาตัวแบบมั่นใจว่า ตัวแบบที่สร้างขึ้นบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับระบบจริง

การทวนสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นสามารถเป็นตัวแทนของระบบที่ต้องการจะศึกษา และวิเคราะห์ได้หรือไม่ และมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่ผู้ใช้จะนำผลลัพธ์ของแบบจำลองที่แสดงถึงการ

ประเมินผลกระทบที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานภายในคลังสินค้าไปใช้ประกอบการตัดสินใจ

3.5.4 การประเมินทางเลือกของระบบ

เมื่อแบบจำลองที่สร้างขึ้น ผ่านการทดสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือเป็นที่เรียบร้อยแล้วกระบวนการต่อไปก็คือ การนำแบบจำลองที่ได้มาทดสอบการใช้งานจริง (Implementation) โดยการประเมินทางเลือกของระบบ (Scenarios) เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้น

จากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในบทถัดไป พบว่าสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถสรุปแยกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการจัดแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้า สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของผู้ส่งมอบในการจัดหารถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ดังนั้นเพื่อแสดงถึงประโยชน์ และแนวทางในการนำแบบจำลองสถานการณ์นี้ไปใช้งานจริง ในการทดสอบการใช้งานจริงของแบบจำลองนี้ จึงได้แบ่งออกเป็น 3 แนวทางตามปัญหาที่เกิดขึ้นโดยนำเสนอแนวทางในการแก้ไขสำหรับแต่ละปัญหา ดังนี้

3.5.4.1 การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการจัดวางแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละชนิด

ปัญหาเกี่ยวกับการจัดวางแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่พบในคลังสินค้ากรณีศึกษาส่วนใหญ่มีสาเหตุสืบเนื่องมาจากระบบการกำหนดตำแหน่งจัดวาง หรือการกำหนดพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละชนิดที่ใช้ในปัจจุบัน ยังอาศัยประสบการณ์ หรือการตัดสินใจของพนักงานคลังสินค้าเป็นหลัก ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงโอกาสในการประหยัดทรัพยากรโดยรวมบางครั้งอาจพบว่า พนักงานทำการจัดเก็บสินค้าที่มียอดจ่ายออกสูงไว้ที่บริเวณด้านหลังของคลังสินค้าในขณะที่สินค้าที่มียอดจ่ายออกต่ำกว่ากลับมาจัดเก็บในบริเวณด้านหน้าคลัง ซึ่งอยู่ใกล้กับบริเวณท่ารถ ส่งผลให้การส่งสินค้าให้กับลูกค้าเกิดความล่าช้า ใช้เวลาในการทำงานมากกว่าที่ควรจะเป็นส่งผลต่อค่าเป้าหมายโดยตรง อีกทั้งยังก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านทรัพยากรโดยไม่จำเป็นอีกด้วย

ในการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ จึงได้ทำการทดลองสลับพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละขนาด โดยวิเคราะห์ชนิดของสินค้า และตำแหน่งจัดเก็บของสินค้าซึ่งแบ่งออกเป็น 18 กลุ่มหลัก ตามยอดการเบิกออกของสินค้า สำหรับแบ่งประเภทการจัดเก็บตามกลุ่มสินค้า ABC (ABC Classification Storage Location Policy) คือ สินค้าจะถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยพิจารณาจากข้อมูลความถี่ในการหมุนเวียนสินค้า กลุ่มสินค้าที่มีอัตราหมุนมีอัตราหมุนเวียนสินค้าออกสูง (Fast Moving) ซึ่งคิดเป็น 81.61 เปอร์เซ็นต์ จะถูกกำหนดให้ถูกจัดเก็บในบริเวณที่ใกล้ท่าเทียบรถมากกว่ากลุ่มสินค้าที่มีอัตราหมุนเวียนสินค้าออกปานกลาง (Medium Moving) ซึ่งคิดเป็น 16.61 เปอร์เซ็นต์ และต่ำ (Slow Moving) ซึ่งคิดเป็น 1.78 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดให้แทนด้วยกลุ่ม A B และ C ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงได้ทำการสลับตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละชนิดเสียใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักที่ได้กล่าวไปแล้ว

ตารางที่ 3. 1 แสดงยอดเบิกออกของสินค้า 3 กลุ่มตามความถี่ในการหมุนเวียนสินค้าต่อเดือน

กลุ่มสินค้า	รายการสินค้า	ปริมาณสินค้าที่ถูกเบิกออก (พาเลต)	เปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าที่ถูกเบิกออก	เปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าสะสมที่ถูกเบิกออก
A	Thickness 17.0	2358	25.86	25.86
	Thickness 18.0	1485	16.29	42.15
	Thickness 15.0	964	10.57	52.72
	Thickness 9.0	906	9.94	62.66
	Thickness 12.0	903	9.90	72.56
	Thickness 25.0	825	9.05	81.61
	Thickness 16.0	481	5.28	86.88
B	Thickness 8.0	214	2.35	89.23
	Thickness 21.0	210	2.30	91.53

ตารางที่ 3.1 แสดงยอดเบิกออกของสินค้า 3 กลุ่มตามความถี่ในการหมุนเวียนสินค้าต่อเดือน(ต่อ)

กลุ่มสินค้า	รายการสินค้า	ปริมาณสินค้าที่ถูกเบิกออก (พาเลต)	เปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าที่ถูกเบิกออก	เปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าสะสมที่ถูกเบิกออก
	Thickness 11.0	176	1.93	93.46
	Thickness 10.0	137	1.50	94.97
	Thickness 6.0	109	1.20	96.16
	Thickness 14.5	100	1.10	97.26
	Thickness 4.5	88	0.97	98.22
C	Thickness 17.5	62	0.68	98.90
	Thickness 7.5	36	0.39	99.30
	Thickness 14.0	35	0.38	99.68
	Thickness 5.5	29	0.32	100.00

ดังนั้นในการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ จึงได้ทำการทดลองจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าตามระบบการจัดเก็บตามกลุ่มสินค้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. การจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบเดิม (Layout 0)

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบเดิม โดยการกำหนดตำแหน่งจัดวาง หรือกำหนดพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละชนิด โดยอาศัยวิจารณญาณ หรือการตัดสินใจของของพนักงานคลังสินค้า ทำให้สินค้าขนาดเดียวกันถูกจัดเก็บไว้หลายตำแหน่ง

ข. การจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 1 (Layout 1)

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบเปลี่ยนแปลงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บของสินค้าแต่ละกลุ่ม ตามข้อมูลยอดเบิกออกของสินค้าแต่ละกลุ่ม โดยจัดสินค้าที่มียอดเบิกออกสูง คือ กลุ่ม A ให้มีพื้นที่จัดเก็บอยู่ด้านหน้าคลังสินค้า และจัดสินค้าที่มียอดเบิกออกต่ำกว่า คือ กลุ่ม B และ C ตามลำดับ ให้ไปอยู่ในบริเวณที่ลึกเข้าไป ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงได้ทำการสลับตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าตามกลุ่มสินค้าเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการข้างต้น ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.2 และแสดงในภาพประกอบ 3.3 โดยภาพประกอบดังกล่าว ใช้สัญลักษณ์แทนตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ดังนี้

คือ กลุ่มสินค้า A

คือ กลุ่มสินค้า B

คือ กลุ่มสินค้า C

ตารางที่ 3. 2 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละกลุ่ม

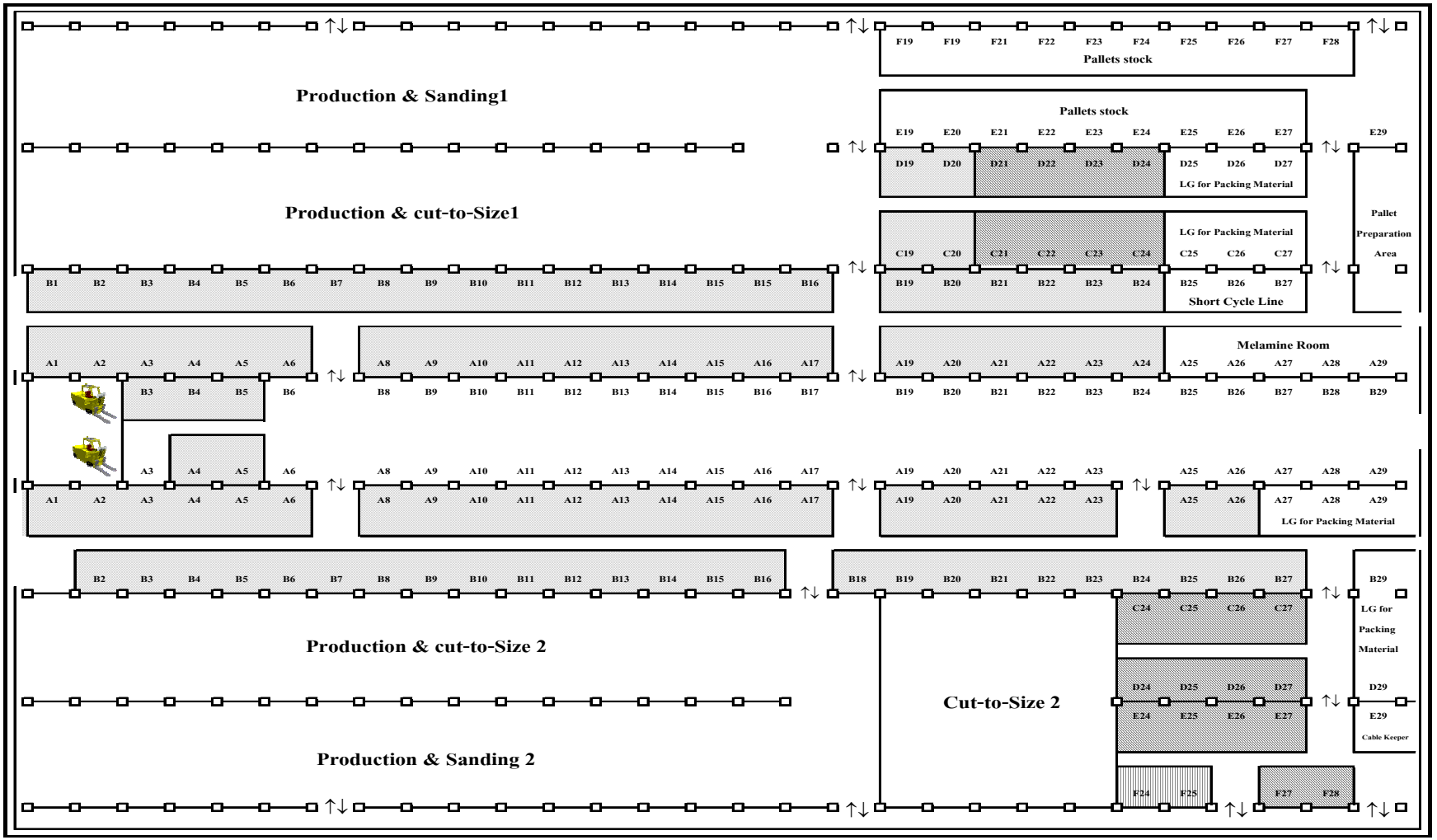
กลุ่มสินค้า	เปอร์เซ็นต์สินค้าสะสมที่ถูกเบิกออก	พื้นที่จัดเก็บ	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บ (พาเลต)	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บทั้งหมด (พาเลต)
		line1 A 1-24	1390	
		line1 B 1-24	1280	
		line1 C 19-20	120	
A	81.61	line1 D 19-20	120	6220
		line2 A 1-26	1490	
		line2 B 2-27	1500	
		line3 A 4-5	140	
		line3 B 3-5	180	
B	16.61	line1 C 21-24	240	1320
		line1 D 21-24	240	

ตารางที่ 3. 2 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละกลุ่ม (ต่อ)

กลุ่ม สินค้า	เปอร์เซ็นต์ สินค้าสะสมที่ถูกเบิกออก	พื้นที่จัดเก็บ	ปริมาณสินค้าที่ จัดเก็บ (พาเลต)	ปริมาณสินค้าที่ จัดเก็บทั้งหมด (พาเลต)
		line2 C 24-27	240	
		line2 D 24-27	240	
		line2 E 24-27	240	
		Line2 F 26	60	
		line2 F 28	60	
C	1.78	Line2 F 24-25	120	120
รวม				7660

ทั้งนี้แผนผังดังกล่าวได้แบ่งตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บตามกลุ่มสินค้าออกเป็น 3 กลุ่มสินค้า ทำให้เวลาในการดำเนินการเคลื่อนย้ายสินค้าลดลง และค้นหาได้เร็วขึ้น ทำให้แผนผังการจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 1 ที่เป็นการจัดแผนผังแบบสุ่ม (Random Storage Location) ซึ่งจะมีความยืดหยุ่นในการทำงานมากกว่าแบบที่ 2 ที่เป็นการจัดแผนผังแบบตายตัว (Fix Storage Location) ที่ทำการแบ่งตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บตามขนาดในแต่ละกลุ่มสินค้า คือ กลุ่ม A สินค้าแบ่งออกเป็น 6 รายการ ส่วนกลุ่ม B สินค้าแบ่งออกเป็น 8 รายการ และกลุ่ม C สินค้าแบ่งออกเป็น 4 รายการซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในส่วนถัดไป ทำให้แผนผังการจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 สามารถค้นหาสินค้าเร็วกว่าแบบที่ 1

แต่อย่างไรตามในการหาตัวแบบที่ได้ที่สุดในการประเมินทางเลือกของระบบจำเป็นต้องใช้แบบจำลองสถานการณ์จำลองการเข้ามาของลูกค้า และความถี่ในการเบิกออกที่ได้จากระบบจริงเข้ามาเป็นเงื่อนไขในการประเมิน ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์นี้จะถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบหรือข้อมูลในการตัดสินใจปรับปรุงระบบต่อไป ซึ่งแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ไว้ในบทถัดไป



ภาพประกอบ 3. 3 แผนผังแสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละกลุ่ม

ค. การจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 (Layout 2)

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบเปลี่ยนแปลงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บของสินค้าแต่ละขนาด ตามข้อมูลยอดเบิกออกของสินค้าแต่ละขนาด โดยจัดสินค้าที่มียอดเบิกออกสูงคือ สินค้าขนาด 17.0 ขนาด 18.0 ขนาด 15.0 ขนาด 9.0 ขนาด 12.0 และขนาด 25.0 ในกลุ่ม A ให้มีพื้นที่จัดเก็บอยู่ด้านหน้าคลังสินค้า และจัดสินค้าที่มียอดเบิกออกต่ำกว่าคือ กลุ่ม B คือ สินค้าขนาด 16.0 ขนาด 8.0 ขนาด 21.0 ขนาด 11.0 ขนาด 10.0 ขนาด 6.0 ขนาด 14.5 ขนาด 4.5 ส่วนกลุ่ม C คือ สินค้าขนาด 17.5 ขนาด 7.5 ขนาด 14.0 ขนาด 5.5 ให้ไปอยู่ในบริเวณที่ลึกเข้าไปตามลำดับ ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงได้ทำการสลับตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าตามขนาดสินค้า เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการข้างต้นซึ่งได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และแสดงในภาพประกอบ 3.4 โดยภาพประกอบดังกล่าว ใช้สัญลักษณ์แทนตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ดังนี้

คือ กลุ่มสินค้า A รายการสินค้า Thickness 17.0

คือ กลุ่มสินค้า A รายการสินค้า Thickness 18.0

คือ กลุ่มสินค้า A รายการสินค้า Thickness 15.0

คือ กลุ่มสินค้า A รายการสินค้า Thickness 9.0

คือ กลุ่มสินค้า A รายการสินค้า Thickness 12.0

คือ กลุ่มสินค้า A รายการสินค้า Thickness 25.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 16.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 8.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 21.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 11.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 10.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 6.0

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 14.5

คือ กลุ่มสินค้า B รายการสินค้า Thickness 4.5

คือ กลุ่มสินค้า C รายการสินค้า Thickness 17.5

คือ กลุ่มสินค้า C รายการสินค้า Thickness 7.5 รายการสินค้า Thickness 14.0 และ รายการสินค้า Thickness 5.5

ตารางที่ 3. 3 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละขนาด

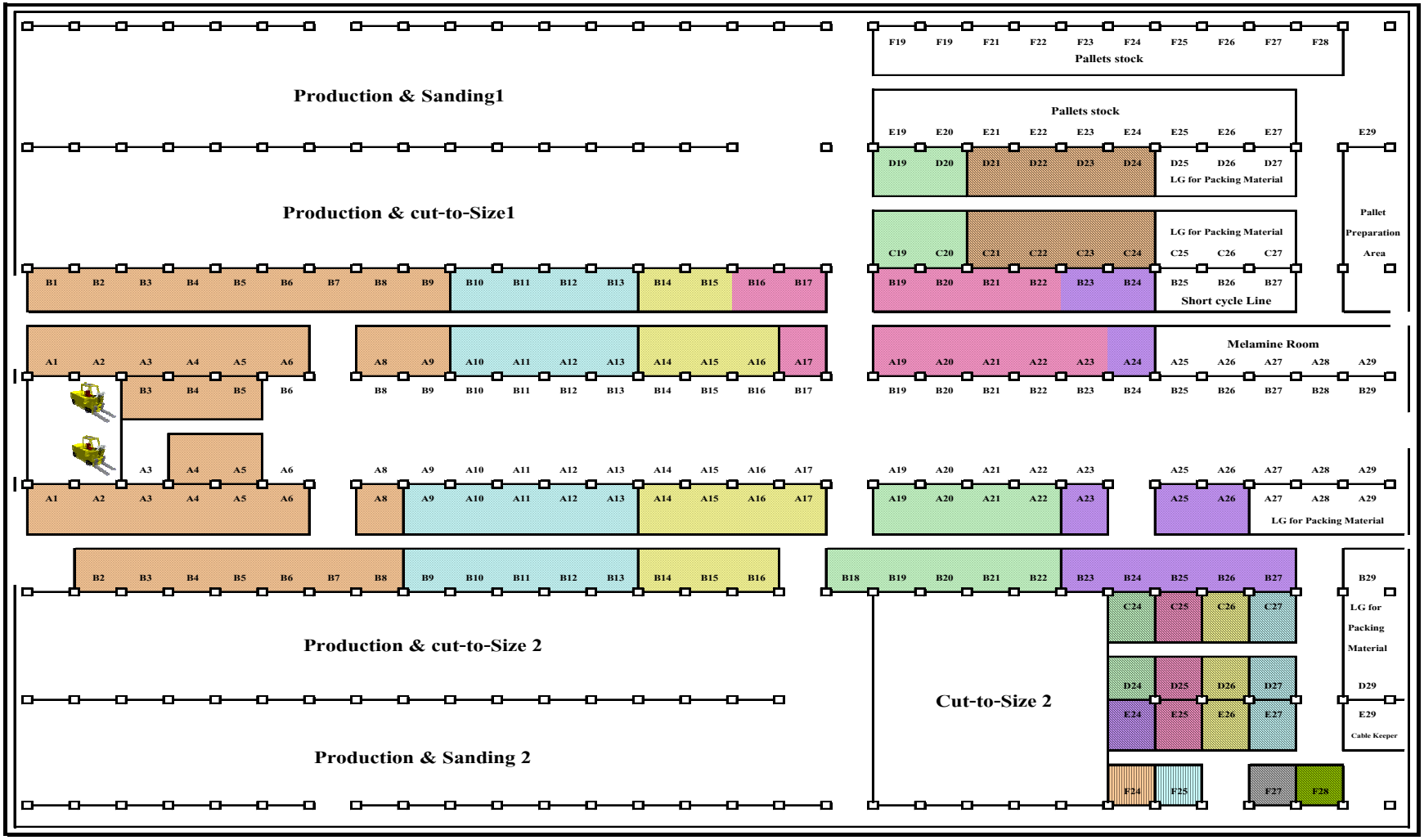
กลุ่มสินค้า	รายการสินค้า	เปอร์เซ็นต์สินค้าที่ถูกเบิกออก	พื้นที่จัดเก็บ	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บ (พาเลต)	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บทั้งหมด (พาเลต)
			line1 A 1-9	410	
			line1 B 1-9	440	
			line2 A 1-8	370	
	Thickness 17.0	25.86			1960
			line2 B 2-8	420	
			line3 A 4-5	140	
A			line3 B 3-5	180	
			line1 A 10-13	280	
			line1 B 10-13	240	
	Thickness 18.0	16.29			1170
			line2 A 9-13	350	
			line2 B 9-13	300	
	Thickness 15.0	10.57	line1 A 14-16	210	850
			line1 B 14-15	120	
			line2 A 14-17	280	
			line2 B 14-16	240	
			line1 A 17-23	420	
	Thickness 9.0	9.94			780
			line1 B 16-22	360	
	Thickness 12.0	9.90	line2 A 19-22	240	760

ตารางที่ 3.3 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละขนาด (ต่อ)

กลุ่มสินค้า	รายการสินค้า	เปอร์เซ็นต์สินค้าที่ถูกเบิกออก	พื้นที่จัดเก็บ	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บ (พาเลต)	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บทั้งหมด (พาเลต)
			line2 B 19-22	280	
			line1 C 19-20	120	
			line1 D 19-20	120	
			line1 A 24	70	
			line1 B 23-24	120	
	Thickness 25.0	9.05	line2 A 23-26	210	700
			line2 B 23-27	300	
			line1 C 21-24	240	
	Thickness 16.0	5.28	line1 D 21-23	180	420
B			line2 C 27	60	
	Thickness 8.0	2.35	line2 D 27	60	180
			line2 E 27	60	
			line2 C 26	60	
	Thickness 21.0	2.30	line2 D 26	60	180
			line2 E 26	60	
	Thickness 11.0	1.93	line2 C 25	60	180

ตารางที่ 3.3 แสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละขนาด (ต่อ)

กลุ่มสินค้า	รายการสินค้า	เปอร์เซ็นต์สินค้าที่ถูกเบิกออก	พื้นที่จัดเก็บ	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บ (พาเลต)	ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บทั้งหมด (พาเลต)
			line2 D 25	60	
			line2 E 25	60	
			line2 C 24	60	
	Thickness 10.0	1.50	line2 D 24	60	120
			line1 D 25	60	
	Thickness 6.0	1.20	line2 E 24	60	120
	Thickness 14.5	1.10	line2 F 28	60	60
	Thickness 4.5	0.97	line2 F 26	60	60
	Thickness 17.5	0.68	line2 F 24	60	60
	Thickness 7.5	0.39			
C	Thickness 14.0	0.38	line2 F 25	60	60
	Thickness 5.5	0.32			
รวม					7660



ภาพประกอบ 3. 4 แผนผังแสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ตามยอดเบิกออกของสินค้าต่อเดือนในแต่ละขนาด

3.5.4.2 การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า

จากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักของปัญหาที่พนักงานคลังสินค้าต้องทำงานล่วงเวลาอยู่บ่อยๆ เนื่องมาจากการรอตู้สินค้าของผู้ส่งมอบเข้ามารับสินค้า แต่เพื่อให้สามารถจ่ายออกสินค้าได้ตามกำหนด และสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างเต็มที่ การทำงานล่วงเวลาจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลียงไม่ได้ การที่พนักงานภายในคลังสินค้าต้องทำงานล่วงเวลาอยู่บ่อยๆ นั้น ก่อให้เกิดผลเสียหลายประการ ทั้งในแง่ของบริษัทซึ่งจะต้องจ่ายค่าล่วงเวลาให้กับพนักงาน ในแง่ของตัวพนักงานเองการทำงานล่วงเวลาอยู่บ่อยๆ ก็ย่อมจะส่งผลให้สุขภาพของเจ้าหน้าที่ทรุดโทรมลง ประสิทธิภาพในการทำงานก็ลดลง ดังนั้นหากสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ก็จะเป็นการดีต่อทั้งทางบริษัทและพนักงานเอง

ดังนั้นในการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ จึงได้ทำการทดลองเพิ่มจำนวนรถบรรทุกให้สามารถเข้ามารับสินค้าได้ตรงตามเวลาอย่างสม่ำเสมอ โดยปริมาณของรถบรรทุกแต่ละขนาดในสัดส่วนเดิม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. จำนวนรถบรรทุกที่ระดับเดิม (+0 Trucks) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30 คันต่อวัน

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีอัตราการเข้ามาของใบรับสินค้าตามการแจกแจงเดิม โดยหารูปแบบการแจกแจง และพารามิเตอร์ของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม ProModel ที่เรียกว่า “Stat Fit” ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในบทถัดไป

ตารางที่ 3. 4 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่ระดับเดิม

ข้อมูล	การแจกแจง	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
ระยะห่างของเวลาการเข้ามาของใบรับสินค้ารถเทรลเลอร์	Lognormal	L(2.75,1.4)	นาทีต่อใบ
ระยะห่างของเวลาการเข้ามาของใบรับสินค้ารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	Exponential	E(7.27)	นาทีต่อใบ
ระยะห่างของเวลาการเข้ามาของใบรับสินค้ารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต	Lognormal	L(1.83,0.968)	นาทีต่อใบ

ข. การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 10 คัน (+10 Trucks) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40 คันต่อวัน

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีอัตราการเข้ามาตามสัดส่วนจริงในระบบ แต่มีจำนวนรอบในการเข้ามาถี่มากขึ้น เพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์มีการจ่ายออกสินค้า 40 คันต่อวัน โดยสินค้าจะทุกจัดส่งโดยรถเทรลเลอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต 15 เปอร์เซ็นต์ และอีก 55 เปอร์เซ็นต์จะถูกขนส่งโดยรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงที่สุด ดังนั้นหากต้องการให้แบบจำลองสถานการณ์มีการจ่ายออกสินค้า 40 คันต่อวัน จะต้องให้ใบรับสินค้าของรถเทรลเลอร์เข้ามาทุก ๆ 10 นาที เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3. 5 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่เพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 10 คัน

ข้อมูล	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
ระยะห่างเวลาของการเข้ามาของใบรับสินค้าสำหรับรถเทรลเลอร์	10.00	นาทีต่อใบ
ระยะห่างเวลาของการเข้ามาของใบรับสินค้าสำหรับรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	1.75	นาทีต่อใบ
ระยะห่างเวลาของการเข้ามาของใบรับสินค้าสำหรับรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต	3.00	นาทีต่อใบ

ค. การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน (+30 Trucks) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60 คันต่อวัน

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีอัตราการเข้ามาของใบรับสินค้าของรถบรรทุกสินค้าเข้ามาตามสัดส่วนเช่นเดียวกัน เพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์มีการจ่ายออกสินค้า 60 คันต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3. 6 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่เพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน

ข้อมูล	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
ระยะห่างเวลาของการเข้ามาของใบรับสินค้าสำหรับรถเทรลเลอร์	6.00	นาทีต่อใบ

ตารางที่ 3. 6 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาของใบรับสินค้าที่เพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน (ต่อ)

ข้อมูล	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
ระยะห่างเวลาของการเข้ามาของใบรับสินค้าสำหรับรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	1.25	นาทีต่อใบ
ระยะห่างเวลาของการเข้ามาของใบรับสินค้าสำหรับรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต	2.00	นาทีต่อใบ

3.5.4.3 การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า

การวางแผนจัดสรรทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินงานให้มีความเหมาะสมกับปริมาณงานที่สำคัญในที่นี้จะหมายถึง รถยก เมื่อทำการเพิ่มจำนวนรถยกในส่วนคลังสินค้าซึ่งเป็นส่วนสนับสนุนการทำงานของเครื่องจักรซึ่งเป็นปัญหาของสาเหตุการรอพาเลตพลิกก่อนนำสินค้าขึ้นตู้ และจากทดสอบด้วยแบบจำลองพบว่าพนักงานรถยกในส่วนคลังสินค้ามีค่าอรรถประโยชน์โดยเฉลี่ย (Average Utilization) ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พนักงานรถยกในส่วนท่าเทียบรถมีค่าอรรถประโยชน์โดยเฉลี่ยประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ จึงได้ทำการทดลองลดจำนวนรถยกในส่วนท่าเทียบรถออกจากระบบ และทำการเพิ่มจำนวนรถยกในส่วนคลังสินค้าในระบบ ทั้งนี้เนื่องจากค่าอรรถประโยชน์ของพนักงานรถยกในส่วนของคลังสินค้ามีค่าสูงกว่าค่าอรรถประโยชน์ของพนักงานรถยกในส่วนท่าเทียบรถ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. การลดจำนวนรถยกลง 1 คัน (-1 Forklift)

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีจำนวนรถยกทั้งหมด 3 คัน คือ 1 คันสำหรับท่าเทียบรถ และอีก 2 คันสำหรับคลังสินค้า

ข. จำนวนรถยกที่ระดับเดิม (0 Forklift)

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีจำนวนรถยกทั้งหมด 4 คัน คือ 2 คันสำหรับท่าเทียบรถ และอีก 2 คันสำหรับคลังสินค้า

ค. การเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คัน (+1 Forklift)

การทดสอบแบบจำลองสถานการณ์นี้ กำหนดให้ระบบมีจำนวนรถยกทั้งหมด 5 คัน คือ 2 คันสำหรับท่าเทียบรถ และอีก 3 คันสำหรับคลังสินค้า

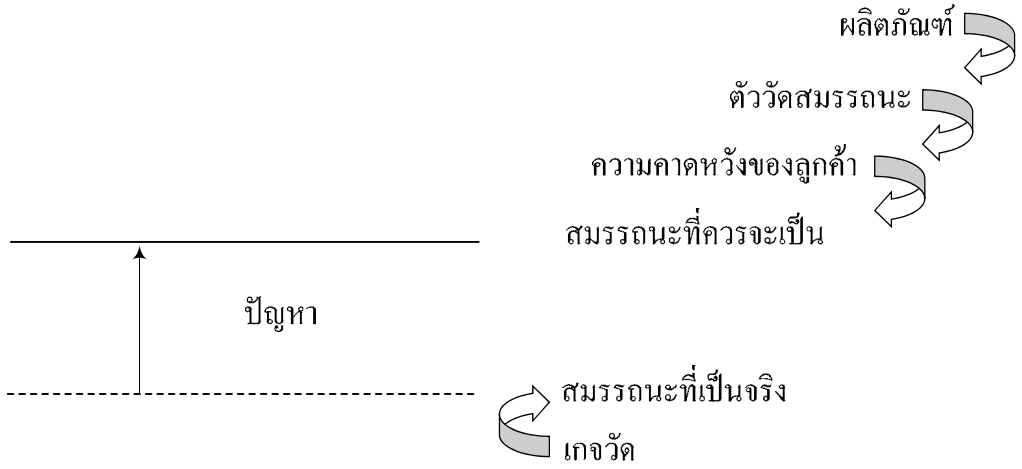
บทที่ 4

การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

ในการดำเนินแก้ไขปัญหาอย่างเป็นสตอรี (Story) ให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้น มีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจขั้นตอนการดำเนินงานอย่างเป็นลำดับในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ไขปัญหา ซึ่งในบทนี้จึงเป็นผลการดำเนินการวิจัย ดังแสดงรายละเอียดดังนี้

4.1 การกำหนดหัวข้อปัญหา

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ว่า ปัญหา คือ ความเบี่ยงเบนของสมรรถนะที่เป็นจริงจากสมรรถนะที่ควรจะเป็น หรือเป้าหมายของการดำเนินงาน ดังนั้นในการนิยามปัญหาคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการนิยามโดยอาศัยแนวคิดด้านคุณภาพ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.1



ภาพประกอบ 4. 1 การนิยามปัญหา

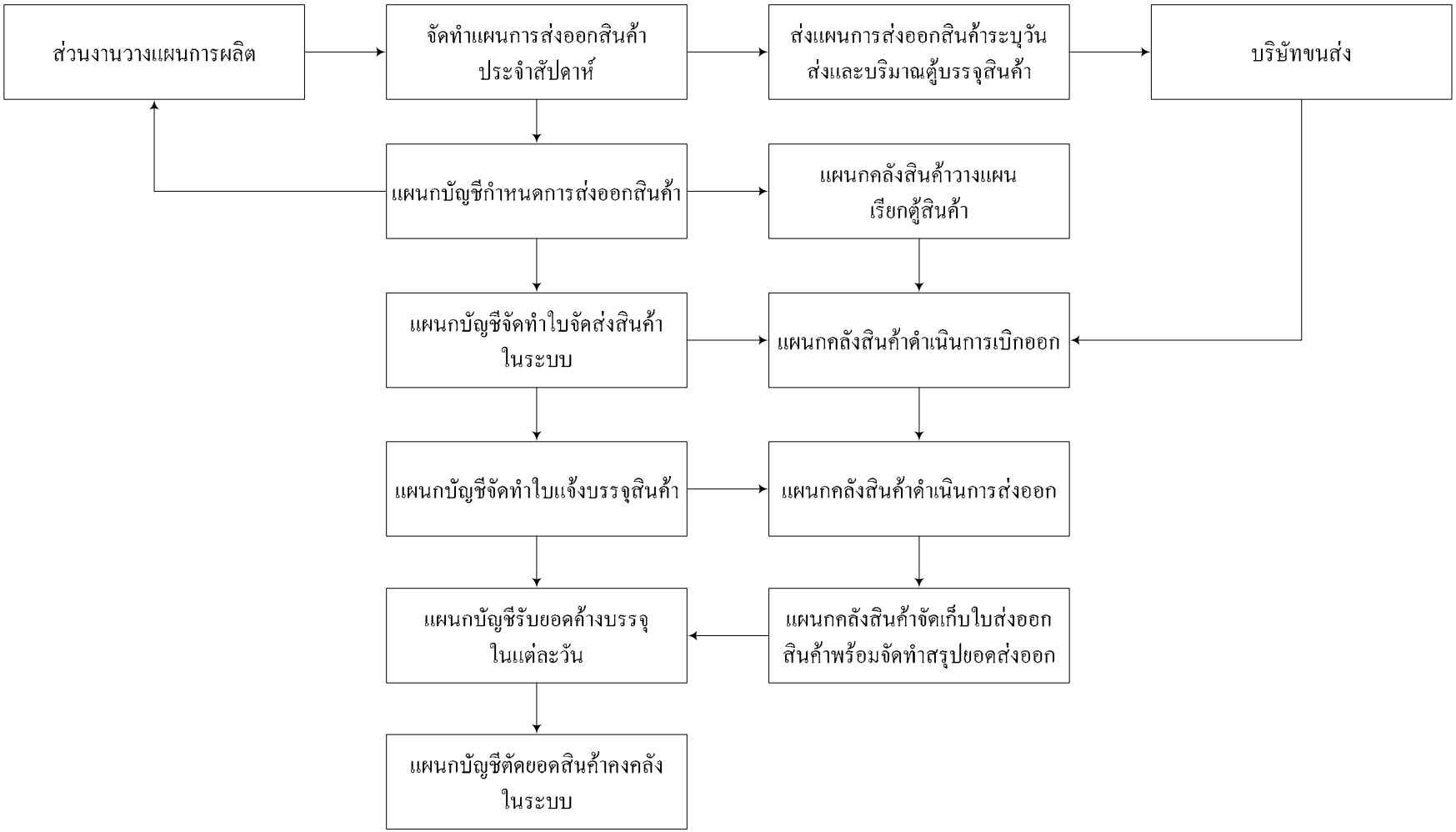
ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ [29]

จากแนวความคิดดังกล่าว การกำหนดหัวข้อปัญหาเริ่มต้นจากการนิยามถึงภารกิจที่รับผิดชอบในรูปของกระบวนการ โดยกระบวนการดังกล่าวสามารถอธิบายถึงกิจกรรม และความสัมพันธ์ของกิจกรรมในแต่ละส่วนของกระบวนการทำงานของแผนกคลังสินค้ากับแผนกที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในภาพประกอบ 4.2 ซึ่งจะแสดงในรูปของแผนผังการไหลของกระบวนการ ทำให้พิจารณาได้ว่าลูกค้าภายในของแผนกคลังสินค้าสำหรับกรณีศึกษา คือ แผนกบัญชี ซึ่งได้รับผลกระทบจากงานที่แผนกคลังสินค้าส่งมอบ เมื่อแผนกบัญชีรับข้อมูลจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้จากแผนกคลังสินค้าส่งให้ในแต่ละวันเพื่อจัดทำรายงานการขายประจำเดือน เมื่อพิจารณาวันทำงานที่มีจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ไม่แตกต่างกัน พบว่าบางวันต้องมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้น ทั้งที่จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้มีจำนวนไม่แตกต่างกันกับวันที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทำงานในส่วนนี้มีปัญหา โดยมีจำนวนสินค้าที่แผนกคลังสินค้าจ่ายออกได้ เป็นผลิตภัณฑ์ของกระบวนการ

เมื่อนิยามถึงผลิตภัณฑ์ได้แล้ว จะต้องนิยามถึงตัวชี้วัดสมรรถนะที่สำคัญ หรือจุดควบคุมของกระบวนการเพื่อใช้ตรวจสอบการดำเนินซึ่งจัดอยู่ในรูปของลำดับชั้นขององค์กรที่มีการนำไปใช้ดังนี้ ตัวชี้วัดทางธุรกิจของระดับผู้บริการ คือ ต้นทุน ในขณะที่ตัวชี้วัดของระดับผู้จัดการ คือ จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ และในระดับผู้ปฏิบัติงาน เวลา จึงเป็นตัววัดสมรรถนะของระบบที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งโดยปกติตัววัดในแต่ละลำดับชั้นย่อมมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน

เมื่อกำหนดตัววัดสมรรถนะได้แล้ว ให้ทำการกำหนดค่าที่ควรจะเป็น โดยพิจารณาจากความคาดหวังของลูกค้าภายใน และอาจเรียกค่าดังกล่าวว่า ค่าเป้าหมาย ซึ่งจะแสดงรายละเอียดไว้ในส่วนถัดไป จากนั้นให้ทำการกำหนดเกจวัดเพื่อประเมินสมรรถนะที่เป็นจริงของการดำเนินงาน ซึ่งในที่นี้ คือ เวลาการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า

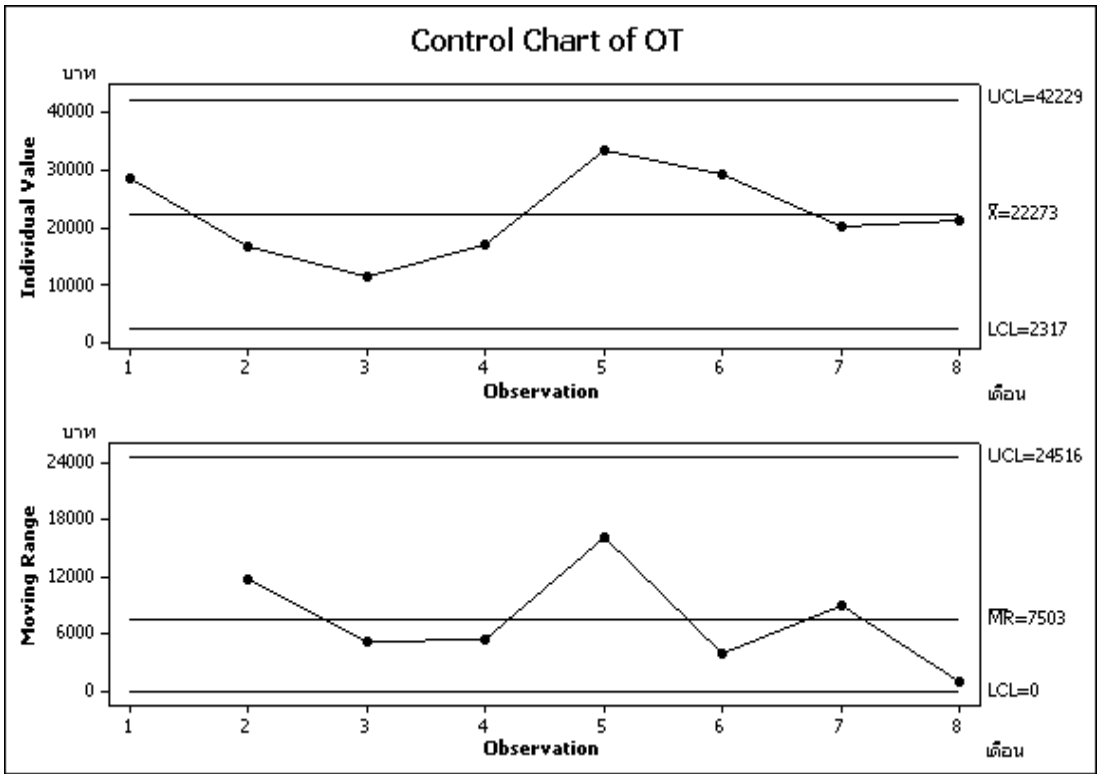
หลังจากกำหนดลูกค้าภายในได้แล้ว ลำดับถัดไป คือ ดำเนินการกำหนดความคาดหวังของลูกค้าเพื่อนิยามปัญหา โดยพิจารณาความคาดหวังของแผนกบัญชี พบว่าแผนกคลังสินค้ามีต้นทุนการปฏิบัติงานคลังสินค้าในส่วนของต้นทุนค่าแรงที่เกิดจากการทำงานล่วงเวลาสูง จึงกำหนดหัวข้อปัญหาว่า เวลาการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้าสูงกว่าค่าเวลามาตรฐาน ซึ่งได้รับการกำหนดจากคำร้องเรียนของลูกค้าภายใน และยังทำหน้าที่เป็นผู้แทนของลูกค้าภายนอก [30]



ภาพประกอบ 4. 2 แผนผังแสดงกระบวนการจัดส่งสินค้าออกจากคลังสินค้า

74

เมื่อทราบถึงความคาดหวังในผลลัพธ์ของลูกค้าภายในแล้ว ทำการประเมินผลของงานที่เกิดขึ้นจริงตามลักษณะคุณภาพที่ลูกค้าภายในคาดหวัง จากการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 เพื่อดำเนินการหาค่าสภาพปัจจุบันสำหรับค่าแรงที่เกิดการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า โดยวิเคราะห์จากแผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อนำผลงานดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนดจากความคาดหวังของลูกค้า ดังแสดงในภาพประกอบ 4.3



ภาพประกอบ 4. 3 แผนภูมิควบคุมแสดงค่าแรงที่เกิดการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า

จากแผนภูมิควบคุม สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะมีค่าแรงที่เกิดการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 22,273 บาท

4.2 การสำรวจสภาพปัจจุบัน

การสำรวจสภาพปัจจุบันเพื่อทำความเข้าใจกับสภาพของปัญหา เพื่อค้นหาสาเหตุเบื้องต้นหรืออาการของปัญหา หลังจากทำความเข้าใจกับการไหลของกระบวนการเป็นที่เรียบร้อยแล้วใน

การสังเกตการณ์เพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์ของปัญหานั้น ควรดำเนินการด้วยการทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการก่อน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ลักษณะคลังสินค้า

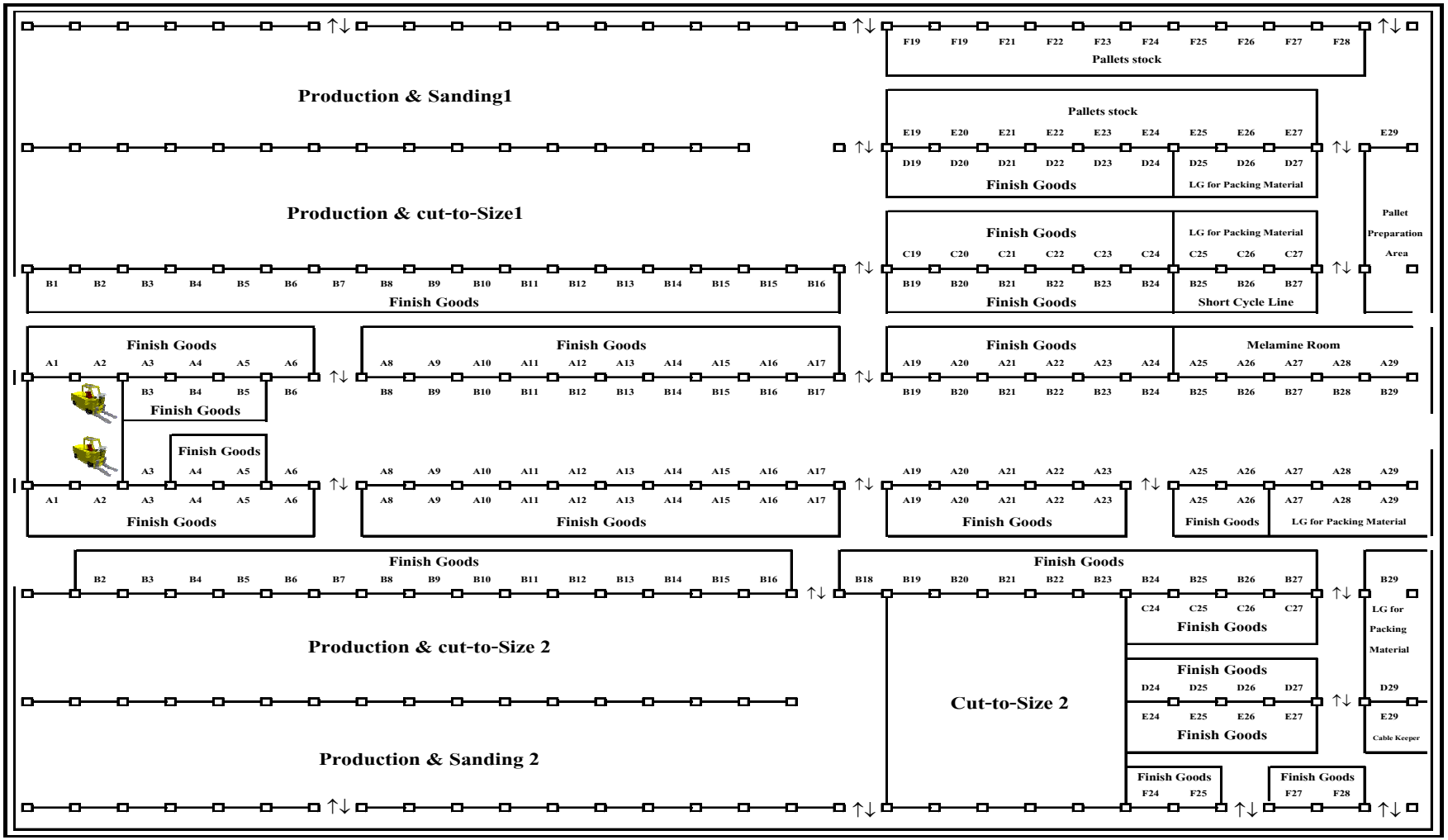
คลังสินค้าที่จะนำมาใช้เป็นกรณีศึกษานี้ เป็นคลังสินค้าของบริษัทดำเนินธุรกิจด้านการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากไม้ยางพารา โดยมีการจัดสรรพื้นที่เพื่อดำเนินกิจกรรมต่างๆ อันประกอบด้วย แผนกผลิต แผนกบรรจุ และแผนกคลังสินค้า ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4 โดยแผนกคลังสินค้าแบ่งพื้นที่ดำเนินงานจ่ายออกสินค้าภายในคลังสินค้าออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ บริเวณจัดเก็บสินค้า และท่าเทียบรถซึ่งใช้เป็นสำนักงานของแผนกคลังสินค้า โดยคลังสินค้ากรณีศึกษานี้ จัดเป็นคลังสินค้าสินค้าสำเร็จรูปซึ่งนับรวมไปถึงงานระหว่างผลิต สินค้าที่ต้องทิ้ง และวัสดุที่นำมาใช้ใหม่ที่เก็บอยู่ในคลังสินค้าแต่จะมีจำนวนน้อย

พื้นที่ภายในคลังสินค้าส่วนใหญ่ จะถูกจัดเตรียมไว้เพื่อรองรับการจัดเก็บโดยสินค้าจะถูกจัดเก็บในลักษณะเป็นพาเลตวางซ้อนกันบนพื้นคลังสินค้า ส่วนท่าเทียบรถมีความสามารถในการรับรถสำหรับนำสินค้าขึ้นตู้สูงสุด 5 คัน และสำนักงานคลังสินค้าที่มีพื้นที่เดียวกับท่าเทียบรถมีหน้าที่จัดการด้านข้อมูล เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ และการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในคลังสินค้า โดยพื้นที่ส่วนนี้จะถูกยกสูงจากพื้นในระดับเดียวกับความสูงรถเพื่อสะดวกแก่การนำสินค้าขึ้นตู้

4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในคลังสินค้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

4.2.3.1 อุปกรณ์ขนย้าย

อุปกรณ์ขนย้ายที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้คนบังคับควบคุมในการใช้งานเคลื่อนย้ายทั้งหมด ได้แก่รถยกจำนวน 5 คัน แบ่งเป็นรถยกประเภทงาสั้นจำนวน 2 คัน สำหรับการขนย้ายสินค้าสำเร็จรูปจากท่าเทียบรถขึ้นตู้คอนเทนเนอร์หรือรถเทรลเลอร์ และที่เหลืออีก 3 คัน เป็นรถยกประเภทงายาว จำนวน 2 คันสำหรับการเคลื่อนย้ายสินค้าออกจากคลังสินค้าไปยังท่าเทียบรถ ส่วนอีก 1 คัน สำรองในกรณีซ่อมบำรุง



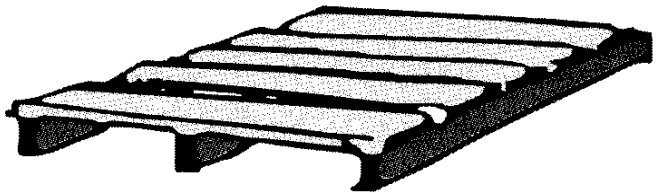
ภาพประกอบ 4. 4 แผนผังแสดงลักษณะคลังสินค้า

4.2.3.2 อุปกรณ์ที่ให้สารสนเทศในการจัดเก็บ

อุปกรณ์ที่ให้สารสนเทศในการจัดเก็บประกอบไปด้วยป้ายแสดงตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ และฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ของสินค้า

4.2.3.3 อุปกรณ์ช่วยในการจัดเก็บรักษา

อุปกรณ์ช่วยในการจัดเก็บรักษาในคลังสินค้ากรณีศึกษา มีอยู่เพียงอย่างเดียว คือ พาเลตประเภทฐานหน้าเดี่ยว (Single-Face Pallet) ลักษณะเป็นฐานรองสินค้าชั้นเดียวเปิดหัว และท้ายสำหรับตักยกด้านข้างของฐาน ดังแสดงในภาพประกอบ 4.5



ภาพประกอบ 4. 5 ฐานรองสินค้าประเภทฐานหน้าเดี่ยว
ที่มา : ฐาปนา บุญหล้า [20]

4.3 การตั้งเป้าหมาย

การตั้งค่าเป้าหมายในการแก้ไขจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการสังเกตการณ์ผนวกกับเงื่อนไขในการนิยามปัญหาข้างต้น โดยการตั้งค่าเป้าหมายในการดำเนินการแก้ไขปัญหาจากการศึกษาการทำงาน โดยการเก็บบันทึกข้อมูล และการศึกษาเวลาในการวัดผลงานเพื่อหาเวลา และอัตราการทำงานที่ควรจะเป็น ภายใต้สภาวะปกติ

ในการศึกษาเวลาในการทำงาน หลังจากที่ได้กำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้องจากการศึกษาวิธีการทำงานในการบันทึกข้อมูลเวลาทำงาน ดังแสดงในภาคผนวก ก แบ่งงานย่อยออกเป็น 6 ขั้นตอนที่สำคัญของการศึกษาเวลา สำหรับวิเคราะห์สังเกต และการจับเวลาให้สามารถทำได้สะดวก โดยบันทึกเวลาแบบจับเวลาแบบต่อเนื่อง โดยทำการเก็บข้อมูลของกลุ่มทดลองเบื้องต้น

(n') 10 ครั้ง เพื่อใช้กำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องใช้ในการเก็บจริง ซึ่งเป็นจำนวนข้อมูลที่จะต้องทำการศึกษา (n) มีค่าเท่ากับ 19 ครั้ง ดังสมการ 4.1

$$n = \left[\frac{40\sqrt{n' \sum X^2 - \left(\sum X^2\right)}}{\sum X} \right]^2 \qquad (4.1)$$

กำหนดให้ n คือ จำนวนข้อมูลที่จะต้องทำการศึกษา

n' คือ จำนวนข้อมูลของกลุ่มทดลอง

X คือ ค่าของเวลาที่บันทึกได้

$$n = \left[\frac{40\sqrt{10(17) - (130)^2}}{130} \right]^2$$

$$n = 18.94$$

หลังจากนั้นทำการหาค่าองค์ประกอบการประเมิน (Rating Factor) เพื่อทำการปรับอัตราการทำงาน โดยใช้ระบบการประเมินอัตราการทำงานตามสมรรถนะการทำงาน (Performance Rating) เนื่องจากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากพอ ส่งผลให้ข้อมูลมีการกระจายในรูปแบบการกระจายแบบปกติ จึงสามารถใช้ค่าเวลาเฉลี่ยเป็นเกณฑ์อัตราการทำงานปกติ และกำหนดค่าองค์ประกอบการประเมินโดยใช้ค่าเวลาเฉลี่ยเป็น 100% [26]

ค่าเวลาที่เลือก × องค์ประกอบการประเมิน = ค่าเวลาปกติ (4.2)

เมื่อทำการปรับด้วยค่าองค์ประกอบการประเมินดังสมการ 4.2 และทำการประเมินเวลาเผื่อจากผู้ชำนาญการเพื่อทำให้ค่าเวลาปกติให้เป็นค่าเวลามาตรฐานดังสมการ 4.3 โดยกำหนดเวลาเผื่อเท่ากับ 35%

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ + (เวลาปกติ × %เวลาเผื่อ) (4.3)

การคำนวณรอบเวลาในการทำงาน (Cycle Time) จากเวลามาตรฐานโดยค่าดังกล่าวได้มาจากการศึกษาเวลาโดยการหาเวลามาตรฐานในการทำงานของพนักงานในแผนกคลังสินค้า

ตารางที่ 4. 1 แสดงเวลามาตรฐานในการทำงานของแผนกคลังสินค้าใน 1 วัน

ประเภทรถบรรทุกสินค้า	จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออก	เวลามาตรฐานต่อตู้	เวลามาตรฐานต่อวัน
รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	5	0:16:00	1:20:00
รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต	16	0:18:30	4:56:00
รถเทรลเลอร์	9	0:13:20	2:00:00

จากตารางที่ 4.1 แสดงเวลามาตรฐานในการทำงานต่อวันของพนักงานในแผนกคลังสินค้า ซึ่งคือ สมรรถนะที่ควรจะเป็นมีค่าเท่ากับ 8 ชั่วโมง 16 นาที ซึ่งค่าดังกล่าวสูงกว่าการทำงานในเวลาปกติ 16 นาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสภาพปัจจุบันของค่าแรงที่เกิดจากการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้าจากแผนภูมิควบคุมข้างต้น คือ 22,273 บาทต่อเดือน เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบจึงคำนวณค่าดังกล่าวเป็นเวลาการทำงานโดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

กำหนดให้ แผนกคลังสินค้ามีพนักงานทั้งสิ้น 16 คน

วันทำงานต่อเดือนเท่ากับ 24 วัน และเวลาในการทำงานต่อวันเท่ากับ 8 ชั่วโมง

ค่าแรงขั้นต่ำของพนักงานคลังสินค้าเท่ากับ 170 บาทต่อวัน

ค่าแรงกรณีทำงานล่วงเวลาอัตรา 1.5 เท่าของค่าแรงปกติ

จากข้อมูลดังกล่าวจะสามารถหาเวลาที่ใช้ในการทำงานล่วงเวลา ดังนี้

อัตราค่าแรงขั้นต่ำของพนักงานเท่ากับ 170/8 = 21.25 บาทต่อชั่วโมงต่อคน

อัตราค่าแรงกรณีทำงานล่วงเวลามีค่าเท่ากับ 21.25x1.5 ≈ 32.00 บาทต่อชั่วโมง

อัตราค่าแรงของการทำงานล่วงเวลาต่อวันมีค่าเท่ากับ 22273/24 = 928 บาท

เวลาที่ใช้ในการทำงานล่วงเวลาต่อวันต่อคนมีค่าเท่ากับ 928/(32x16) = 1.8125 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงเวลาขั้นต่ำในการจ่ายค่าแรงกรณีการทำงานล่วงเวลาคือ 30 นาที ทำให้สมรรถนะที่ควรจะเป็นซึ่งมีค่าเท่ากับ 16 นาที จึงปรับเป็น 30 นาที ส่วนสมรรถนะที่เป็นจริงมีค่าเท่ากับ 1.81 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 1 ชั่วโมง 49 นาที หรือเท่ากับ 109 นาที ดังนั้นการกำหนด

เป้าหมายที่ต้องการ (Goal) เป็นเป้าหมายในการดำเนินงานจึงมีค่าเท่ากับ 30 นาทีต่อวัน โดยตัดสินเทียบกับค่าอ้างอิงในปัจจุบันที่ทำได้ภายใต้สภาวะปกติของกระบวนการซึ่งมีค่าเท่ากับ 109 นาทีต่อวัน

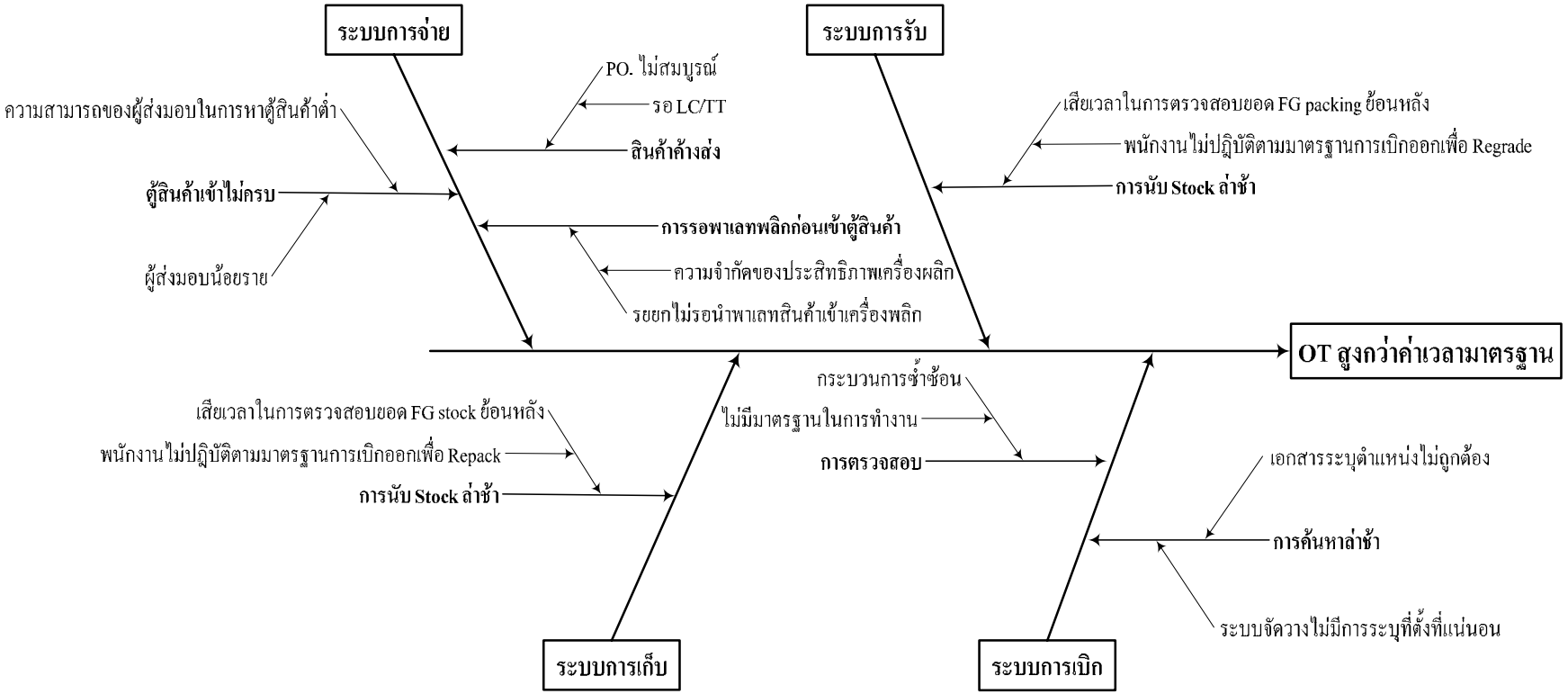
4.4 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

4.4.1 การหาสาเหตุรากเหง้า

การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา ผ่านการระดมสมองโดยการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลา กล่าวคือ ที่ปลายด้านหนึ่งจะเป็นอาการของปัญหาที่กำลังเกิดขึ้น และในส่วนของก้างที่แตกกิ่งออกไปจะแทนปัจจัยหรือสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดอาการของปัญหาอันนั้นขึ้น เพื่อที่จะค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา โดยในที่นี้ได้เลือกใช้แผนผังก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุ (Cause Enumeration Type) ซึ่งมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่มุ่งเน้นที่สาเหตุของระบบ และสามารถแยกย่อยออกเป็นปัจจัยที่เกิดจากสาเหตุหลัก และสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาโดยในที่นี้ได้แบ่งพิจารณาสาเหตุออกเป็น 4 ระบบ คือ ระบบการรับ ระบบการจัดเก็บ ระบบการเบิก และระบบการจ่ายเป็นกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหา ดังแสดงในภาพประกอบ 4.6 เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยป้อนเข้าแล้วทำให้ค่าที่ควรจะเป็นของผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลง สาเหตุของปัญหาทั้ง 7 สาเหตุ มีรายละเอียดดังนี้

(1) การนับ Stock ล่าช้าในระบบการรับ
(2) การนับ Stock ล่าช้าในระบบการเก็บ
(3) การตรวจสอบซ้ำซ้อน
(4) การค้นหาล่าช้าในระบบการเบิก
(5) การรอพาเลตพลิกก่อนเข้าตู้สินค้าของเครื่องจักร
(6) ตู้สินค้าเข้าไม่ครบตามจำนวน
(7) สินค้าค้างส่งในระบบการจ่าย

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยป้อนเข้าสามารถจำแนกออกได้ 2 ประเภท คือ ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากในการดำเนินงานแก้ปัญหาโดยแนวคิดของคิวซีสตอรี่เน้นการแก้ปัญหาหน้างานจะให้ความสนใจต่อตัวแปรของปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ แต่หากพบว่าสาเหตุของปัญหามาจากตัวแปรของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ จะดำเนินจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการแก้ไขผ่านระบบข้อเสนอแนะต่อไป [30]



ภาพประกอบ 4. 6 แผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า

4.4.2 การพิสูจน์สาเหตุรากเหง้า

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดโดยการระดมสมองผ่านการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลา นำผลการประเมินจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ มีรายละเอียดดังนี้

4.4.2.1 ประเมินผลกระทบต่อระบบและหาสาเหตุของข้อบกพร่องแต่ละรายการพร้อมวิธีการตรวจจับหาข้อบกพร่อง

ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุปัญหาได้ถูกนำมารวบรวม และประเมินเพื่อพิสูจน์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) ซึ่งพิจารณาจากค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) [31] ทั้งนี้ในการประเมินคะแนนเพื่อหาคะแนนความเสี่ยงชี้นำ โดยหัวหน้าฝ่ายแผนกคลังสินค้า และพนักงานระดับหัวหน้างาน ได้ทำการร่วมกันพิจารณาค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำซึ่งประกอบด้วยค่าความเสี่ยงมีผลมาจากความรุนแรง (Severity : S) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2 และค่าความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้นของสาเหตุ (Occurrence : O) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.3 และค่าความสามารถในตรวจจับลักษณะบกพร่อง (Detection : D) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญไปว่าจะเป็นระดับผู้จัดการ หัวหน้างานตลอดถึงระดับผู้ปฏิบัติการทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ ก่อนนำค่าที่ได้ไปจำแนกโดยพาเรโตต่อไป

ตารางที่ 4. 2 แสดงเกณฑ์การประเมินความรุนแรงของปัญหาที่กระทบต่อลูกค้า

Severity	Ranking
ส่งผลกระทบให้จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน ลดลง10%	1
ส่งผลกระทบให้จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน ลดลง< 30%	2
ส่งผลกระทบให้จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน ลดลง< 50%	3
ส่งผลกระทบให้จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน ลดลง< 80%	4
ส่งผลกระทบให้จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน ลดลง>80%	5
ส่งผลกระทบให้ไม่สามารถส่งสินค้าขึ้นเรือได้ทันตามกำหนด	6

ตารางที่ 4. 3 แสดงเกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้นของสาเหตุ

Occurrence Ranking		
Probability	Probability	Failures per 800 Lorry
ไม่มีทางที่จะเกิดขึ้นได้เลย	1	1
ไม่มีทางจะเป็นไปได้ ไม่น่าเกิดขึ้น	2	2 to 5
หายาก น้อยมาก เบาบาง ไม่ค่อยมี	3	6 to 19
เป็นบางครั้ง แล้วแต่โอกาส	4	20 to 69
เป็นไปได้มาก	5	70 to 100
เกิดขึ้นถี่มาก บ่อยมาก	6	> 100

ตารางที่ 4. 4 แสดงเกณฑ์การประเมินความสามารถในตรวจจับลักษณะบกพร่อง

Detection	Criteria	Ranking
มีโอกาสสูงมาก ถี่เป็นประจำ	การควบคุมน่าเชื่อถือ ไว้ใจได้ มีโอกาส 100%ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับข้อบกพร่อง	1
เป็นไปได้สูง	การควบคุมสามารถตรวจพบข้อบกพร่องหลักๆได้ มีโอกาส 90% ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับข้อบกพร่อง	2
เป็นไปได้ค่อนข้างสูง เป็นบางครั้ง	มีโอกาสค่อนข้างสูง 70% ที่วิธีการสามารถตรวจจับข้อบกพร่อง	3
เป็นไปได้ปานกลาง	มีโอกาสพอสมควร 40%ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	4
เป็นไปได้น้อยมาก	มีโอกาสน้อย 20%ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง	5
ไม่มีโอกาส ที่จะเกิดขึ้น	ไม่มีวิธีการควบคุมที่ตรวจจับข้อบกพร่อง	6

ตารางที่ 4. 5 แสดงช่วงคะแนน RPN ในการประเมิน

Range of RPN	Meaning	
1 - 24	Acceptable :	มีความเสี่ยงในการที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดข้อบกพร่องในเกณฑ์ต่ำ หรือมีการควบคุมสูง
25 - 59	Undersirable :	มีความเสี่ยงปานกลางสามารถยอมรับได้ถ้าลด Risk ไม่สามารถทำได้จริง (Realistic) และจะต้องทำการพิจารณา Benefit Action (Outweight Risk) มีความจำเป็นต้องมีการเลือกประเมินผล ลักษณะของแบบถ้าไม่เข้าข่ายดังกล่าวจะต้องทำ Corrective และ Preventive Action
60 - 216	Intolerable :	มีความเสี่ยงสูงมาก (Corrective หรือ Preventive Action) มีความจำเป็นต้องทบทวนอย่างจริงจังต่อแบบ หรือกระบวนการเพื่อลดค่าความเสี่ยงชี้นำ

4.4.2.2 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ

เพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงของข้อบกพร่องในการคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ สามารถคำนวณได้ดังสมการ 4.4

$$RPN = S \times O \times D \qquad (4.4)$$

กำหนดให้ S คือ ค่าความรุนแรงของปัญหา

O คือ ค่าความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้นของสาเหตุ

D คือ ค่าความสามารถในตรวจจับลักษณะบกพร่อง

จากการประเมินความรุนแรงและความถี่ที่เกิดขึ้นกับลูกค้าเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และระบบการควบคุมในปัจจุบันเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยผู้เชี่ยวชาญไปว่าจะเป็นระดับผู้จัดการ หัวหน้างานตลอดถึงระดับผู้ปฏิบัติการ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4. 6 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของสาเหตุของปัญหาในกระบวนการ

ลักษณะข้อบกพร่อง			ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ	ลำดับ
รายการของสาเหตุ	ผลกระทบ	สาเหตุข้อบกพร่อง		
ระบบการรับ	การนับ Stock ล่าช้า	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการเบิกออกเพื่อ Regrade	2x1x2 = 4	6
ระบบการเก็บ	การนับ Stock ล่าช้า	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการเบิกออกเพื่อ Repack	2x1x2 = 4	6
	การตรวจสอบ	ไม่มีมาตรฐานในการใช้งาน	1x6x6 = 36	5
ระบบการเบิก	การค้นหาล่าช้า	เอกสารระบุตำแหน่งไม่ถูกต้อง	2x3x2 = 12	7
		ระบบจัดวางไม่มีการระบุที่ตั้งที่แน่นอน	4x6x5 = 120	4
	การรอพาเลตพลิกก่อนเข้าตู้สินค้า	ความจำกัดของประสิทธิภาพเครื่องจักร	2x6x6 = 72	5
ระบบการจ่าย	ตู้สินค้าเข้าไม่ครบ	ความสามารถของผู้ส่งมอบในการหาตู้สินค้าต่ำ	6x6x6 = 216	1
		ผู้ส่งมอบน้อยราย	5x6x5 = 150	3
	สินค้าค้างส่ง	รอความพร้อมของเอกสารทางการเงิน (LC/TT)	6x5x6 = 180	2

4.4.2.3 การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง

ผลจากการประเมินความสำคัญของข้อบกพร่อง และหาคะแนนความเสี่ยงชี้นำ ในการคำนวณค่า และการรวบรวมสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีคะแนนความเสี่ยงชี้นำเพื่อหาทางแก้ไขข้อบกพร่องตามลำดับความสำคัญโดยใช้ตารางที่ 4.5 พบว่ามีหัวข้อสาเหตุข้อบกพร่อง 4 หัวข้อจากทั้งหมด 9 หัวข้อ ที่มีคะแนนความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 60 คะแนน [32] ซึ่งมีความเสี่ยงสูงมาก มีความจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพื่อลดค่าความเสี่ยงชี้นำ ซึ่งสาเหตุข้อบกพร้องทั้ง 4 หัวข้อนั้น มีดังต่อไปนี้

(1) ระบบการจัดวางไม่มีการระบุที่ตั้งที่แน่นอน

(2) ความสามารถของผู้ส่งมอบในการหาตู้สินค้าต่ำ

(3) ผู้ส่งมอบน้อยราย

(4) ความจำกัดของประสิทธิภาพเครื่องจักร

4.5 การกำหมดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกัน

การกำหนดมาตรการแก้ไข้เชิงป้องกันเพื่อป้องกันจากการเกิดขึ้นของสาเหตุไม่ให้เกิดปัญหานั้นซ้ำขึ้นมาอีก โดยนำเอาเทคนิคการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการประเมินผลลัพธ์ของการแก้ไข โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการนำมาตรการแก้ไขไปปฏิบัติ จะส่งผลให้การตัดสินใจปรับปรุงระบบคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากสาเหตุข้อบกพร้องทั้ง 4 หัวข้อนั้น ได้นำเสนอมาตรการแก้ไขซึ่งครอบคลุมใน 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

(1) การจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า ซึ่งเป็นปัญหาของสาเหตุความสามารถของผู้ส่งมอบในการหาตู้สินค้าต่ำ และผู้ส่งมอบน้อยรายในกระบวนการจ่ายสินค้า และยังส่งผลโดยตรงต่อตัววัดประสิทธิภาพการทำงานภายในคลังสินค้า

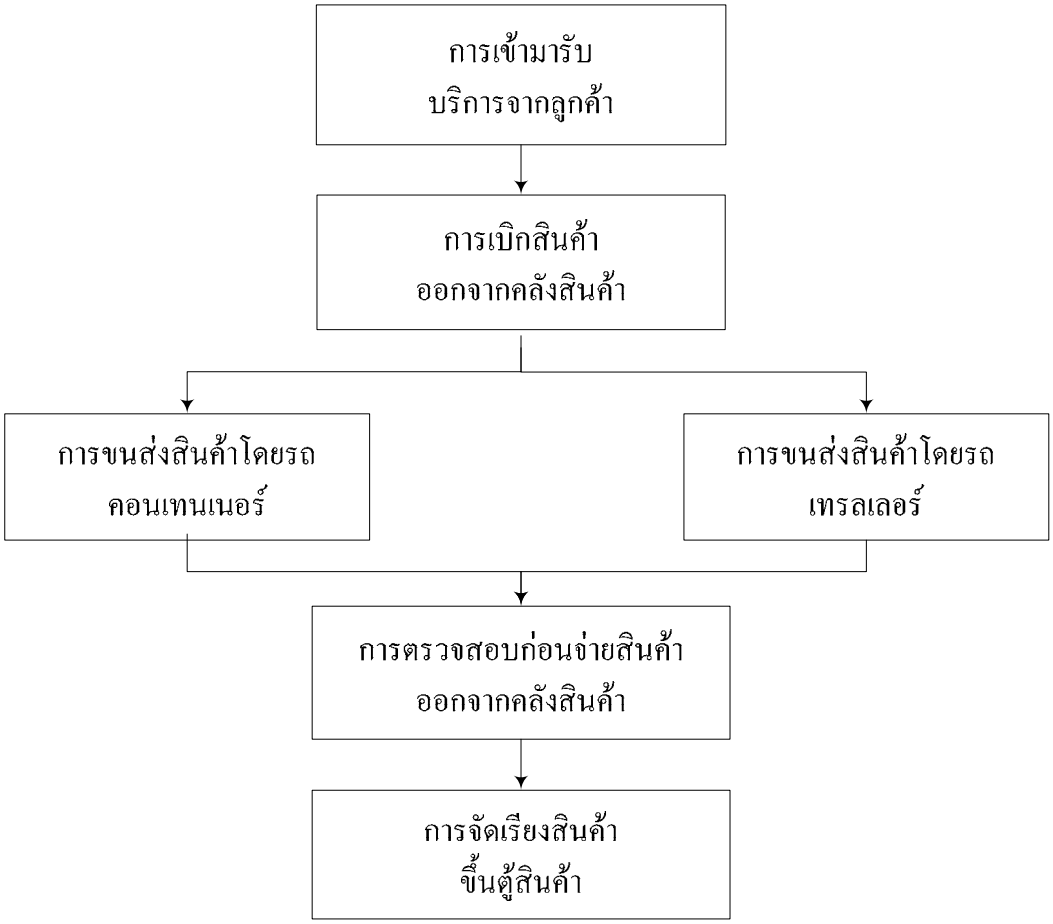
(2) การจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งเป็นปัญหาของสาเหตุประสิทธิภาพของเครื่องจักรจนทำให้เกิดการรอพาเลตพลิกในระบวนการจ่ายสินค้า

(3) การจัดวางแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้า ซึ่งเป็นปัญหาของสาเหตุการจัดวางไม่มีการระบุที่ตั้ง และเอกสารระบุตำแหน่งไม่ถูกต้องจนทำให้เกิดการค้นหาล่าช้าในกระบวนการเบิกสินค้า

เพื่อแสดงถึงประโยชน์ และแนวในการนำแบบจำลองสถานการณ์นี้ไปใช้งานจริง ในการทดสอบการใช้งานจริงของแบบจำลองนี้ จึงได้แบ่งออกเป็น 3 แนวทางตามปัญหาที่เกิดขึ้น คือ การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการจัดวางแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละชนิด การใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้ในการประเมินทางเลือกของระบบในส่วนถัดไป

4.5.1 โครงสร้างแบบจำลองสถานการณ์การดำเนินงานภายในคลังสินค้า

คลังสินค้าของบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เป็นคลังสินค้าที่ทำหน้าที่จัดเก็บสินค้าสำเร็จรูปสำหรับรอการจ่ายออก ซึ่งมีสินค้าเพียงลักษณะเดียว คือ แผ่นใยไม้อัดจากไม้ยางพาราที่ผ่านการบรรจุในลักษณะพาเลตที่สามารถวางซ้อนกัน

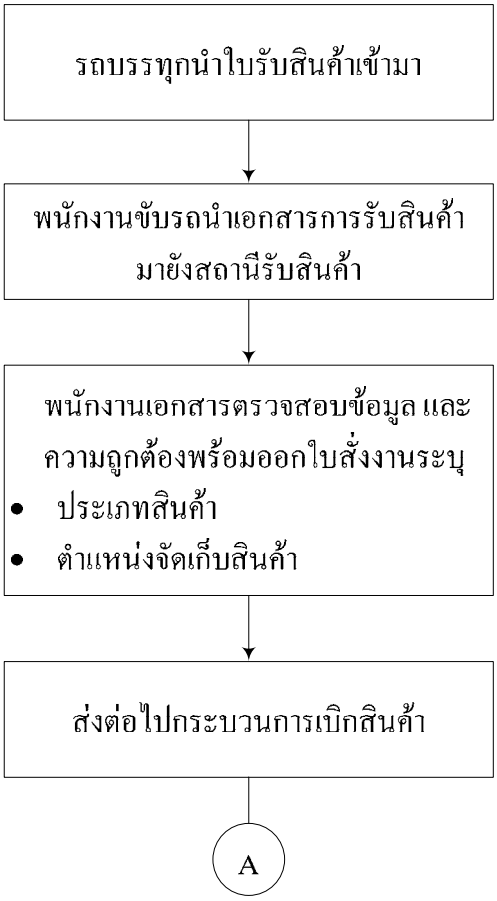


ภาพประกอบ 4. 7 แสดงโครงสร้างแบบจำลองสถานการณ์การดำเนินงานภายในคลังสินค้า

แผนกคลังสินค้าจัดสรรพื้นที่เพื่อดำเนินงานจ่ายออกสินค้าออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ บริเวณจัดเก็บสินค้า และท่าเทียบรถซึ่งใช้เป็นสำนักงานของแผนกคลังสินค้า จากภาพประกอบ 4.7 สามารถแบ่งการดำเนินงานภายในคลังสินค้าได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ การเข้ามารับบริการของลูกค้า ส่วนถัดไป คือ การเบิกสินค้าและการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า และส่วนสุดท้าย การจัดเรียงสินค้าขึ้นตู้สินค้าซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในลำดับถัดไป สำหรับการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์

4.5.1.1 การเข้ามารับบริการของลูกค้า

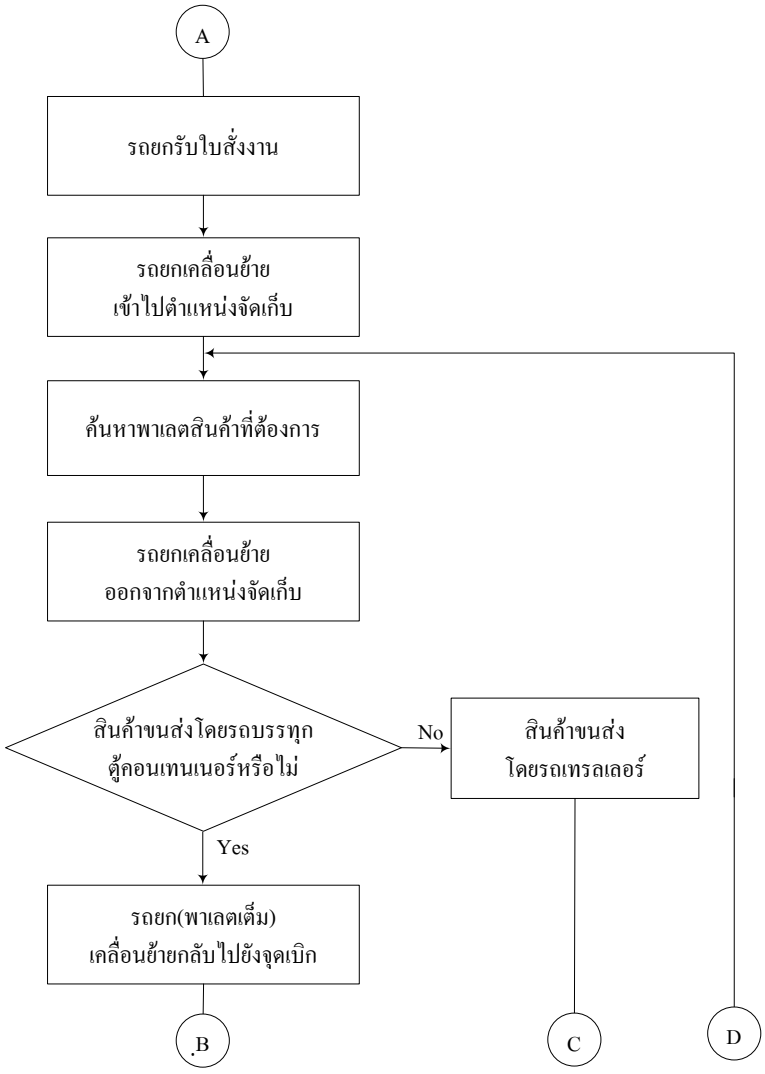
ในการเข้ามารับสินค้าของรถบรรทุกพนักงานขับรถบรรทุกจะนำใบรับสินค้ามาเป็นหลักฐานในการรับสินค้ามายังท่าเทียบรถในส่วนสำนักงานพนักงานเอกสารของแผนกคลังสินค้าจะตรวจสอบความถูกต้อง ทำการออกใบสั่งงานที่ระบุชนิดของสินค้า และตำแหน่งจัดเก็บเพื่อทำการเบิกสินค้าออกจากที่จัดเก็บ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.8



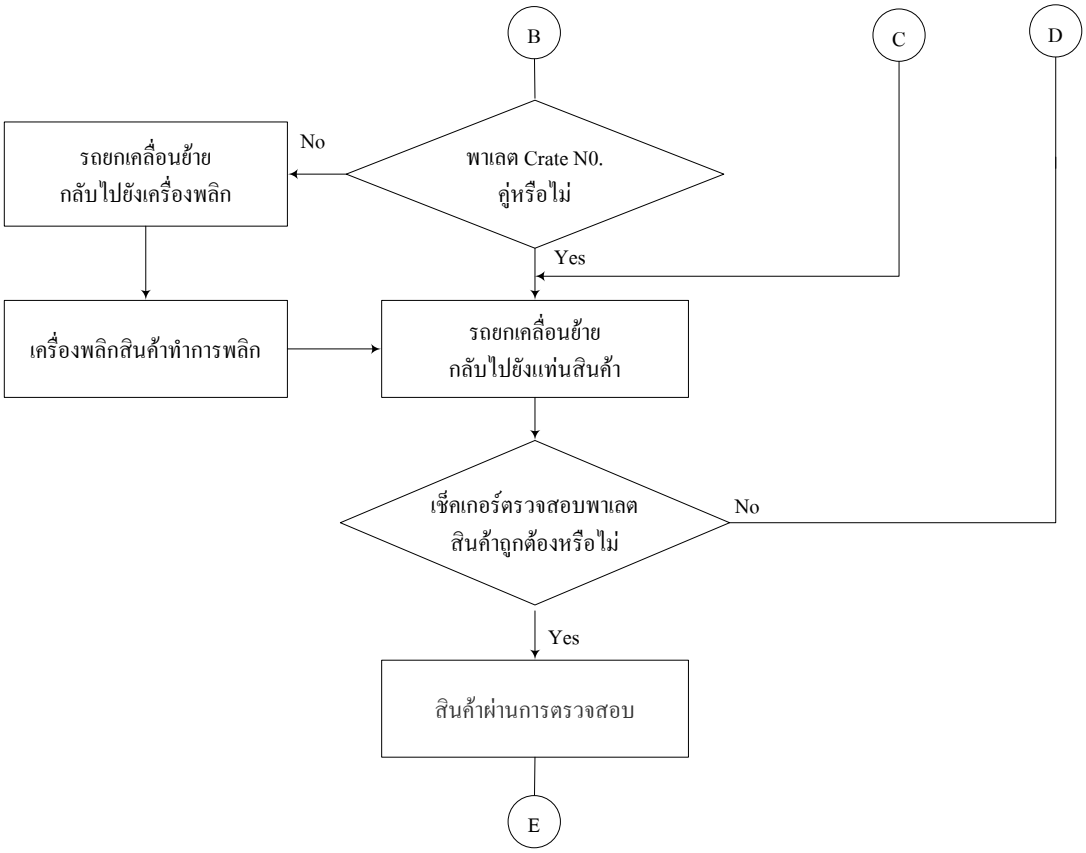
ภาพประกอบ 4. 8 แสดงขั้นตอนการเข้ามารับบริการของลูกค้า

4.5.1.2 การเบิกสินค้าและการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า

การสร้างแบบจำลองในส่วนนี้จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการเบิกสินค้าออกจากคลังสินค้าซึ่งเป็นการทำงานในส่วนบริเวณจัดเก็บสินค้า และการตรวจสอบสินค้าซึ่งเป็นการทำงานในส่วนท่าเทียบรถ โดยในส่วนบริเวณจัดเก็บสินค้าได้แบ่งตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าออกเป็นส่วนย่อย ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่ (Area) ตอน (Section) คอลัมน์ (Column) และแถว (Row) ที่ถูกจัดเก็บ



ภาพประกอบ 4. 9 แสดงขั้นตอนการเบิกสินค้าและการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า



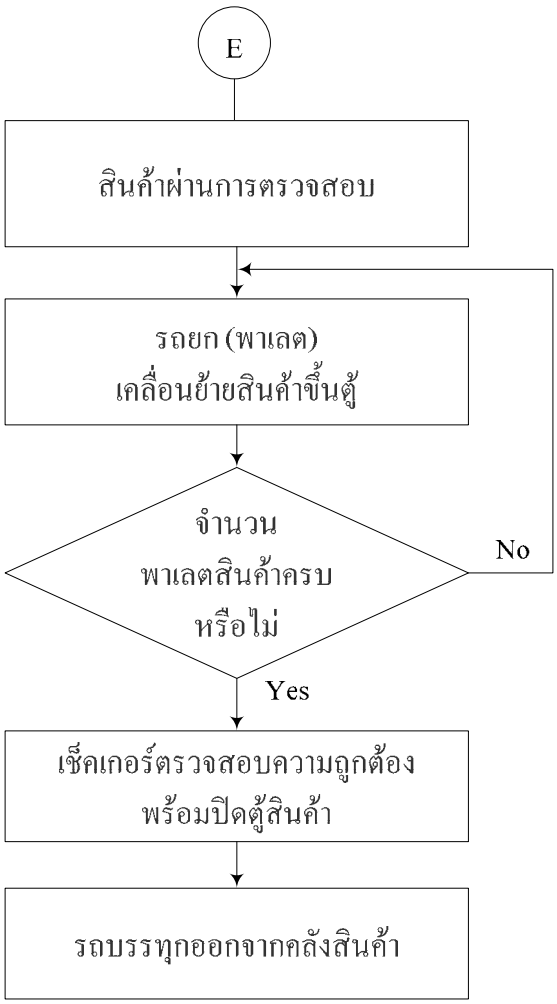
ภาพประกอบ 4.9 แสดงขั้นตอนการเบิกสินค้าและการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า (ต่อ)

จากภาพประกอบ 4.9 การจำลองสถานการณ์เริ่มจาก พนักงานขับรถยกรับใบสั่งงานจากพนักงานเอกสาร พนักงานขับรถยกอ่านรายละเอียดของใบสั่งงาน พนักงานขับรถยกเคลื่อนย้ายเข้าไปยังบริเวณจัดเก็บสินค้าเพื่อทำการค้นหาพาเลตสินค้าที่ถูกวางซ้อนกัน และเคลื่อนย้ายออกจากที่จัดเก็บ เมื่อพนักงานขับรถยกขนสินค้าออกจากบริเวณที่จัดเก็บแล้ว การจำลองการเคลื่อนย้ายออกจากคลังสินค้าจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามกระบวนการขนส่งสินค้า คือ พาเลตสินค้าที่ขนส่งโดยรถเทรลเลอร์ และพาเลตสินค้าที่ขนส่งโดยรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ หากพบว่าเป็นกระบวนการขนส่งสินค้าส่วนแรก ระบบจะทำการส่งจำนวนรอบในการเคลื่อนย้ายไปยังกระบวนการเบิกเพื่อจำลองรอบการเคลื่อนย้ายพาเลตสินค้าไปยังรถเทรลเลอร์โดยตรง แต่หากเป็นกระบวนการขนส่งสินค้าส่วนที่สอง ระบบจะทำส่งจำนวนรอบในการเคลื่อนย้ายพาเลตสินค้ากลับไปยังจุดเบิกสินค้าทั้งในส่วนของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต และตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต โดยรอบการเคลื่อนย้ายพาเลตสินค้าที่เป็นตัวเลขคี่ จะถูกส่งไปยังเครื่องพลิกเพื่อทำการพลิกพาเลตสินค้าก่อนเคลื่อนย้ายเพื่อความสะดวกในการขึ้นตู้สินค้าแล้วจึงส่งกลับไปยังท่าเทียบรถ หากเป็นรอบการเคลื่อนย้ายพาเลตสินค้าที่เป็นตัวเลขคู่ จะถูกส่งกลับไปยังท่าเทียบรถโดยไม่ผ่านเครื่องพลิก

หลังจากนั้นพนักงานตรวจสอบสินค้าจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของสินค้าแต่ละพาเลตกับรายการในใบสั่งงาน ก่อนทำการขึ้นตู้สินค้าในขั้นตอนถัดไป

4.5.1.3 การจัดเรียงสินค้าขึ้นตู้สินค้า

เมื่อพาเลตสินค้าผ่านการตรวจสอบแล้ว รถยกจะเคลื่อนย้ายสินค้าตามที่ระบุในใบสั่งงาน จึงทำการจัดเรียงสินค้าดังกล่าวขึ้นรถบรรทุก เพื่อที่จะนำสินค้าออกจากคลังต่อไป ในการจัดเรียงสินค้าขึ้นรถบรรทุกโดยใช้รถยกทำการเคลื่อนย้ายพาเลตสินค้าขึ้นตู้สินค้าตามลำดับครั้งละ 1 พาเลต จนครบจำนวนโดยจำนวนการจัดเรียงจะขึ้นอยู่กับประเภทของใบรับสินค้าซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดของตู้สินค้าเป็นสำคัญดังแสดงในภาพประกอบ 4.10



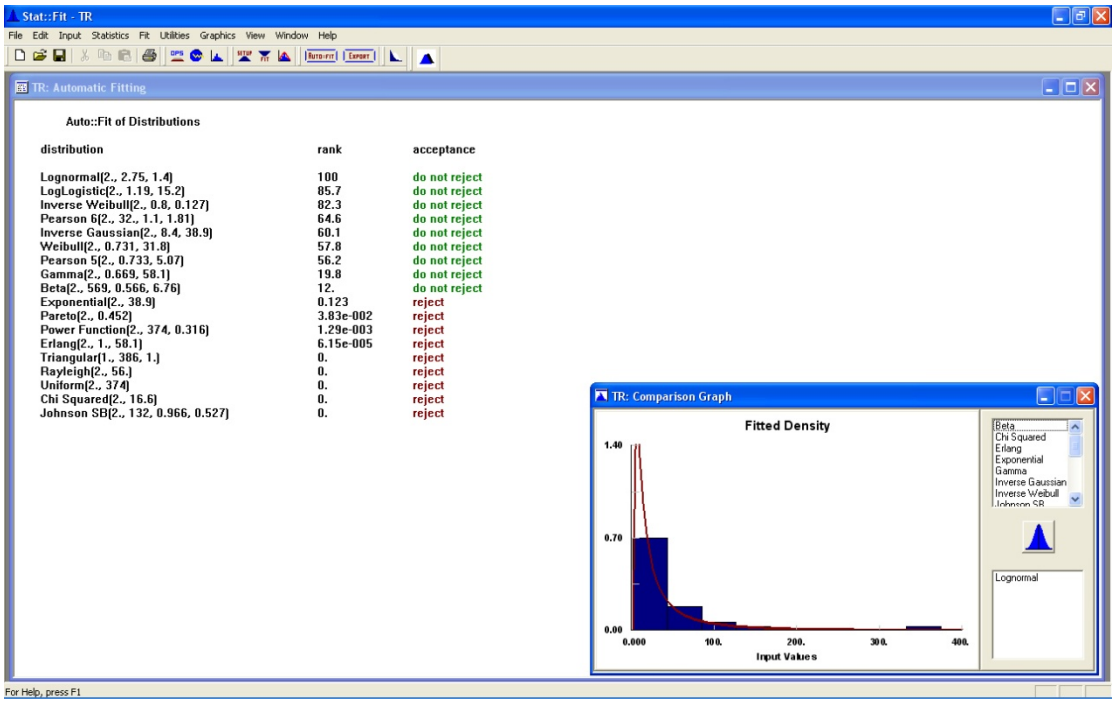
ภาพประกอบ 4. 10 แสดงขั้นตอนการจัดเรียงสินค้าขึ้นตู้สินค้า

4.5.2 การเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์

4.5.2.1 ข้อมูลเวลาการเข้ามารับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย

ลูกค้าที่เข้ามารับสินค้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามขนาดรถบรรทุกสินค้า คือ กลุ่มลูกค้าที่เข้ามารับสินค้าโดยรถเทรลเลอร์ กลุ่มลูกค้าที่เข้ามารับสินค้าโดยรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต และกลุ่มลูกค้าที่เข้ากลุ่มลูกค้าที่เข้ามารับสินค้าโดยรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต โดยลักษณะการเข้ามาของใบรับสินค้าของรถบรรทุกแต่ละขนาด มีลักษณะการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้าที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการแจกแจงที่เกิดขึ้นได้แก่ การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential) และลอคนอร์มอล (Lognormal) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.4 ในบทที่ 3 ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงที่แตกต่างกัน

สำหรับข้อมูลที่ประมาณการแจกแจงและค่าพารามิเตอร์ เพื่อเป็นข้อมูลเข้าในแบบจำลอง โดยหารูปแบบการแจกแจง และพารามิเตอร์ของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม ProModel ที่เรียกว่า “Stat Fit”



ภาพประกอบ 4. 11 แสดงการแจกแจงของเวลาระหว่างการเข้ามาใบรับสินค้าของรถเทรลเลอร์

จากภาพประกอบ 4.11 แสดงการทดสอบการแจกแจงของระยะห่างเวลาของการเข้ามารับสินค้าของลูกค้าของรถเทรลเลอร์ เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล จากการทดสอบพบว่าข้อมูล 1 ชุดสามารถแสดงการแจกแจงได้หลายแบบ จึงต้องเลือกการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด โดยการดูกราฟแสดงการแจกแจงประกอบการการพิจารณา ซึ่งมีการแจกแจงที่เหมาะสมที่ดีที่สุดเป็นการแจกแจงแบบลอคนอร์มอล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลเท่ากับ 2.75 นาทีต่อใบ และค่าความแปรปรวนของข้อมูลเท่ากับ 1.4 นาทีต่อใบ

4.5.2.2 การแจกแจงและพารามิเตอร์ของข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า

การแจกแจงและพารามิเตอร์ของข้อมูลเวลาที่เหมาะสม สำหรับเป็นตัวแทนของข้อมูลจริงที่ใช้กับกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานในระบบ มีลักษณะการแจกแจงของเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งการแจกแจงที่เกิดขึ้นได้แก่ การแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform) และลอคนอร์มอล (Lognormal) โดยค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4. 7 แสดงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า

ข้อมูล	การแจกแจง	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
เวลาที่พนักงานเอกสารใช้ในการตรวจสอบใบรับสินค้า และออกใบสั่งงาน	Uniform	U(91,140)	วินาทีต่อใบ
เวลาที่รถยกใช้ในการค้นหาพาเลตสินค้าที่ระบุตำแหน่งจัดเก็บแถวที่1	Lognormal	L(2.89,0.706)	วินาทีต่อพาเลต
เวลาที่รถยกใช้ในการค้นหาพาเลตสินค้าที่ระบุตำแหน่งจัดเก็บแถวที่2	Lognormal	L(2.95,0.656)	วินาทีต่อพาเลต
เวลาที่รถยกใช้ในการรอยกพาเลตเข้าเครื่องพลิก	Uniform	U(25,78)	วินาทีต่อพาเลต
เวลาที่เครื่องพลิกพาเลตใช้ในการพลิกพาเลตสินค้า	Lognormal	L(2.76,0.549)	วินาทีต่อพาเลต

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า (ต่อ)

ข้อมูล	การแจกแจง	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
เวลาที่พนักงานตรวจสอบใช้ในการตรวจสอบพาเลต 1 พาเลต (ปรกติ)	Uniform	U(11,43)	วินาทีต่อพาเลต
เวลาที่พนักงานตรวจสอบใช้ในการตรวจสอบพาเลต 1 พาเลต (ผ่านการพลิก)	Uniform	U(32,48)	วินาทีต่อพาเลต
เวลาที่พนักงานตรวจสอบใช้ในการตรวจสอบพาเลต 2 พาเลต	Uniform	U(47,72)	วินาทีต่อพาเลต

4.5.2.3 ข้อมูลระยะทางของที่จัดเก็บสินค้าและความน่าจะเป็นของสินค้าที่ถูกจัดเก็บ

สำหรับการระยะทาง และความน่าจะเป็นของสินค้าที่ถูกจัดเก็บจะแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข

4.5.2.4 ลักษณะของข้อมูล และสิ่งที่นำเข้าในตัวแบบสำหรับการทดสอบ

ลักษณะของข้อมูล และสิ่งที่นำเข้าของตัวแบบจำลองสำหรับการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 โดยทำการเก็บค่าจากสภาวะคงตัว (Steady State) ของระบบ หลังจากช่วงเวลาวอร์มอัพ (Warm-up Period) สิ้นสุดลงในแต่ละรอบการจำลอง ส่วนการหาจำนวนรอบการจำลองจะกล่าวโดยละเอียดไว้ในส่วนถัดไป

ตารางที่ 4. 8 ลักษณะของตัวแบบจำลองสถานการณ์

ลักษณะของข้อมูล	สิ่งที่นำเข้าในตัวแบบ
เอนทิตี้ (Entity)	ใบสั่งสินค้า
ชนิดของระบบ (System Type)	สภาวะคงตัว

ตารางที่ 4.8 ลักษณะของตัวแบบจำลองสถานการณ์ (ต่อ)

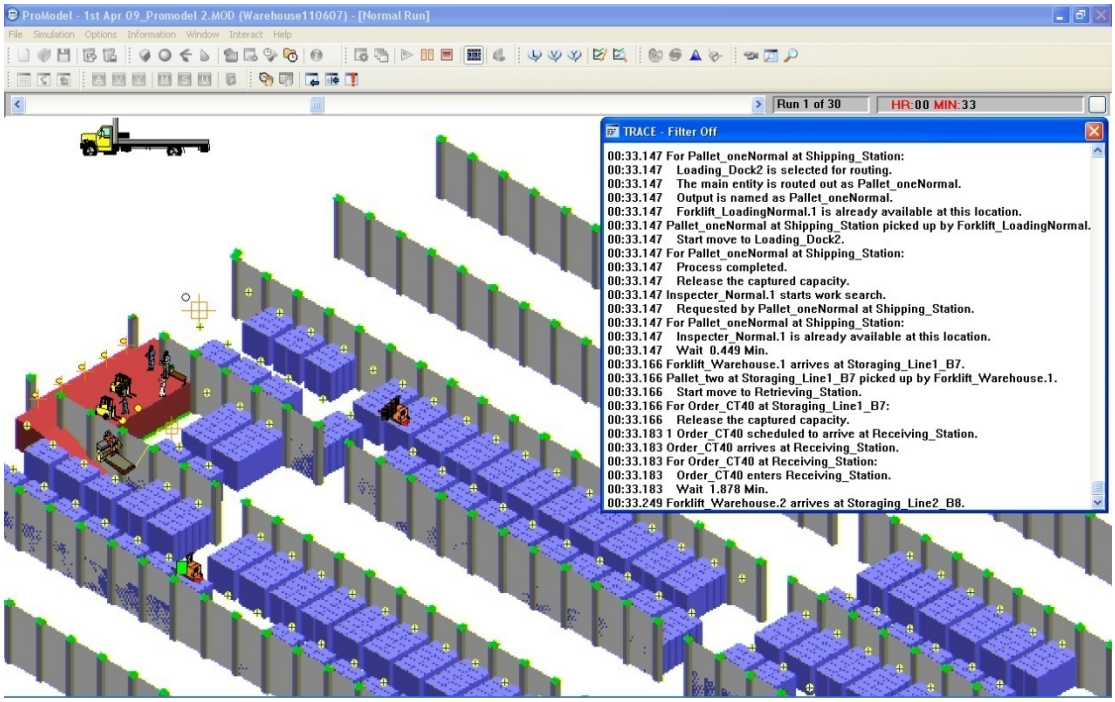
ลักษณะของข้อมูล	สิ่งที่นำเข้าในตัวแบบ
ข้อสมมุติ (Assumptions)	1) แผนกคลังสินค้าทำงานตั้งแต่ 8.00 – 17.00 น.ยกเว้นวันอาทิตย์ 2) การเข้ามาของใบสั่งสินค้าในกระบวนการเป็นแบบ Fist in Fist out 3) ข้อมูลเวลาที่เป็นข้อมูลนำเข้าได้มาจากการศึกษาวิธีการทำงานและเวลา 4) Location ที่ใช้จัดเก็บสินค้าในแบบจำลองมีความสามารถในการรับสินค้าไม่จำกัด
ข้อมูลนำเข้า (Inputs)	1) ข้อมูลเวลาการเข้ามารับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย 2) ข้อมูลประเภทและจำนวนสินค้าแต่ละขนาดที่เบิกออก 3) ข้อมูลการแจกแจงและพารามิเตอร์ของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า 4) ข้อมูลระยะทางของที่จัดเก็บสินค้าและความน่าจะเป็นของสินค้าที่ถูกจัดเก็บ
ข้อมูลออก (Output)	จำนวนพาเลตสินค้าในระบบโดยเฉลี่ย
เวลาในการจำลอง (Replication Length)	8.00 ชั่วโมง
ช่วงเวลาที่ใช้ในการวอร์มอัพ (Warm-up Period)	50 นาที
จำนวนรอบการจำลอง (Number of Replication)	109 รอบ

4.5.3 การทวนสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์

ขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์การปรับปรุงการทำงานจริง คือ การทวนสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์ โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้วิจัย และผู้ที่นำแบบจำลองสถานการณ์นี้ไปใช้ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีความถูกต้อง และสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

4.5.3.1 การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลองเพื่อให้ผู้พัฒนาตัวแบบมั่นใจว่า ตัวแบบที่สร้างขึ้นบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับระบบจริง ซึ่งในการทวนสอบตัวแบบสามารถทำได้หลายวิธี สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้การทวนสอบความถูกต้องของผลการจำลองระหว่างการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้คำสั่ง “Trace” ของโปรแกรม ProModel โดยใช้การจำลองแบบภาพเคลื่อนไหวช่วยในการทวนสอบ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.12



ภาพประกอบ 4. 12 แสดงภาพเคลื่อนไหวช่วยการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

4.5.3.2 การทวนสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

การทวนสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองเป็นการทวนสอบผลที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากระบบที่เกิดขึ้นจริงนั้น เป็นวิธีการทวนสอบความน่าเชื่อถือวิธีหนึ่งที่สามารถสะท้อนให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าแบบจำลองสถานการณ์นั้นสามารถเป็นตัวแทนของระบบที่ต้องการศึกษา การที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับปริมาณค่าความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากระบบทั้งสอง โดยการใช้วิธีการทางสถิติเป็นเครื่องมือในการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ t (2 Sample t Test) ซึ่งพารามิเตอร์ในการทดสอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบในที่นี้ คือ จำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อเดือนของแผนกคลังสินค้า เนื่องจากพารามิเตอร์ดังกล่าว เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการทำงานของแผนกคลังสินค้าที่บริษัทกำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามก่อนนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้ (Analysis of Variance) จะต้องทำการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติ (Model Adequacy Checking) ที่จะนำไปใช้ว่าได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุมหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (Residual Analysis) โดยสามารถแสดงการทดสอบสมมุติฐานของการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ (Level of significance) เท่ากับ 0.05 ได้ดังนี้

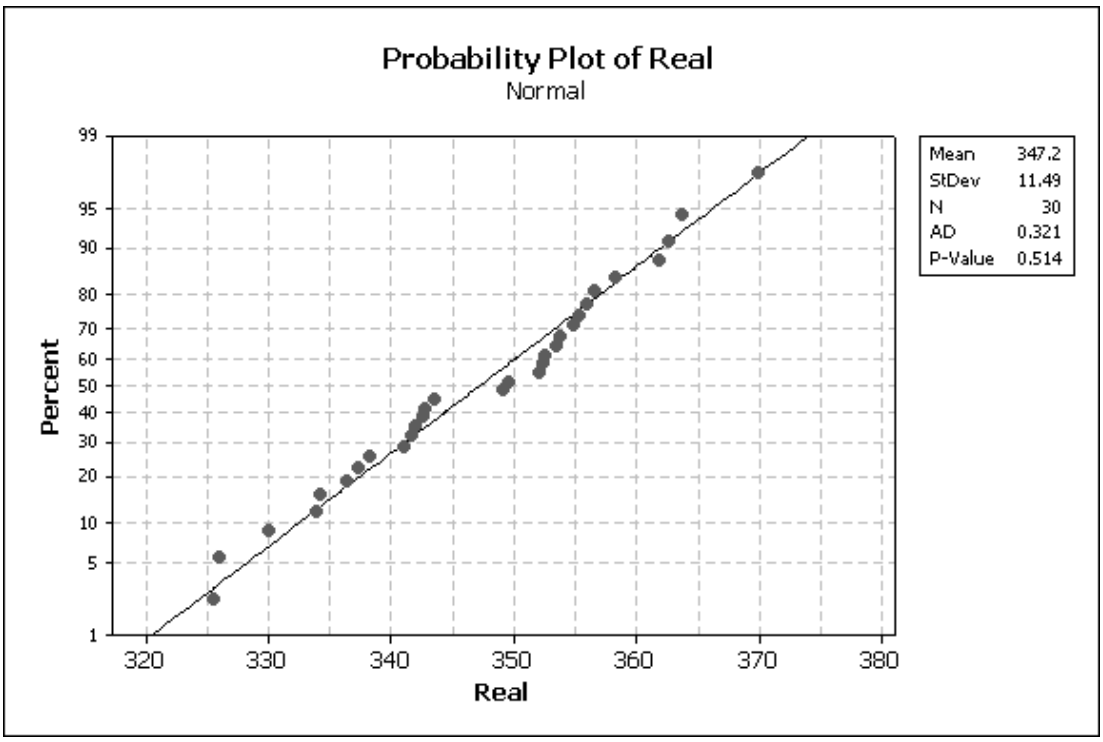
H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองมีค่าไม่แตกต่างจากจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นในระบบจริง

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นในแบบจำลองมีค่าแตกต่างจากจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นในระบบจริง

จากข้อมูลของจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวันที่เกิดขึ้นในระบบจริง ซึ่งข้อมูลที่เก็บมาจะต้องทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละตัวนั้นมีแนวโน้มเข้าหาค่าคงที่ที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากสาเหตุของการเฉลี่ยออกของสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ แล้วมีการกระจายรอบค่าดังกล่าวในลักษณะสมมาตร เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัตินี้ คือ การทดสอบความเป็นปกติ (Normal Probability Plot : NOOP) โดยทำการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และมีสมมติฐานทดสอบดังนี้

H_0 : ข้อมูลที่ได้จากระบบจริงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลที่ได้จากระบบจริงไม่มีการแจกแจงแบบปกติ



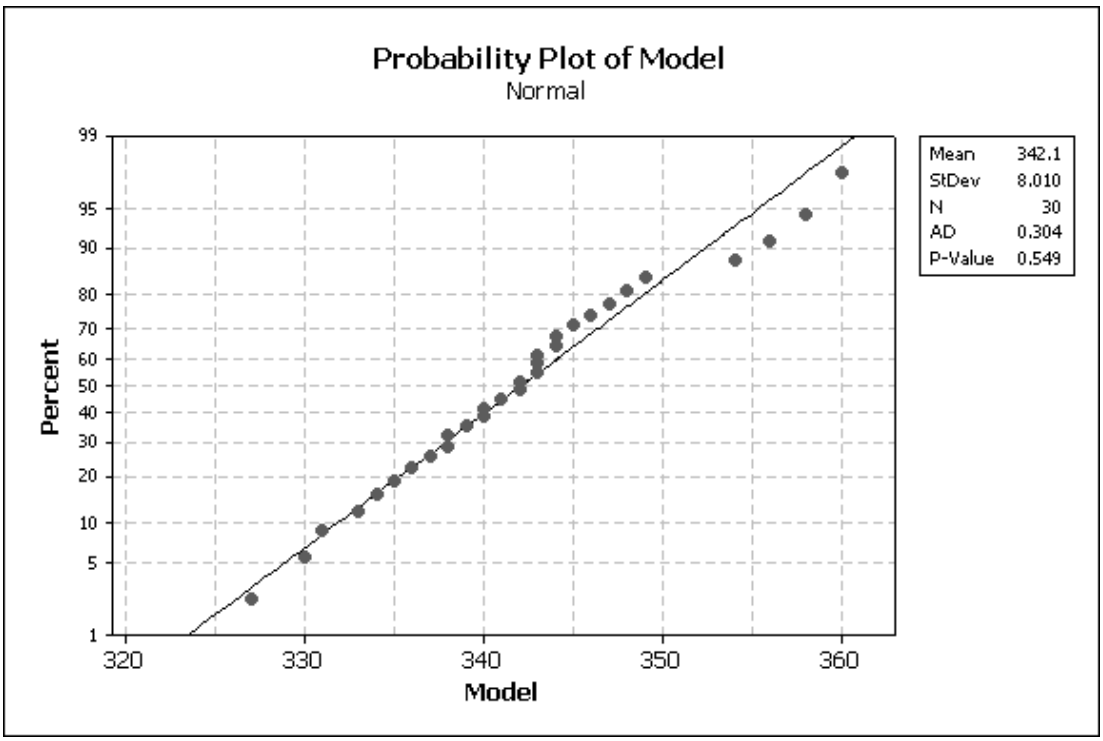
ภาพประกอบ 4. 13 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่เก็บมาจากระบบจริง

จากภาพประกอบ 4.13 กราฟได้ค่าความน่าจะเป็นที่น้อยที่สุด (Probability Value : P-Value) ที่สามารถจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) มีค่าเท่ากับ 0.514 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าข้อมูลที่ได้มาจากระบบจริงมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

เมื่อทราบว่าข้อมูลที่เก็บมาจากระบบจริงมีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบปกติแล้ว ขั้นตอนถัดไป คือ การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลที่เก็บมาจะต้องทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละตัวนั้นมีแนวโน้มเข้าหาค่าคงที่ที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากสาเหตุของการเฉลี่ยออกของสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้แล้วมีการกระจายรอบค่าดังกล่าวในลักษณะสมมาตร ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติการทดสอบความเป็นปกติ (NOOP) โดยทำการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และมีสมมติฐานทดสอบดังนี้

H_0 : ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองไม่มีการแจกแจงแบบปกติ



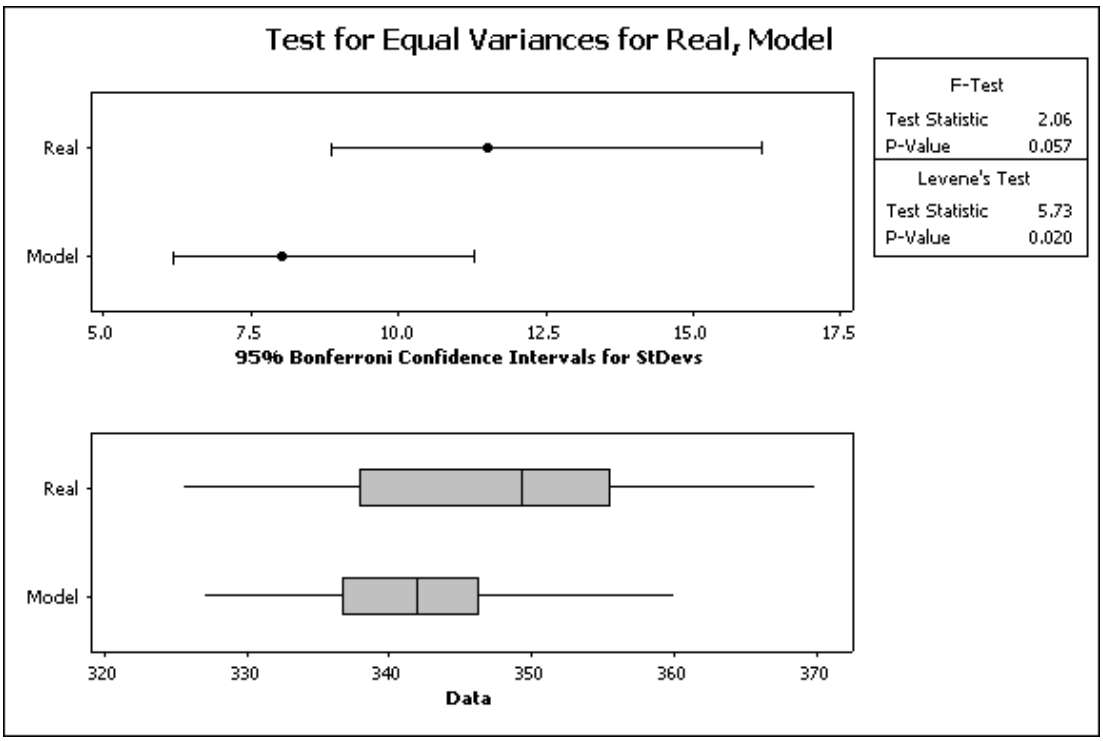
ภาพประกอบ 4. 14 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

จากภาพประกอบ 4.14 กราฟได้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.549 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าข้อมูลที่ได้มาจากแบบจำลองมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

เมื่อทราบว่าข้อมูลที่เก็บมามีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบปกติแล้ว สามารถทำการทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองด้วยตัวสถิติทดสอบ t แต่เนื่องจากไม่ทราบว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลสองชุดแตกต่างกันหรือไม่ จึงต้องทำการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดแตกต่างกัน



ภาพประกอบ 4. 15 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

จากภาพประกอบ 4.15 พบว่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.057 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อทราบว่าความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุดไม่แตกต่างกันในขั้นตอนต่อไป คือ การหารอบการจำลองของแบบจำลองที่เหมาะสม โดยการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มปกติจำนวน 2 ชุด ที่มีความแปรปรวนที่ไม่ทราบค่า แต่ทราบว่าไม่แตกต่างกัน โดยที่ S_X^2 และ S_Y^2 เป็นตัวประมาณค่าของ σ^2 จึงรวมเข้าด้วยกันในรูปของความแปรปรวนร่วม (Pooled Variance) คือ

$$S_p^2 = \frac{(n_X-1)S_X^2 + (n_Y-1)S_Y^2}{n_X + n_Y - 2} \qquad (4.5)$$

กำหนดให้ n_X คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้จากระบบจริง

n_Y คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้จากแบบจำลอง

S_X^2 คือ ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างในระบบจริง

S_Y^2 คือ ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างในแบบจำลอง

โดยมีเงื่อนไขของข้อมูล ดังนี้

(1) โดยข้อมูลทั้ง 2 ชุด สุ่มมาจากตัวอย่างกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดเท่ากับ 30

(2) ค่าของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้จากกลุ่มตัวอย่างของระบบจริง และระบบจำลองมีความเป็นอิสระต่อกัน

(3) ค่าความแปรปรวนของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกของตัวอย่างกลุ่มประชากรทั้ง 2 ระบบ มีค่าเท่ากัน และไม่ทราบค่าที่แน่นอน แต่สามารถทำการประมาณค่าความแปรปรวนของกลุ่มประชากรในระบบจริง (σ_X^2) และความแปรปรวนของกลุ่มประชากรในแบบจำลอง (σ_Y^2) ด้วย S_X^2 และ S_Y^2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 132.02 และ 64.16 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 4.13 และ 4.14 จากเงื่อนไขดังกล่าวจะสามารถหาค่าความแปรปรวนร่วม (S_p^2) ดังสมการ 4.5 ได้ว่า

$$S_p^2 = \frac{(30-1)132.02 + (30-1)64.16}{30+30-2}$$

$$= 98.090$$

ดังนั้น ค่าประมาณความแปรปรวนของค่าความแตกต่างของจำนวนสินค้าเฉลี่ยที่จ่ายออกได้ระหว่างระบบจริง และแบบจำลอง ดังสมการ 4.6

$$V(\overline{X} - \overline{Y}) = S_P \sqrt{\frac{1}{n_X} + \frac{1}{n_Y}} \qquad (4.6)$$

$$= 2.557$$

กำหนดให้ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้จากระบบจริง มีค่าเท่ากับ 347

$\overline{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้จากแบบจำลอง มีค่าเท่ากับ 342

การทดสอบทางสถิติ

$$t_{n_1+n_2-2} = \frac{\overline{X} - \overline{Y} - (\mu_X - \mu_Y)}{S_P\sqrt{\frac{1}{n_X}+\frac{1}{n_Y}}} \qquad (4.7)$$

ภายใต้เงื่อนไขของ α ที่กำหนดให้สมมติฐานหลัก (H_0) เป็นจริง คือ $\mu_X = \mu_Y$ ในสมการ 4.7 จะได้ผลว่า

$$-t_{0.025;58}\, S_p\sqrt{\frac{1}{30}+\frac{1}{30}} \le \overline{X} - \overline{Y} \le t_{0.025;58}\, S_p\sqrt{\frac{1}{30}+\frac{1}{30}}$$

$$-2.0018(2.557) \le \overline{X} - \overline{Y} \le 2.0018(2.557)$$

$$-5.119 \le \overline{X} - \overline{Y} \le 5.119$$

ดังนั้น จึงกำหนดได้ว่า

$$d\left[\overline{X} - \overline{Y}\right] = \begin{cases} H_0: \mu_X = \mu_Y : -5.119 \le \overline{X} - \overline{Y} \le 5.119 \\ H_1: \mu_X \ne \mu_Y \ : \ \overline{X} - \overline{Y} < -5.119 \ ; \ \overline{X} - \overline{Y} > 5.119 \end{cases}$$

จากค่าความแตกต่างของจำนวนสินค้าเฉลี่ยที่จ่ายออกได้ระหว่างระบบจริงกับแบบจำลอง $(\overline{X} - \overline{Y})$ มีค่าเท่ากับ 5.0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 5.119 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นจึงยืนยันผลได้ว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นจากแบบจริงมีค่าไม่แตกต่างจากจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นในระบบจำลองที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

จากการทดสอบข้างต้น เมื่อทราบว่าค่าเฉลี่ยของระบบทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกันแล้ว จึงกำหนดให้ความแตกต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ยจนทำให้เกิดการปฏิเสธสมมติฐานเท่ากับ 5 พาเลต ด้วย

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานร่วม 9.904 พาเลต โดยกำหนดให้มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และให้อำนาจของการทดสอบ (1-β) เท่ากับ 0.95

Power and Sample Size

```
Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 9.905


            Sample
Difference    Size     Power
         5     101  0.946302
         5     102  0.948217
         5     103  0.950069
         5     104  0.951858
         5     105  0.953588
         5     106  0.955260
         5     107  0.956875
         5     108  0.958436
         5     109  0.959943
         5     110  0.961399
         5     111  0.962805

The sample size is for each group.
```

ภาพประกอบ 4. 16 การหาขนาดตัวอย่างของจำนวนรอบการจำลอง

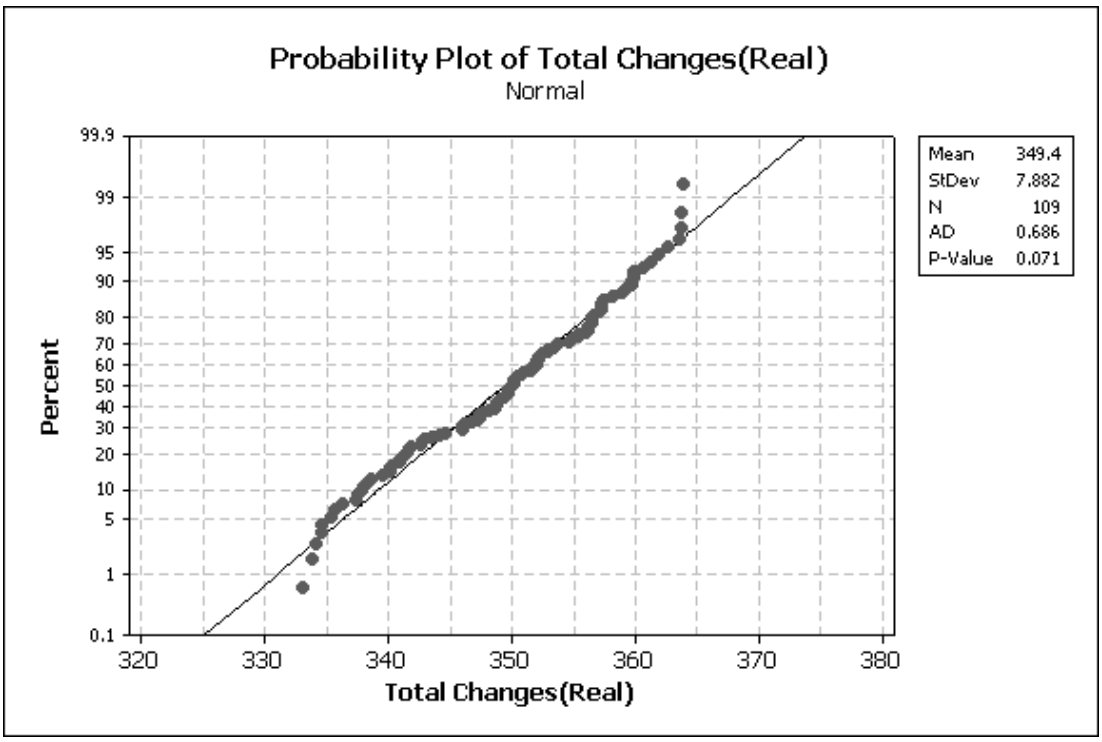
จากภาพประกอบ 4.16 การหาจำนวนรอบการจำลองจึงควรใช้รอบการจำลองประมาณ 103 ถึง 109 ตัว ในการจำลองรอบของแบบจำลอง สำหรับระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานนั้นถูกต้อง และให้อำนาจของการทดสอบเท่ากับ 0.95 เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานนั้นผิด เนื่องจากขนาดตัวอย่าง 106 ถึง 109 ตัว ขนาดสิ่งตัวอย่างจะมีความไวต่อกำลังการทดสอบไม่แตกต่างกัน จึงเลือกใช้ขนาดสิ่งตัวอย่าง 109 ตัว ดังนั้น จึงต้องจำลองเพิ่มอีก 109 – 30 = 79 รอบ เนื่องจากมีจำนวนรอบที่ทำไปแล้ว 30 รอบ สำหรับระบบจริง และสำหรับแบบจำลอง

หลังจากนั้นทำการทดสอบว่าข้อมูลของจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวันที่เกิดขึ้นในระบบจริงชุดใหม่ว่าข้อมูลที่เก็บมามีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบปกติ จากการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากระบบจริง ซึ่งข้อมูลที่เก็บมาจะต้องทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละตัวนั้นมีแนวโน้มเข้าหาค่าคงที่ที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากสาเหตุของการเฉลี่ยออกของสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ แล้วมีการกระจายรอบค่าดังกล่าว

ในลักษณะสมมาตร ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติการทดสอบความเป็นปกติ (NOOP) โดยทำการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และมีสมมติฐานทดสอบดังนี้

H_0 : ข้อมูลที่ได้จากระบบจริงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลที่ได้จากระบบจริงไม่มีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพประกอบ 4. 17 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่เก็บมาจากระบบจริง

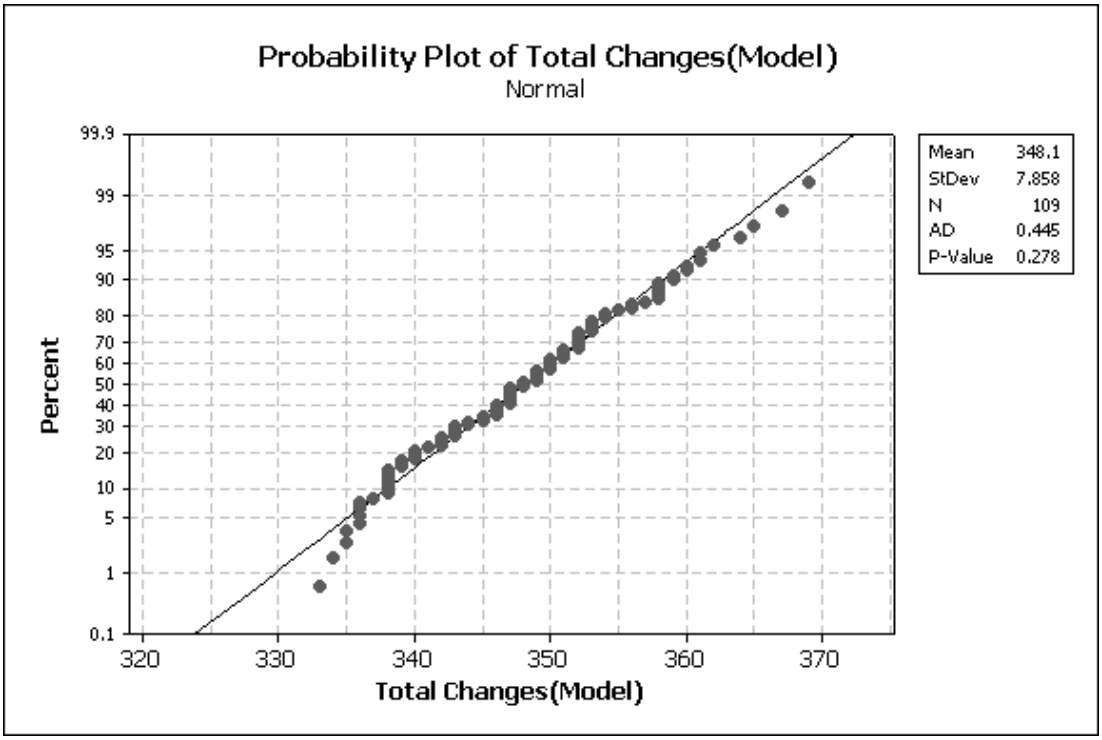
จากภาพประกอบ 4.17 กราฟได้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.071 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าข้อมูลที่ได้มาจากระบบจริงมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

เมื่อทราบว่าข้อมูลที่เก็บมาจากระบบจริงมีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบปกติแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือ การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลที่เก็บมาจะต้องทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละตัวนั้นมีแนวโน้มเข้าหาค่าคงที่ที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากสาเหตุของการเฉลี่ยออกของสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้

แล้วมีการกระจายรอบค่าดังกล่าวในลักษณะสมมาตร ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติการทดสอบความเป็นปกติ (NOOP) โดยทำการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และมีสมมติฐานทดสอบดังนี้

H_0 : ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองไม่มีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพประกอบ 4. 18 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

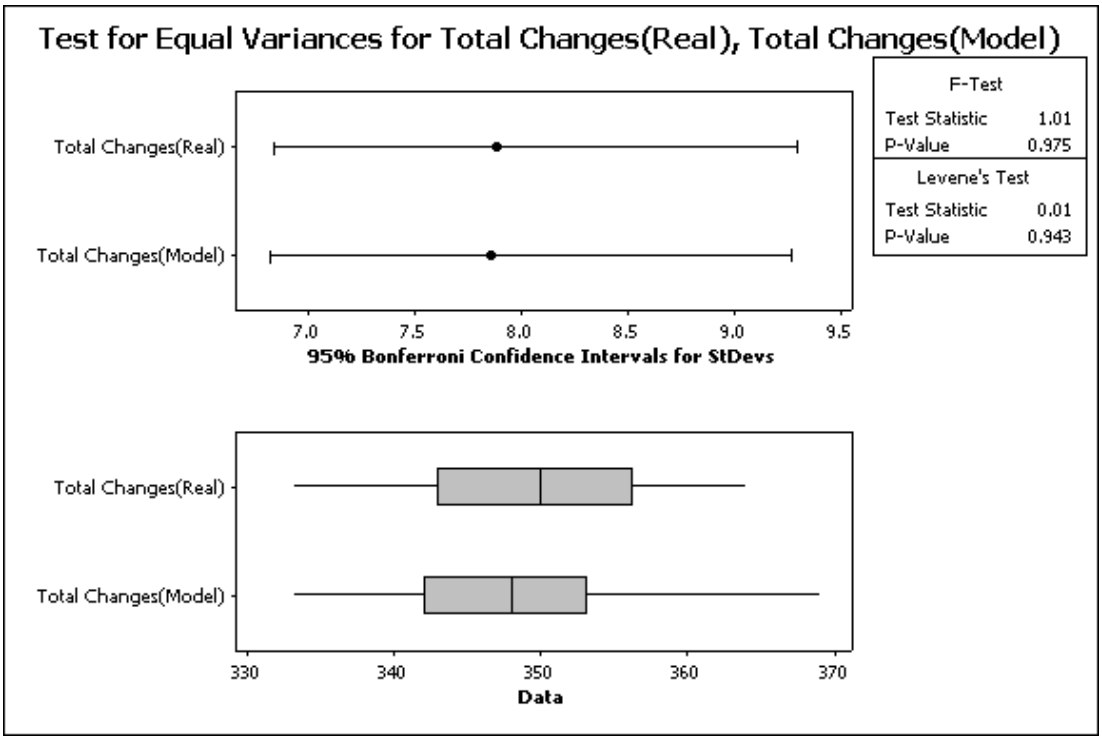
จากภาพประกอบ 4.18 กราฟได้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.278 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าข้อมูลที่ได้มาจากแบบจำลองมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

เมื่อทราบว่าข้อมูลใหม่ที่เก็บมามีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบปกติแล้ว สามารถทำการทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองด้วยตัวสถิติทดสอบ t แต่เนื่องจากไม่ทราบว่าค่า

ความแปรปรวนของข้อมูลสองชุดแตกต่างกันหรือไม่ จึงต้องทำการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดแตกต่างกัน



ภาพประกอบ 4. 19 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

จากภาพประกอบ 4.19 พบว่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.943 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ภายในระบบที่เกิดขึ้นจากระบบจริง และแบบจำลอง โดยตัวสถิติทดสอบ t ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จากมีสมมติฐานข้างต้น

Two-Sample T-Test and CI: Total Changes(Real), Total Changes(Model)

```
Two-sample T for Total Changes(Real) vs Total Changes(Model)

                          N    Mean  StDev  SE Mean
Total Changes(Real)   109  349.41   7.88     0.75
Total Changes(Model)  109  348.11   7.86     0.75

Difference = mu (Total Changes(Real)) - mu (Total Changes(Model))
Estimate for difference:  1.30
95% CI for difference:  (-0.81, 3.40)
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.21 P-Value = 0.226 DF = 215
```

ภาพประกอบ 4. 20 ผลลัพธ์ของการทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบ

จากภาพประกอบ 4.20 กราฟได้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.226 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมีความสมเหตุสมผลกับระบบจริงที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อพบว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นนี้ มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์นี้ มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลที่จะได้จากการปฏิบัติงานในระบบงานจริง ทั้งนี้การวิเคราะห์ และปรับปรุงระบบการดำเนินงานภายในคลังสินค้าได้แสดงในส่วนถัดไป

4.6 การประเมินทางเลือกของระบบ

การประเมินทางเลือกของระบบเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการหาแบบจำลองที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ แล้วนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมและข้อมูลที่สุ่มได้เข้าระบบเพื่อหาผลลัพธ์ โดยต้องออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขของการทดลอง และดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขของการทดลองจนกว่าจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสมและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ แล้วทำการจำลองรูปแบบแทนระบบตามแนวทางแก้ไข และใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจดำเนินการปรับปรุง และพัฒนาระบบต่อไป

จากการประเมินทางเลือกของระบบพบว่ามีปัจจัยที่สนใจอยู่ 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถ

ยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ ที่ต้องทำการทดสอบพร้อมๆ กัน โดยทำการทดลองเบื้องต้น และเก็บข้อมูลของการทดลอง 5 ซ้ำ ซึ่งการออกแบบการทดลองเพื่อเก็บค่าของข้อมูลในการทดลอง ดังแสดงในภาคผนวก ค และนำข้อมูลในการทดลองไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้นดังแสดงในภาพประกอบ 4.21

Multilevel Factorial Design

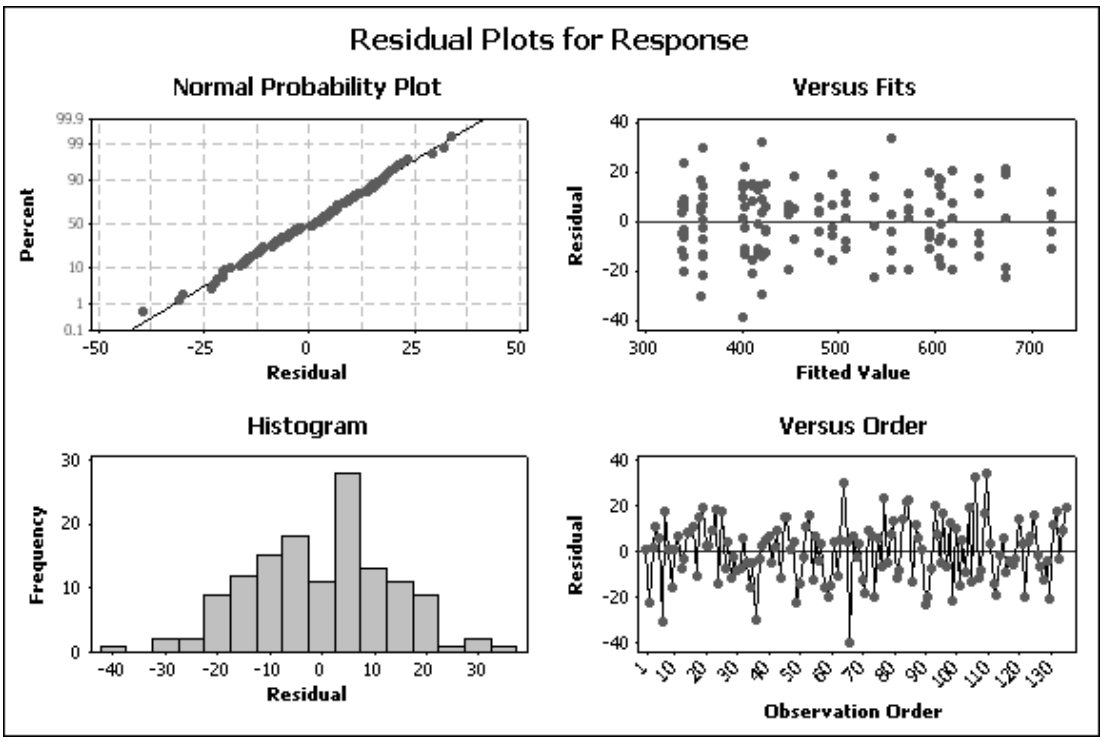
```
Factors:       3     Replicates:      5
Base runs:    27     Total runs:    135
Base blocks:   1     Total blocks:    1

Number of levels: 3, 3, 3
```

General Linear Model: Response versus Layout, QlyTruck, QlyForklift

```
Factor       Type   Levels  Values
Layout       fixed       3  Layout 0, Layout 1, Layout 2
QlyTruck     fixed       3  +0 Trucks, +10 Trucks, +30 Trucks
QlyForklift  fixed       3  -1 Forklift, 0 Forklift, +1 Forklift

Analysis of Variance for Response, using Adjusted SS for Tests
Source                         DF   Seq SS   Adj SS  Adj MS        F      P
Layout                          2   166028   166028   83014   369.66  0.000
QlyTruck                        2  1444961  1444961  722480  3217.22  0.000
QlyForklift                     2    39021    39021   19510    86.88  0.000
Layout*QlyTruck                 4     5137     5137    1284     5.72  0.000
Layout*QlyForklift              4     3718     3718     930     4.14  0.004
QlyTruck*QlyForklift            4    25875    25875    6469    28.81  0.000
Layout*QlyTruck*QlyForklift     8     3777     3777     472     2.10  0.042
Error                         108    24253    24253     225
Total                         134  1712771

S = 14.9855   R-Sq = 98.58%   R-Sq(adj) = 98.24%
```

ภาพประกอบ 4. 21 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้น

ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้ จะต้องทำการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติที่จะนำไปใช้ ว่าได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุมหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ



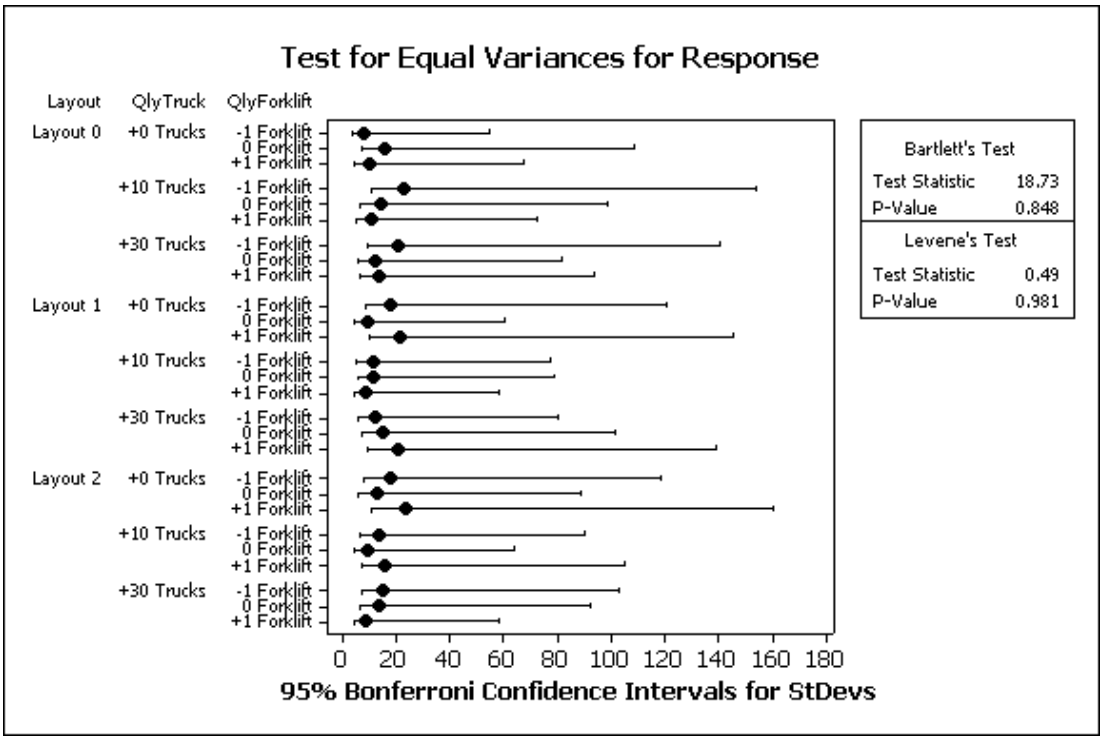
ภาพประกอบ 4. 22 การวิเคราะห์ค่าเศษเหลือและความเพียงพอของแบบจำลอง

จากภาพประกอบ 4.22 วิเคราะห์ค่าเศษเหลือ และความเพียงพอของแบบจำลอง หลังจากทำการป้อนข้อมูลตามลำดับการทดลองเพื่อพิจารณาภาวะสุ่มของข้อมูลจากแผนภูมิควบคุม I (Individual หรือ X-MR) ระหว่างค่าเศษเหลือกับลำดับการทดสอบ พบว่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายใต้พิกัดควบคุม แสดงว่าข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองนี้เป็นอิสระต่อกันเนื่องจากความสุ่ม หลังจากนั้นพิจารณากราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability Plot) หรือฮีสโตแกรม (Histogram) เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่เก็บมามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ โดยในที่นี้เลือกพิจารณาจากฮีสโตแกรมเนื่องจากข้อมูลมากกว่า 30 ตัว จากกราฟพบว่าฮีสโตแกรมแสดงรูปทรงระฆังคว่ำ ส่วนกราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น แสดงว่าข้อมูลที่ใช้ในการทดลองถูกเก็บมาในสภาวะที่ดี คือ ข้อมูลการแจกแจงแบบปกติ เมื่อข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองนี้มีการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะสุ่ม และเป็นอิสระต่อกันแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือ การทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลโดยพิจารณาว่าข้อมูลมีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ จากกราฟไม่พบข้อมูลที่ผิดปกติมากนักซึ่งไม่สามารถยืนยันได้แน่ชัดว่าความแปรปรวนข้อมูลมีค่าคงที่

ทำการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ความแปรปรวนในการทดลองไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความแปรปรวนในการทดลองแตกต่างกันกัน



ภาพประกอบ 4. 23 การทดสอบความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้น

จากการทดสอบข้างต้นพบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จึงเลือกใช้การทดสอบด้วยวิธีการของบาร์ทเล็ท (Bartlett's Test) จากภาพประกอบ 4.23 พบว่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.848 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าความแปรปรวนของระบบทั้งสองชุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อทราบว่าความแปรปรวนในการทดลองไม่แตกต่างกันแล้ว จึงสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการหารอบการจำลองของแบบจำลองที่เหมาะสม

การหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมของจำนวนรอบการจำลองสำหรับการทดสอบความมีนัยสำคัญ จะขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) โดยใช้สัญลักษณ์ β (Beta) ซึ่งเป็นการตัดสินใจผิดพลาดจากการยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมติฐานไม่เป็นจริง ในการทดสอบสมมติฐานจะต้องควบคุมความเสี่ยงในการตัดสินใจด้วยการกำหนดให้ α คงที่ แล้วพยายามออกแบบให้ β มีค่าต่ำที่สุดด้วยการลดขนาดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานลง โดยพิจารณาถึงค่าที่เหมาะสมของขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการจำลองรอบการจำลอง จากค่าต่ำสุดของพารามิเตอร์ของเส้นโค้งโอซี (ϕ^2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า (A)

$$\phi^2 = \frac{nbcD^2}{2a\sigma^2} \tag{4.8}$$

สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า (B)

$$\phi^2 = \frac{nacD^2}{2b\sigma^2} \tag{4.9}$$

สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า (C)

$$\phi^2 = \frac{nabD^2}{2c\sigma^2} \tag{4.10}$$

สำหรับอันตรกริยาระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า (AB)

$$\phi^2 = \frac{ncD^2}{2\sigma^2\left[(a-1)(b-1)+1\right]} \tag{4.11}$$

สำหรับอันตรกริยาระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า (AC)

$$\phi^2 = \frac{nbD^2}{2\sigma^2[(a-1)(c-1)+1]} \quad (4.12)$$

สำหรับอันตรกริยาระหว่างระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า (BC)

$$\phi^2 = \frac{naD^2}{2\sigma^2[(b-1)(c-1)+1]} \quad (4.13)$$

สำหรับอันตรกริยาระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า (ABC)

$$\phi^2 = \frac{nD^2}{2\sigma^2[(a-1)(b-1)(c-1)+1]} \quad (4.14)$$

สำหรับการตรวจจับความแตกต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ย (D) จนทำให้เกิดการปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่งกำหนดจากความแตกต่างมากที่สุดของจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวันที่แผนกคลังสินค้าที่ถือว่าแตกต่างซึ่งคิดเป็นจำนวนตู้สินค้าเท่ากับ 3 ตู้ หรือเท่ากับ 24 พาเลตต่อวัน ด้วยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 14.9855 พาเลต ซึ่งประมาณค่าได้จากรากที่สองของค่ากำลังสองเฉลี่ยที่เกิดจากความผิดพลาด (Mean Square Error : MS_E) ดังแสดงในภาพประกอบ 4.21

จากสมการสามารถแสดงได้ว่าค่าต่ำสุดของ ϕ^2 ของปัจจัยหลัก A ดังสมการ 4.8 จะได้ว่า

$$\phi^2 = \frac{n(3)(3)(24)^2}{2(3)(14.9855)^2}$$
$$= 3.85n$$

ดังนั้นค่าต่ำสุดของ ϕ^2 ของปัจจัยหลัก B และ C คือ

$$\phi^2 = 3.85n$$

ค่าต่ำสุดของ ϕ^2 ของอันตรกริยาระหว่างปัจจัย AB ดังสมการ 4.11 จะได้ว่า

$$\phi^2 = \frac{n(3)(24)^2}{2(14.9855)^2\left[(3-1)(3-1)+1\right]}$$
$$= 0.77n$$

ดังนั้นค่าต่ำสุดของ ϕ^2 ของอันตรกริยาระหว่างปัจจัย AC และ BC คือ

$$\phi^2 = 0.77n$$

และค่าต่ำสุดของ ϕ^2 ของอันตรกริยาระหว่างปัจจัย ABC ดังสมการ 4.14 จะได้ว่า

$$\phi^2 = \frac{n(24)^2}{2(14.9855)^2\left[(3-1)(3-1)(3-1)+1\right]}$$
$$= 0.14n$$

ในการกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม จะต้องได้มาจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) ค่าของขนาดสิ่งตัวอย่าง โดยเลือกทำการทดสอบเฉพาะในส่วนของอันตรกริยาระหว่างปัจจัย ABC ซึ่งจะให้ค่าขนาดของตัวอย่างที่มีขนาดมากสุดครอบคลุมทุกระดับของปัจจัยทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภท 2 มีค่าน้อยลงตามไปด้วย โดยกำหนดให้มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และกำหนดให้อำนาจของการทดสอบ $(1-\beta)$ เท่ากับ 0.95 โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0$
$H_1 : (\tau\beta\gamma)_{ijk} \neq 0$

กำหนดให้ τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัยการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า
β_j คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ j ของปัจจัยจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า
γ_k คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ k ของปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า
$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกริยาระหว่าง τ_i β_j และ γ_k

ตารางที่ 4. 9 แสดงการลองผิดลองถูกของการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

n	ϕ^2	ϕ	ν_1= (a-1)(b-1)(c-1)	ν_2= abc(n-1)	β	1-β
10	1.40	1.18	8	270	0.55	0.45
20	2.80	1.67	8	540	0.16	0.84
21	2.94	1.71	8	567	0.08	0.92
22	3.08	1.75	8	594	0.08	0.92
23	3.22	1.79	8	621	0.06	0.94
24	3.36	1.83	8	648	0.05	0.95
25	3.50	1.87	8	675	0.04	0.96

จากตารางที่ 4.9 พิจารณาหาขนาดตัวอย่างของจำนวนรอบการจำลอง ควรใช้รอบการจำลองเท่ากับ 24 ซ้ำ ในแต่ละระดับของปัจจัย สำหรับระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานนั้นถูกต้อง และให้อำนาจของการทดสอบเท่ากับ 0.95 เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานนั้นผิด เนื่องจากแบบจำลองทางสถิติสำหรับการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับซึ่งจะมีข้อมูลที่ได้ทั้งหมดในการทดสอบเท่ากับ 3x3x3 = 27 ระดับ เมื่ออันตรกริยาที่เป็นไปได้ทั้งหมดถูกนำเข้ามาพิจารณาในแบบจำลอง จึงทำการจำลองรอบของแบบจำลองในทุกระดับของปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ 648 ตัว โดยต้องจำลองเพิ่มอีก 24 – 5 = 19 รอบ ในแต่ละระดับของปัจจัย เนื่องจากมีจำนวนรอบที่ทำไปแล้ว 5 รอบ

4.6.4 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลที่มี 3 ปัจจัยอยู่ในความสนใจ คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 4.10 โดยแบบจำลองทางสถิติสำหรับการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย จะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยจำนวน 27 การทดลอง ดังนั้นจะมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 26 ผลหลักแต่ละตัวมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 2 อันตรกริยา

แบบ 2 ปัจจัยแต่ละตัวจะมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 4 และอันตรกริยาแบบ 3 ปัจจัยแต่ละตัวจะมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 8 โดยการออกแบบการทดลองเพื่อเก็บค่าของข้อมูลในการทดลอง ดังแสดงในภาคผนวก ง โดยข้อมูลจากการทดลองสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแบบจำลองสถิติเชิงเส้น (Linear Statistical Model) ดังในสมการ 4.15 คือ

$$y = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \qquad (4.15)$$

กำหนดให้ y คือ จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน

μ คือ ผลเฉลี่ยทั้งหมด

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัยการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า

β_j คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ j ของปัจจัยจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า

γ_k คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ k ของปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกริยาระหว่าง τ_i และ β_j

$(\tau\gamma)_{ik}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกริยาระหว่าง τ_iและ γ_k

$(\beta\gamma)_{jk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกริยาระหว่าง β_j และ γ_k

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกริยาระหว่าง τ_i β_j และ γ_k

ε_{ijkl} คือ องค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม

โดยมีสมมุติฐานของการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ได้ดังนี้

H_0 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บมีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_0 : จำนวนรถบรรทุกไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : จำนวนรถบรรทุกมีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_0 : จำนวนรถยกไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : จำนวนรถยกมีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_0 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ และจำนวนรถบรรทุก
ไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ และจำนวนรถบรรทุก
มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_0 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ และจำนวนรถยก
ไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ และจำนวนรถยก
มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_0 : จำนวนรถบรรทุก และจำนวนรถยกไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : จำนวนรถบรรทุก และจำนวนรถยกมีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_0 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ จำนวนรถบรรทุก และจำนวนรถยก
ไม่มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

H_1 : การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บ จำนวนรถบรรทุก และจำนวนรถยก
มีผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ตารางที่ 4. 10 แสดงรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย

Factor B	Factor C	Factor A (Layout)		
(Truck)	(Forklift)	0	1	2
0	0	000	100	200
0	1	001	101	201
0	2	002	102	202
1	0	010	110	210
1	1	011	111	211
1	2	012	112	212
2	0	020	120	220

ตารางที่ 4.10 แสดงรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย (ต่อ)

Factor B	Factor C	Factor A (Layout)		
(Truck)	(Forklift)	0	1	2
2	1	021	121	221
2	2	022	122	222

Multilevel Factorial Design

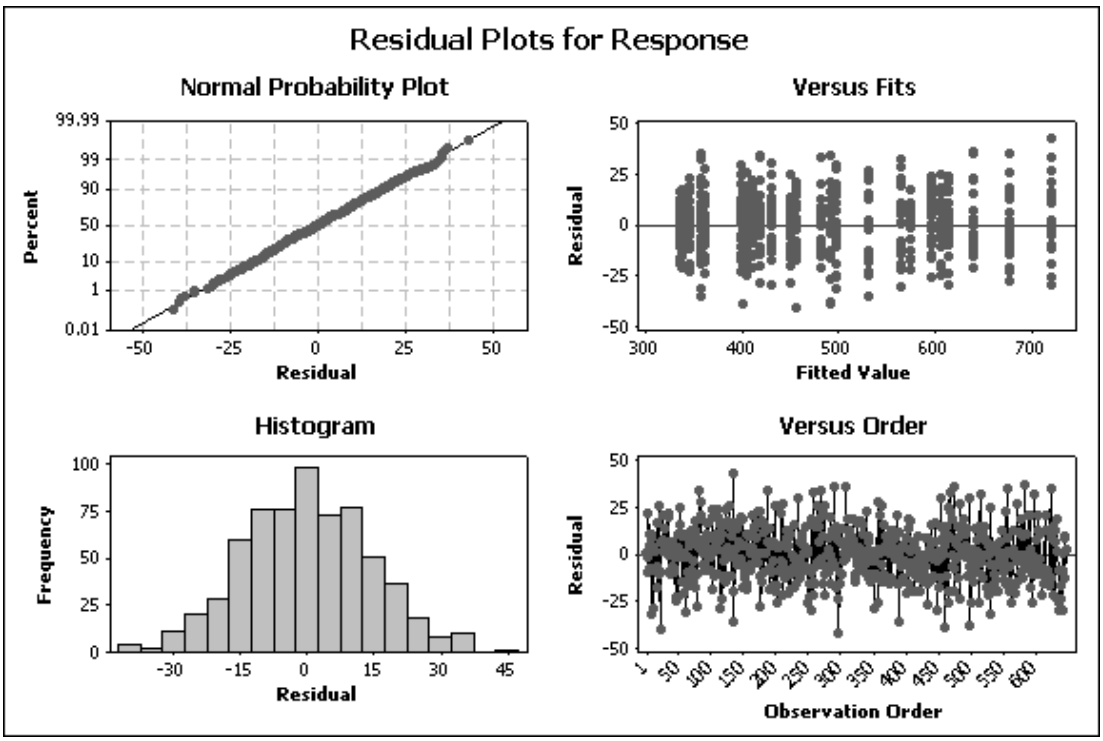
```
Factors:       3     Replicates:     24
Base runs:    27     Total runs:    648
Base blocks:   1     Total blocks:    1

Number of levels: 3, 3, 3
```

General Linear Model: Response versus Layout, QlyTruck, QlyForklift

```
Factor       Type   Levels  Values
Layout       fixed       3  Layout 0, Layout 1, Layout 2
QlyTruck     fixed       3  +0 Trucks, +10 Trucks, +30 Trucks
QlyForklift  fixed       3  -1 Forklift, 0 Forklift, +1 Forklift

Analysis of Variance for Response, using Adjusted SS for Tests

Source                        DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS         F      P
Layout                         2  1040008  1040008   520004   2455.34  0.000
QlyTruck                       2  5983755  5983755  2991877  14126.95  0.000
QlyForklift                    2   349695   349695   174848    825.59  0.000
Layout*QlyTruck                4    83667    83667    20917     98.76  0.000
Layout*QlyForklift             4    32628    32628     8157     38.51  0.000
QlyTruck*QlyForklift           4   306184   306184    76546    361.43  0.000
Layout*QlyTruck*QlyForklift    8    71234    71234     8904     42.04  0.000
Error                        621   131519   131519      212
Total                        647  7998689

S = 14.5528   R-Sq = 98.36%   R-Sq(adj) = 98.29%
```

ภาพประกอบ 4. 24 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบ

ก่อนนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้จะต้องทำการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติที่จะนำไปใช้ ว่าได้รับการเก็บมาจากสภาวะควบคุมหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ



ภาพประกอบ 4. 25 การวิเคราะห์ค่าเศษเหลือและความเพียงพอของแบบจำลอง

จากภาพประกอบ 4.25 วิเคราะห์ค่าเศษเหลือและความเพียงพอของแบบจำลอง หลังจากทำการป้อนข้อมูลตามลำดับการทดลองเพื่อพิจารณาภาวะสุ่มของข้อมูลจากแผนภูมิควบคุม I ระหว่างค่าเศษเหลือกับลำดับการทดสอบ พบว่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายใต้พิกัดควบคุม แสดงว่าข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองนี้เป็นอิสระต่อกันเนื่องจากความสุ่ม หลังจากนั้นพิจารณากราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติหรือฮีสโตแกรมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่เก็บมามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ โดยในที่นี้เลือกพิจารณาจากฮีสโตแกรมเนื่องจากข้อมูลมากกว่า 30 ตัว จากกราฟพบว่าฮีสโตแกรมแสดงรูปทรงระฆังคว่ำส่วนกราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น แสดงว่าข้อมูลที่ใช้ในการทดลองถูกเก็บมาในสภาวะที่ดี คือ ข้อมูลการแจกแจงแบบปกติ เมื่อข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองนี้มีการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะสุ่ม และเป็นอิสระต่อกันแล้ว ขั้นตอนถัดไป คือ การทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลโดยพิจารณาว่าข้อมูลมีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ จากกราฟไม่พบข้อมูลที่ผิดปกติ จึงสามารถยืนยันได้แน่ชัดว่าความแปรปรวนข้อมูลมีค่าคงที่

จากตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติ และแสดงผลแล้วว่าข้อมูลที่ได้มีความเพียงพอ และถูกต้องตามแผนการทดลองแล้ว ขั้นตอนถัดไปที่ต้องทำการวิเคราะห์ค่า R^2 ซึ่ง

เกิดจากความผันแปรทั้งหมดของข้อมูลว่าเกิดจากความผันแปรจากปัจจัยเท่าใด จากภาพประกอบ 4.24 พบว่าการทดลองนี้มีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 98.36% แสดงว่าตัวแบบการทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ดี และสามารถสรุปได้ว่าความผันแปร 100 ส่วน มีผลเนื่องมาจากปัจจัยที่ควบคุมได้ 98.36 ส่วน อีก 1.64 ส่วนมาจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้

หลังจากทราบว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ดี จากการทดสอบ R^2 แล้ว ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองจากภาพประกอบ 4.24 พบว่าค่า P-Value ของปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยมีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญ และในส่วนของอันตรกริยาของทั้ง 2 และ 3 ปัจจัยมีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าอันตรกริยาของปัจจัยทั้ง 2 และ3 มีผลอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

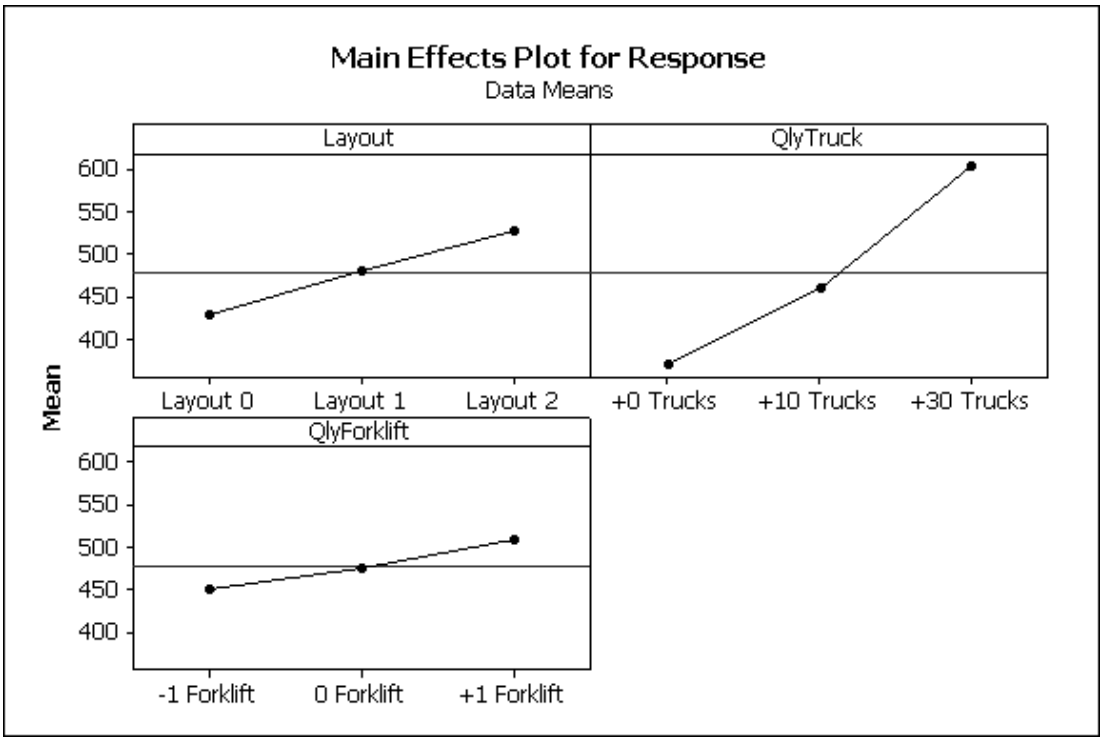
เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้วนั้น ลำดับถัดไป คือ การวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวันกับปัจจัยการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ปัจจัยจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ดังแสดงในภาพประกอบ 4.26

Regression Analysis:
Response versus Layout, QlyTruck, QlyForklift, Layout*QlyTruck, Layout*QlyForklift, QlyTruck*QlyForklift, Layout*QlyTruck*QlyForklift.

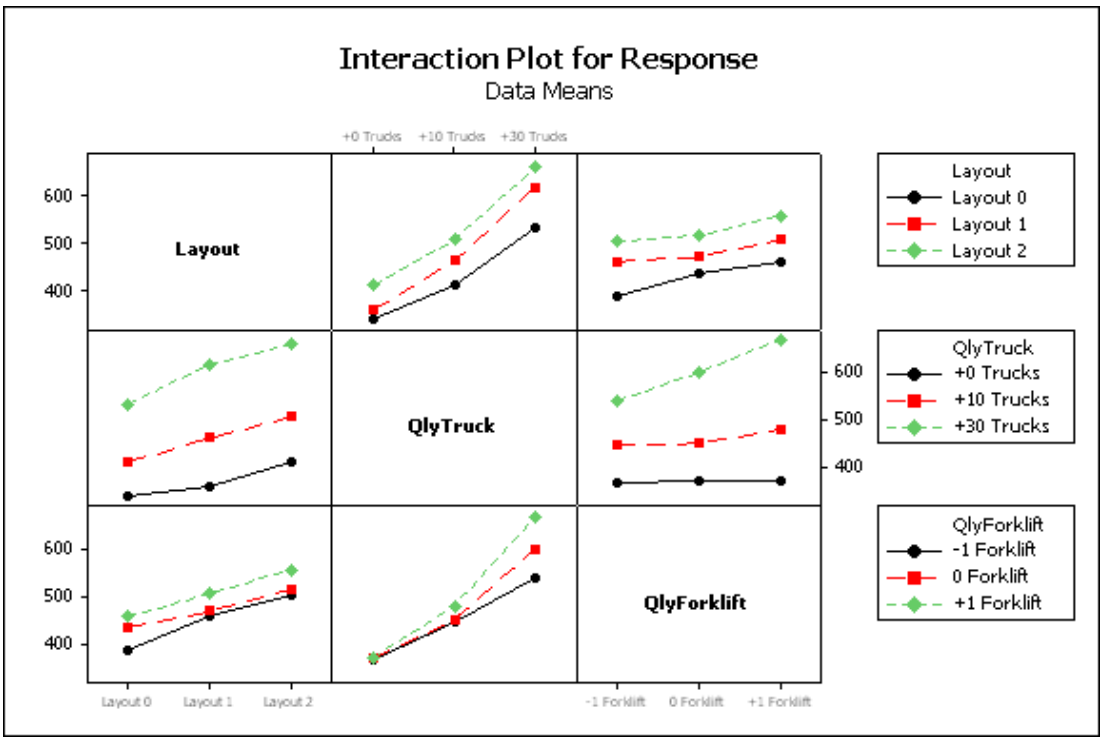
```
The regression equation is
Response = 486 + 25.3 Layout + 108 QlyTruck + 37.5 QlyForklift
          + 22.2 Layout*QlyTruck + 11.8 Layout*QlyForklift
          + 32.6 QlyTruck*QlyForklift + 21.7 Layout*QlyTruck*QlyForklift

Predictor                       Coef  SE Coef       T      P
Constant                     486.050    2.444  198.87  0.000
Layout                        25.250    2.444   10.33  0.000
QlyTruck                     107.800    2.444   44.11  0.000
QlyForklift                   37.550    2.444   15.36  0.000
Layout*QlyTruck               22.250    2.444    9.10  0.000
Layout*QlyForklift            11.800    2.444    4.83  0.000
QlyTruck*QlyForklift          32.600    2.444   13.34  0.000
Layout*QlyTruck*QlyForklift   21.700    2.444    8.88  0.000

S = 15.4572   R-Sq = 98.8%   R-Sq(adj) = 98.5%
```

ภาพประกอบ 4. 26 แสดงสมการถดถอย

จากสมการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า (Layout) มีค่าเท่ากับ 25.3 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ (y) ต่อหนึ่งหน่วยของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า เมื่อจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้ามีค่าคงที่ ในส่วนสัมประสิทธิ์ของปัจจัยตัวอื่นๆก็เช่นกัน โดยสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า (QlyTruck) และปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า (QlyForklift) มีค่าเท่ากับ 108.0 และ 37.5 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการจ่ายออกสินค้ามีผลต่อจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้มากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับกราฟแสดงผลที่เกิดจากแต่ละปัจจัยหลักในภาพประกอบ 4.27 และในส่วนของอันตรกริยาของทั้ง 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนรถบรรทุก และปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า มีผลต่อจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้มากที่สุด ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับกราฟแสดงผลที่เกิดจากอันตรกริยาของทั้ง 3 ปัจจัยในภาพประกอบ 4.28 เช่นกัน



ภาพประกอบ 4. 27 กราฟแสดงผลที่เกิดจากแต่ละปัจจัยหลัก



ภาพประกอบ 4. 28 แสดงผลที่เกิดจากอันตรกริยาของทั้ง 3 ปัจจัย

4.7 สรุปผลการวิเคราะห์

จากการทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ดังนี้

4.7.1 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกต่างกัน นั่นคือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.27 แสดงกราฟของผลตอบเฉลี่ย (Marginal Response Average) ที่ระดับต่างๆของปัจจัย พบว่าผลหลักดังกล่าวมีค่าเป็นบวก และถ้าพิจารณาเพียงแต่ผลหลักสามารถยืนยันได้ว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนแบบการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า โดยใช้ระบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มสินค้าตามยอดเบิกออกของสินค้าในแต่ละกลุ่ม และแต่ละขนาด ตามลำดับ

4.7.2 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกต่างกัน นั่นคือ จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.27 แสดงกราฟของผลตอบเฉลี่ยที่ระดับต่างๆของปัจจัยพบว่าผลหลักดังกล่าวมีค่าเป็นบวก และถ้าพิจารณาเพียงแต่ผลหลัก สามารถยืนยันได้ว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า

4.7.3 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกต่างกัน นั่นคือ จำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.27 แสดงกราฟของผลตอบเฉลี่ยที่ระดับต่างๆของปัจจัยพบว่าผลหลักดังกล่าวมีค่าเป็นบวก และถ้าพิจารณาเพียงแต่ผลหลัก สามารถยืนยันได้ว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำเพิ่มจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า

4.7.4 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกต่างกัน นั่นคือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.28 แสดงให้เห็นว่าอันตรกริยาของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าที่ระดับทั้ง 3 มีอิทธิผลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน เนื่องจากเส้นของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าไม่ขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้ง 2 มีอันตรกริยาซึ่งกันและกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน และระดับต่างๆของจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า พบว่าผลที่ดีที่สุดอยู่ที่การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 และเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน

4.7.5 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกต่างกัน นั่นคือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.28 แสดงให้เห็นว่าอันตรกริยาของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าที่ระดับทั้ง 3 มีอิทธิผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน เนื่องจากเส้นของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าไม่ขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้ง 2 มีอันตรกริยาซึ่งกันและกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน และระดับต่างๆของจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า พบว่าผลที่ดีที่สุดอยู่ที่การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 และเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คันในส่วนคลังสินค้า

4.7.6 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.09 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกแตกต่างกัน นั่นคือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.28 แสดงให้เห็นว่าอันตรกริยาของปัจจัยที่เกี่ยวกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าที่ระดับทั้ง 3 มีอิทธิผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน เนื่องจากเส้นของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่เกี่ยวกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าไม่ขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้ง 2 มีอันตรกริยาซึ่งกันและกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน และระดับต่างๆของจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า พบว่าผลที่ดีที่สุดอยู่ที่การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกอีก 30 คัน และเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คันในส่วนคลังสินค้า

4.7.7 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าทำให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกต่างกัน นั่นคือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออก

ภาพประกอบ 4.28 แสดงให้เห็นว่าอันตรกริยาของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้ามีอิทธิผลต่อจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวัน ที่ระดับต่างๆของปัจจัย และจากการพิจารณากราฟอันตรกริยาของ 2 ปัจจัยทั้งหมดพร้อมกัน สามารถยืนยันได้ว่าการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกอีก 30 คันและเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คันในส่วนคลังสินค้า ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ต่อวันสูงสุดในระบบ

จากการปรับเปลี่ยนการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า มีผลต่อค่าเวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบ ผลการทดลองของแบบจำลองสถานการณ์ในการประเมินทางเลือกของระบบ ได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในคลังสินค้ากรณีศึกษา โดยทำการปรับเปลี่ยนสภาพและองค์ประกอบของระบบให้มีลักษณะหรือพฤติกรรมภายใต้สถานการณ์ แต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบ ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์นี้จะถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบหรือข้อมูลในการตัดสินใจปรับปรุงระบบ เพื่อให้ได้วิธีการหรือแนวทางที่ทำให้เวลาในการทำงานล่วงเวลาต่อวันของแผนกคลังสินค้าน้อยกว่า 30 นาที ตามเป้าหมายที่ได้จากการศึกษาเวลาตารางที่ 4.1 และจากตารางดังกล่าว เมื่อนำจำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้ในแต่ละวัน มาคำนวณเป็นจำนวนพาเลตสินค้าทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 40+192+126 = 358 พาเลต ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4. 11 แสดงจำนวนพาเลทสินค้าที่จ่ายออกได้ของแผนกคลังสินค้าใน 1 วัน

ประเภทรถบรรทุกสินค้า	จำนวนพาเลต สินค้าที่บรรจุได้	จำนวนตู้สินค้า ที่จ่ายออกได้	จำนวนพาเลต ทั้งหมด
รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	8	5	40
รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต	12	16	192
รถเทรลเลอร์	14	9	126

ดังนั้นตัวแบบที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ จะต้องมีเวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบน้อยกว่า (8x60x60)/358 = 80 วินาทีต่อพาเลต ซึ่งค่าดังกล่าวจำนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบในบทถัดไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายออกสินค้าของแผนกคลังสินค้า ในขณะที่ต้นทุนค่าแรงในการดำเนินงานคลังสินค้าลดลง

จากวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พยายามที่จะนำวิธีการวิเคราะห์ปัญหาตามหลักคิวซีสตอรีร่วมกับเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการเข้ามาช่วยในการปรับปรุง และพัฒนาระบบการดำเนินงานภายในคลังสินค้า จากการสำรวจสภาพปัญหา และศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานในคลังสินค้ากรณีศึกษาหัวข้อปัญหา คือ การลดเวลาการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า ซึ่งได้รับการกำหนดจากคำร้องเรียนของแผนกบัญชีซึ่งถือได้ว่าเป็นลูกค้าภายในของแผนกคลังสินค้า โดยการตั้งค่าเป้าหมายในการดำเนินการแก้ไขปัญหาจากการศึกษาการทำงานและการศึกษาเวลา คือ การลดเวลาการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้าให้มีค่าไม่เกิน 30 นาทีต่อวัน จากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา และประเมินความสำคัญของข้อบกพร่อง โดยใช้คะแนนความเสี่ยงชี้นำในการจัดลำดับความสำคัญของอาการของปัญหา พบว่าสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถสรุปแยกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการจัดแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้า สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของผู้ส่งมอบในการจัดหารถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนจัดสรรทรัพยากรรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ปรับปรุง และแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ แบบจำลองการดำเนินงานภายในคลังสินค้า กรณีศึกษาที่ได้สร้างขึ้นนี้ จะมุ่งเน้นในส่วนของการจ่ายออกสินค้าออกจากคลัง เนื่องจากเป็นส่วนที่ประสบปัญหามากที่สุด อีกทั้งยังเป็นส่วนที่ส่งผลโดยตรงต่อระดับในการให้บริการแก่ลูกค้า ทั้งนี้สามารถแบ่งแบบจำลองออกได้เป็น 3 ส่วนตามขั้นตอนการดำเนินงาน คือ 1) การเข้ามารับบริการของลูกค้า 2) การเบิกสินค้า และการตรวจสอบก่อนออกจากคลังสินค้า 3) การจัดเรียงสินค้าขึ้นตู้สินค้าทั้งนี้แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกพัฒนาบนโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า ProModel ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากใช้รูปภาพในการแสดงผล และมีความยืดหยุ่นในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ค่อนข้างสูง โดยข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ 1) ข้อมูลเวลาการเข้ามารับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย 2) ข้อมูลประเภทและจำนวนสินค้าแต่ละขนาดที่เบิกออก 3) ข้อมูลการแจกแจงและพารามิเตอร์ของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆในการดำเนินงานภายในคลังสินค้า 4) ข้อมูลระยะทางของที่จัดเก็บสินค้าและความน่าจะเป็นของสินค้าที่ถูกจัดเก็บ โดยในการสร้างแบบจำลองจะใช้วิธีการสร้างและตรวจสอบแบบจำลองทีละส่วนย่อย ซึ่งจะกระทำได้ง่ายและมีความถูกต้องมากกว่าในกรณีที่พิจารณาพร้อมกันทั้งระบบ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีองค์ประกอบครบถ้วนเช่นเดียวกับระบบงานจริง ซึ่งผลที่ได้พบว่าแบบจำลองสถานการณ์การดำเนินงานภายในคลังสินค้าที่ได้สร้างขึ้นมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ทั้งนี้จะมีการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองอีกครั้งด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องและมีความสมเหตุสมผลกับระบบจริง โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางเลือกจากปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ และใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วยในการเปรียบเทียบแบบจำลองทางเลือก โดยเลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) เมื่อนำแบบจำลองทั้งหมดที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการการจัดการคลังสินค้ามาเปรียบเทียบกัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5. 1 แสดงเวลาโดยเฉลี่ยของพาเลตสินค้าแต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบ

ตัวแบบ	ทางเลือกของระบบ			จำนวนเฉลี่ยของสินค้าที่จ่ายออกได้ (พาเลต)	เวลาเฉลี่ยของสินค้าที่อยู่ในระบบ (วินาที)
	แผนผังตำแหน่งจัดเก็บ	จำนวนรถบรรทุก	จำนวนรถยก		
000	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	336	86
001	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	343	84
002	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	348	83
010	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	401	72

ตารางที่ 5. 1 แสดงเวลาโดยเฉลี่ยของพาเลตสินค้าแต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบ (ต่อ)

ตัวแบบ	ทางเลือกของระบบ			จำนวนเฉลี่ยของสินค้าที่จ่ายออกได้ (พาเลต)	เวลาเฉลี่ยของสินค้าที่อยู่ในระบบ (วินาที)
	แผนผังตำแหน่งจัดเก็บ	จำนวนรถบรรทุก	จำนวนรถยก		
011	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	399	73
012	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	430	67
020	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	566	51
021	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	578	50
022	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	609	48
100	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	359	80
101	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	356	81
102	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	361	79
110	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	449	65
111	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	455	64
112	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	484	60
120	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	578	50
121	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	597	49
122	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	676	43
200	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	407	71
201	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	412	70
202	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	419	69
210	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	491	59
211	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	497	58

ตารางที่ 5. 1 แสดงเวลาโดยเฉลี่ยของพาเลตสินค้าแต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบ (ต่อ)

ตัวแบบ	ทางเลือกของระบบ			จำนวนเฉลี่ยของสินค้าที่จ่ายออกได้ (พาเลต)	เวลาเฉลี่ยของสินค้าที่อยู่ในระบบ (วินาที)
	แผนผังตำแหน่งจัดเก็บ	จำนวนรถบรรทุก	จำนวนรถยก		
212	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	530	55
220	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	611	47
221	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	640	45
222	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	724	40

5.1.1 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า ที่ไม่มีการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า แบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวันคือ แบบจำลองที่มีแผนผังจัดวางตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 (แบ่งตำแหน่งจัดเก็บ ตามขนาดสินค้า)

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 412 พาเลต นั่นเท่ากับว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 70 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.64 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้นหากสามารถปรับแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ถึง 14 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 16.67 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

5.1.2 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า แบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวัน คือ แบบจำลองที่มีการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน (ระบบมีรถบรรทุกเข้ามารับสินค้าเท่ากับ 60 คันต่อวัน)

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 578 พาเลต นั่นเท่ากับว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 50 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.33 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้นหากสามารถจัดหาจำนวนรถบรรทุกให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ถึง 34 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 40.48 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

5.1.3 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า แบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวัน คือ แบบจำลองที่มีการเพิ่มจำนวนรถยกในส่วนคลังสินค้าอีก 1 คัน (ระบบมีจำนวนรถยกทั้งหมด 5 คัน)

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 348 พาเลต นั่นเท่ากับว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 83 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.57 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้นหากสามารถการจัดสรรจำนวนรถยกให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ 1 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 1.12 โดยมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ 15 นาที ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ 30 นาทีต่อวัน

5.1.4 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าร่วมกับปัจจัยการจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า ที่ไม่มีการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า แบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวัน คือ แบบจำลองที่มีแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 และเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 640 พาเลต นั่นเท่ากับว่าโดยเฉลี่ยเวลาที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 45 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.75 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้น

หากสามารถปรับแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ถึง 39 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 46.43 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

5.1.5 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าร่วมกับปัจจัยการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ที่ไม่มีการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าแบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวัน คือ แบบจำลองที่มีแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 และเพิ่มจำนวนรถยกในส่วนคลังสินค้าอีก 1 คัน

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 419 พาเลต นั่นเท่ากับว่าโดยเฉลี่ยเวลาที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 69 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.18 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้นหากสามารถปรับแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า และเพิ่มจำนวนรถยกให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ถึง 15 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 17.86 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

5.1.6 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้าร่วมกับปัจจัยการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวัน คือ แบบจำลองที่มีการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน และเพิ่มจำนวนรถยกในส่วนคลังสินค้าอีก 1 คัน

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 609 พาเลต นั่นเท่ากับว่าโดยเฉลี่ยเวลาที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 48 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.42 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้นหากสามารถเพิ่มจำนวนรถบรรทุก และเพิ่มจำนวนรถยกให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ถึง 36 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 42.86 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

5.1.7 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า ปัจจัยการจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และปัจจัยการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้าแบบจำลองที่มีผลทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกอยู่ในระบบมากที่สุดต่อวัน คือ แบบจำลองที่มีแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 30 คัน และเพิ่มจำนวนรถยกในส่วนคลังสินค้าอีก 1 คัน

จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว ทำให้จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 724 พาเลต นั่นเท่ากับว่าโดยเฉลี่ยเวลาที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 40 วินาทีต่อพาเลต และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 19.63 วินาที ในขณะที่ระบบเดิมจำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้โดยเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 343 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ดังนั้นหากสามารถปรับแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า เพิ่มจำนวนรถบรรทุก และเพิ่มจำนวนรถยกให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ได้กำหนดนี้ จะสามารถช่วยลดเวลาในการดำเนินงานจ่ายออกสินค้าได้ถึง 44 วินาทีต่อพาเลต หรือคิดเป็นร้อยละ 52.38 โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

เมื่อปรับเปลี่ยนการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า เมื่อเปรียบเทียบแต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบกับตัวแบบเดิม (ตัวแบบ 001) พบว่าตัวแบบตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบที่ดีที่สุด คือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกอีก 30 คัน และเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คันในส่วนคลังสินค้า (ตัวแบบ 222) ทำให้เวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 40 วินาทีต่อพาเลต โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ แต่อย่างไรก็ตาม แม้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกมีผลมากที่สุดกับจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ รองลงมา คือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้าย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลา ขั้นตอนและความซับซ้อน ตลอดจนถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น พบว่าปัจจัยที่ส่งผลมากย่อมผันแปรตามค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง ตลอดถึงข้อตกลงทางธุรกิจที่เป็นเงื่อนไขระหว่างโรงงานกับผู้ส่งมอบที่ได้ทำไว้ก่อนหน้า ดังนั้นการปรับปรุงในระบบจริงจึงควรเริ่มจากการเพิ่มจำนวนรถยก และการปรับปรุงการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 ซึ่งไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ และยังจ่ายออกพาเลตสินค้าได้ถึง 419 พาเลต ซึ่งเท่ากับ 69 วินาทีต่อพาเลต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการเก็บข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้น จะต้องคลอบคลุมเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบ เนื่องจากข้อมูลส่วนหนึ่งที่นำมาใช้ในแบบจำลองนี้พบว่า มีความแปรปรวนและมีปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นหากนำข้อมูลที่เก็บมาได้ ณ ช่วงเวลาหนึ่งมาทำการวิเคราะห์ เสมือนว่าเป็นตัวแทนของระบบ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง ก็อาจแตกต่างไปจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในระบบจริงอย่างมีนัยสำคัญก็เป็นได้ เช่น ความต้องการสินค้าในช่วงต้นเดือน ปลายเดือน และช่วงก่อนวันหยุดยาว จะแตกต่างกันเนื่องจากความสามารถในการจัดส่งของท่าเรือและความต้องการของลูกค้า เป็นต้น

5.2.2 ในการวิจัยปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้านี้ ได้มุ่งเน้นในส่วนการจ่ายออกสินค้าออกจากคลังเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นส่วนที่ประสบปัญหามากที่สุด อีกทั้งยังส่วนที่ส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้าแต่อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติงานจริง การทำงานในคลังสินค้ายังมีกระบวนการรับสินค้าเข้าจัดเก็บ ซึ่งมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการให้บริการแก่ลูกค้า จึงควรที่จะต้องเพิ่มรายละเอียดแบบจำลองในส่วนกระบวนการจัดเก็บ เพื่อให้การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าตอบสนองความต้องการได้มากที่สุด

บรรณานุกรม

1. กฤษฎ์ ฉันทจิรพร. 2547. การสัมมนา “การจัดการโลจิสติกส์เชิงโซ่อุปทานและการบริหารสินค้าคงคลัง”: สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. http://www.technologymedia.com (สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2549)
2. Lambert, Douglas M., Stock. James R. and Ellram, Lisa M. 1998. Fundamental of Logistics Management. Sigapore: McGrawHill.
3. อรุณ บริรักษ์. 2547. การบริหารการจัดการคลังสินค้าในประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไอทีแอล เทรด มีเดีย.
4. บุรินทร์ ทั้งไพศาล. 2548. แบบจำลองสถานการณ์เพื่อการจัดการการกระจายสินค้าในคลังสินค้า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. ปริญญ์ บุญกนิษฐ. 2548. กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการปรับผังโรงงาน กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมผลิตโซ่รถจักรยานยนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
6. ทวีมาศ นาคอุดม. 2547. การประยุกต์ใช้การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
7. วัชนะชัย จูมผา. 2546. การศึกษากระบวนการผลิตและหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาในกระบวนการผลิตอุปกรณ์การแพทย์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
8. Mason, Scott J., et al. 2003. Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain. Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review. 39(2): 141-159.

9. กรมันต์ เชื้อเจ็ดตน. 2545. การปรับปรุงกระบวนการธุรกิจและการบริหารจัดการการคลังเก็บชิ้นส่วนห้องโดยสารรถขุด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

10. ชัชวาล อมาตยกุล. 2545. การปรับปรุงการบริหารจัดการคลังสินค้าในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

11. ธิดารัตน์ กังวาน. 2545. การลดเวลาผสมในกระบวนการผลิตครีมนวดผม.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

12. พิสุทธิ์ จเร. 2545. การปรับปรุงการบริหารจัดการคลังสินค้าในโรงงานผลิตกระเบื้อง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

13. วิษณุ อิสระธานันท์. 2543. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตโดยใช้ระบบต้นทุนกิจกรรมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

14. Takakuwa, Soemon. 2000. Simulation and Analysis of Non-Automated Distribution Warehouses. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference: 1177-1184

15. Lin, Lie C. and Sharp, Gunter P. 1997. “Quantitative and qualitative indices for the plant layout evaluation problem”. European Journal of Operational Research 116: 100-117

16. พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง. 2539. การปรับปรุงประสิทธิภาพขั้นตอนการคลังสินค้าเครื่องปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

17 Randhawa, Sabah U., et al. 1994. “Simulation-based design evaluation of unit load automated storage/retrieval systems”. Computers & Industrial Engineering 28: 71-79.

18 คำนาย อภิปรัชญาสกุล. 2550. การจัดการคลังสินค้า. นนทบุรี: ซี.วาย. ซิซเทิม พริ้นติ้ง.

19. Frazelle, Edward H. 1996. World-Class Warehusing. Atlanta: Logistics Resources International.

20. ฐาปนา บุญหล้า. 2548. คู่มือระบบการจัดเก็บสินค้าสมัยใหม่: สำหรับคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า และอุตสาหกรรมการผลิต. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

21. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2544. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

22. Shannon, Robert E. 1975. System Simulation the Art and Science. New Jersey: Printice Hall.

23. Law, Averill M. and Kelton, David W. 1991. Simulation Modeling and Analysis. Singapore: McGraw-Hill.

24. วนัฐฌพงษ์ คงแก้ว. 2550. การใช้การจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในการปรับปรุงกระบวนการของแผนกจ่ายยาผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมและระบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

25. วันชัย ริจิรวนิช. 2543. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

26 วิจิตร ตัณฑสุทธ์ และคณะ. 2537. การศึกษาการทำงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

27 ดวงรัตน์,ชีวะปัญญาโรจน์ และศุภศักดิ์,พงษ์อนันต์. 2544. ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Wastes). กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

28 คมสัน จิระภัทรศิลป. 2545. การศึกษาเวลา.ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. http://www.pteonline.org/img-lib/staff/file/komson_000822.pdf (สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2552).

29 กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2548. การแก้ปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

30 กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด.

31 กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2547. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด.

32 วิทย์ วรจิตร. 2547. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก ก
แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้แต่ละขนาด

ภาคผนวก ก 1 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 20 ฟุต

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 20"	Summary / Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:05:10	0:06:20	0:04:20	0:07:20	0:06:30	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:06:40	0:05:30	0:07:30	0:04:30	0:05:20	0:09:50
Date:12 / 2551	Cycle Time *	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50
Method :Present Proposed	% Utilization	43.66%	53.52%	36.62%	61.97%	54.93%	16.90%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ Forklift / WH1	พนักงานขับรถ Forklift / WH2	พนักงานขับรถ Forklift/LD1	พนักงานขับรถ Forklift/LD2	พนักงานเอกสาร
0:00:00 - 0:02:00						รับเอกสาร พร้อมตรวจสอบ ความถูกต้อง ของการออกตู้ และเขียนใบสั่ง งาน
0:02:00 - 0:03:00	รับใบสั่งงาน พร้อมตรวจสอบ ตู้พร้อมถ่ายรูป	รับใบสั่งงาน	รับใบสั่งงาน	นำเหล็กเชื่อม ระดับตู้	นำเหล็กเชื่อม ระดับตู้	
0:03:00 - 0:04:00		ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไป Doramal	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไปLoad			

ภาคผนวก ก 1 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 20 ฟุต (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 20"	Summary / Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:05:10	0:06:20	0:04:20	0:07:20	0:06:30	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:06:40	0:05:30	0:07:30	0:04:30	0:05:20	0:09:50
Date:12 / 2551	Cycle Time *	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50
Method :Present Proposed	% Utilization	43.66%	53.52%	36.62%	61.97%	54.93%	16.90%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ Forklift / WH1	พนักงานขับรถ Forklift / WH2	พนักงานขับรถ Forklift/LD1	พนักงานขับรถ Forklift/LD2	พนักงานเอกสาร
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10		เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal				
0:05:00 0:00:10	ตรวจสอบ					
0:00:10						
0:00:10		เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไปLoad		เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet1,เคลื่อน ออก	
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ					
0:00:10						
0:00:10						
0:06:00 0:00:10	ตรวจสอบ					
0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet2,เคลื่อน ออก		
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไป Doramal				
0:00:10						
0:00:10						
0:07:00 0:00:10	ตรวจสอบ				เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet2,เคลื่อน ออก	
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ	เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal				
0:00:10						
0:00:10						
0:08:00 0:00:10	ตรวจสอบ	เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal		เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet4,เคลื่อน ออก		
0:00:10						
0:00:10	กด Switch ผลิก,					

ภาคผนวก ก 1 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 20 ฟุต (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 20"	Summary Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:05:10	0:06:20	0:04:20	0:07:20	0:06:30	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:06:40	0:05:30	0:07:30	0:04:30	0:05:20	0:09:50
Date:12 / 2551	Cycle Time *	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50	0:11:50
Method :Present Proposed	% Utilization	43.66%	53.52%	36.62%	61.97%	54.93%	16.90%

Operator

Time		เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
m	s		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift/LD1	Forklift/LD2	
	0:00:10	,ตรวจสอบ					
	0:00:10						
	0:00:10					เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet5,เคลื่อนออก	
0:09:00	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet6,เคลื่อนออก		
	0:00:10						
0:10:00	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10					เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet7,เคลื่อนออก	
	0:00:10						
	0:00:10						
0:11:00	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet8,เคลื่อนออก		
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						

ภาคผนวก ก 2 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 40 ฟุต

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 40"	Summary / Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:06:10	0:07:50	0:04:40	0:05:00	0:05:00	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:07:30	0:05:50	0:09:00	0:08:40	0:08:40	0:11:40
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40
Method:Present Proposed	% Utilization	45.12%	57.32%	34.15%	36.59%	36.59%	14.63%

Operator

Time		เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
m	s		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:00	0:00:10						รับเอกสาร พร้อมตรวจสอบ ความถูกต้อง ของการออกตู้ และเขียนใบสั่ง งาน
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
0:01:00	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
0:02:00	0:00:10						
	0:00:10	รับใบสั่งงาน พร้อมตรวจสอบ ตู้พร้อมถ่ายรูป	รับใบสั่งงาน	รับใบสั่งงาน	นำเหล็กเชื่อม ระดับตู้	นำเหล็กเชื่อม ระดับตู้	
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
0:03:00	0:00:10						
	0:00:10		ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไป Doramal	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไปLoad			
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
	0:00:10						
0:04:00	0:00:10						
	0:00:10						

ภาคผนวก ก 2 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 40 ฟุต (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 40"	Summary Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:06:10	0:07:50	0:04:40	0:05:00	0:05:00	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:07:30	0:05:50	0:09:00	0:08:40	0:08:40	0:11:40
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40
Method:Present Proposed	% Utilization	45.12%	57.32%	34.15%	36.59%	36.59%	14.63%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:10	ตรวจสอบ	เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไปLoad			
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ	เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal			เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet1,เคลื่อน ออก	
0:05:00 0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไป Doramal	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไปLoad	เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet2,เคลื่อน ออก		
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ					
0:06:00 0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ				เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet2,เคลื่อน ออก	
0:00:10						
0:00:10		เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal				
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ					
0:07:00 0:00:10						
0:00:10		เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal		เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet4,เคลื่อน ออก		
0:00:10	ตรวจสอบ					
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ	ค้นหาไม้ใน คลังสินค้าตาม ใบสั่งงานไป			เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet5,เคลื่อน ออก	
0:08:00 0:00:10						
0:00:10						
0:00:10						

ภาคผนวก ก 2 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 40 ฟุต (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 40"	Summary Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:06:10	0:07:50	0:04:40	0:05:00	0:05:00	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:07:30	0:05:50	0:09:00	0:08:40	0:08:40	0:11:40
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40
Method:Present Proposed	% Utilization	45.12%	57.32%	34.15%	36.59%	36.59%	14.63%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:10	ตรวจสอบ	Doramal				
0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet6,เคลื่อนออก		
0:00:10						
0:09:00 0:00:10	กด Switch ผลิก ,ตรวจสอบ	เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal				
0:00:10					เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet7,เคลื่อนออก	
0:00:10		เคลื่อนย้ายPallet ไม้มาวางยัง แท่นDoramal				
0:00:10						
0:10:00 0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet8,เคลื่อนออก		
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10					เคลื่อนเข้าจาก Load,จัดวาง Pallet9,เคลื่อนออก	
0:00:10						
0:11:00 0:00:10						
0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet10,เคลื่อนออก		
0:00:10						
0:00:10						
0:12:00 0:00:10						
0:00:10					เคลื่อนเข้าจาก Load,	
0:00:10						
0:00:10						

ภาคผนวก ก 2 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ 40 ฟุต (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ 40"	Summary Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL/LD1	พนักงาน FL/LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:06:10	0:07:50	0:04:40	0:05:00	0:05:00	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:07:30	0:05:50	0:09:00	0:08:40	0:08:40	0:11:40
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40	0:13:40
Method:Present Proposed	% Utilization	45.12%	57.32%	34.15%	36.59%	36.59%	14.63%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:10 0:00:10 0:13:00 0:00:10 0:00:10 0:00:10 0:00:10 0:00:10 0:00:10				เคลื่อนเข้าตู้จาก Doramal,จัดวาง Pallet12,เคลื่อนออก	จัดวางPallet11, เคลื่อนออก	

ภาคผนวก ก 3 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นรถเทรลเลอร์

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ TR	Summary Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL /LD1	พนักงาน FL /LD2	พนักงานเอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:03:10	0:07:30	0:07:10	-	-	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:06:40	0:02:20	0:02:40	-	-	0:07:50
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:09:50	0:09:50	0:09:50	-	-	0:09:50
Method : Present Proposed	% Utilization	32.20%	76.27%	72.88%	0%	0%	20.34%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:00 - 0:02:00						รับเอกสาร พร้อมตรวจสอบ ความถูกต้อง ของการออกตู้ และเขียนใบสั่ง งาน
0:00:10 - 0:03:00	รับใบสั่งงาน	รับใบสั่งงาน	รับใบสั่งงาน			
0:03:00 - 0:04:00		ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน	ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน			

ภาคผนวก ก 3 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นรถเทรลเลอร์ (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ TR	Summary Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL /LD1	พนักงาน FL /LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:03:10	0:07:30	0:07:10	-	-	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:06:40	0:02:20	0:02:40	-	-	0:07:50
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:09:50	0:09:50	0:09:50	-	-	0:09:50
Method : Present Proposed	% Utilization	32.20%	76.27%	72.88%	0%	0%	20.34%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด Shipping mark					
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด Shipping mark	ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน	เคลื่อน Pallet Crate N0.1,2 ขึ้นTrailer			
0:00:10						
0:05:00 0:00:10						
0:00:10			ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน			
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด Shipping mark	เคลื่อน Pallet Crate N0. 3,4 ขึ้นTrailer				
0:00:10						
0:06:00 0:00:10						
0:00:10		ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน				
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด Shipping mark		เคลื่อน Pallet Crate N0.5,6 ขึ้นTrailer			
0:00:10						
0:00:10						
0:07:00 0:00:10			ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน			
0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด Shipping mark	เคลื่อน Pallet Crate N0.7,8 ขึ้นTrailer				
0:00:10						
0:00:10						
0:08:00 0:00:10		ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน				
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด		เคลื่อน Pallet			

ภาคผนวก ก 3 แผนภูมิแสดงเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นรถเทรลเลอร์ (ต่อ)

Operation / Part การเคลื่อนย้ายสินค้าขึ้นตู้ TR	Summary / Operator	เช็คเกอร์	พนักงาน FL/WH1	พนักงาน FL/WH2	พนักงาน FL /LD1	พนักงาน FL /LD2	พนักงาน เอกสาร
Operater Name / No. : ID. 4812089	Working Time *	0:03:10	0:07:30	0:07:10	-	-	0:02:00
Analyst : เวลาที่ใช้ในการทำงาน	Idle Time *	0:06:40	0:02:20	0:02:40	-	-	0:07:50
Date : 12 / 2551	Cycle Time *	0:09:50	0:09:50	0:09:50	-	-	0:09:50
Method : Present Proposed	% Utilization	32.20%	76.27%	72.88%	0%	0%	20.34%

Operator

Time m s	เช็คเกอร์	พนักงานขับรถ		พนักงานขับรถ		พนักงานเอกสาร
		Forklift / WH1	Forklift / WH2	Forklift / LD1	Forklift / LD2	
0:00:10	Shipping mark	ค้นหาไม้ Pallet ในคลังสินค้า ตามใบสั่งงาน	Crate N0.9,10 ขึ้นTrailer			
0:00:10						
0:00:10			เคลื่อน Pallet Crate N0.11,12 ขึ้นTrailer			
0:09:00 0:00:10						
0:00:10						
0:00:10	ตรวจสอบ,ติด Shipping mark					
0:00:10						
0:00:10		เคลื่อน Pallet Crate N0.13 ขึ้น Trailer	เคลื่อน Pallet Crate N0.14 ขึ้น Trailer			
0:00:10						

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLinePacking_A4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์บรรจุ แถว A คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	18.75
PathLinePacking_A5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์บรรจุ แถว A คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	24.75
PathLinePacking_B3	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์บรรจุ แถว B คอลัมน์ 3	N1	N2	Bi	13.00
PathLinePacking_B4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์บรรจุ แถว B คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	18.75
PathLinePacking_B5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์บรรจุ แถว B คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	24.75
PathLine1_A1	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 1	N1	N2	Bi	85.50
PathLine1_A2	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 2	N1	N2	Bi	79.50
PathLine1_A3	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 3	N1	N2	Bi	73.50
PathLine1_A4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	67.50
PathLine1_A5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	61.50
PathLine1_A6	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 6	N1	N2	Bi	55.50
PathLine1_A7	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 7	Exit			
PathLine1_A8	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 8	N1	N2	Bi	52.50
PathLine1_A9	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 9	N1	N2	Bi	58.50
PathLine1_A10	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 10	N1	N2	Bi	64.50
PathLine1_A11	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 11	N1	N2	Bi	70.50
PathLine1_A12	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 12	N1	N2	Bi	76.50
PathLine1_A13	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 13	N1	N2	Bi	82.50
PathLine1_A14	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 14	N1	N2	Bi	88.50
PathLine1_A15	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 15	N1	N2	Bi	94.50
PathLine1_A16	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 16	N1	N2	Bi	100.50

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine1_A17	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 17	N1	N2	Bi	106.50
PathLine1_A18	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 18	Exit			
PathLine1_A19	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 19	N1	N2	Bi	118.50
PathLine1_A20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 20	N1	N2	Bi	124.50
PathLine1_A21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 21	N1	N2	Bi	130.50
PathLine1_A22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	136.50
PathLine1_A23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	142.50
PathLine1_A24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว A คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	148.50
PathLine1_B1	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 1	N1	N2	Bi	85.50
PathLine1_B2	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 2	N1	N2	Bi	79.50
PathLine1_B3	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 3	N1	N2	Bi	73.50
PathLine1_B4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	67.50
PathLine1_B5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	61.50
PathLine1_B6	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 6	N1	N2	Bi	58.50
PathLine1_B7	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 7	N1	N2	Bi	49.50
PathLine1_B8	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 8	N1	N2	Bi	55.50
PathLine1_B9	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 9	N1	N2	Bi	61.50
PathLine1_B10	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 10	N1	N2	Bi	67.50
PathLine1_B11	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 11	N1	N2	Bi	73.50
PathLine1_B12	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 12	N1	N2	Bi	79.50
PathLine1_B13	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 13	N1	N2	Bi	85.50

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine1_B14	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 14	N1	N2	Bi	91.50
PathLine1_B15	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 15	N1	N2	Bi	97.50
PathLine1_B16	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 16	N1	N2	Bi	103.50
PathLine1_B17	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 17	N1	N2	Bi	109.50
PathLine1_B18	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 18	Exit			
PathLine1_B19	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 19	N1	N2	Bi	121.50
PathLine1_B20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 20	N1	N2	Bi	127.50
PathLine1_B21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 21	N1	N2	Bi	133.50
PathLine1_B22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	139.50
PathLine1_B23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	145.50
PathLine1_B24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว B คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	151.50
PathLine1_C19	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว C คอลัมน์ 19	N1	N2	Bi	140.00
PathLine1_C20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว C คอลัมน์ 20	N1	N2	Bi	146.00
PathLine1_C21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว C คอลัมน์ 21	N1	N2	Bi	152.00
PathLine1_C22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว C คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	158.00
PathLine1_C23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว C คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	164.00
PathLine1_C24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว C คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	170.00
PathLine1_D19	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว D คอลัมน์ 19	N1	N2	Bi	140.00
PathLine1_D20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว D คอลัมน์ 20	N1	N2	Bi	146.00
PathLine1_D21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว D คอลัมน์ 21	N1	N2	Bi	152.00
PathLine1_D22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว D คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	158.00

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine1_D23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว D คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	164.00
PathLine1_D24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 1 แถว D คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	170.00
PathLine2_A1	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 1	N1	N2	Bi	85.50
PathLine2_A2	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 2	N1	N2	Bi	79.50
PathLine2_A3	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 3	N1	N2	Bi	73.50
PathLine2_A4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	67.50
PathLine2_A5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	55.50
PathLine2_A6	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 6	N1	N2	Bi	55.50
PathLine2_A7	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 8	Exit			
PathLine2_A8	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 9	N1	N2	Bi	52.50
PathLine2_A9	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 10	N1	N2	Bi	58.50
PathLine2_A10	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 11	N1	N2	Bi	64.50
PathLine2_A11	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 12	N1	N2	Bi	70.50
PathLine2_A12	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 13	N1	N2	Bi	76.50
PathLine2_A13	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 14	N1	N2	Bi	82.50
PathLine2_A14	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 15	N1	N2	Bi	88.50
PathLine2_A15	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 16	N1	N2	Bi	94.50
PathLine2_A16	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 17	N1	N2	Bi	100.50
PathLine2_A17	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 19	N1	N2	Bi	106.50
PathLine2_A18	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 20	Exit			
PathLine2_A19	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 21	N1	N2	Bi	118.50

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine2_A20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	124.50
PathLine2_A21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	130.50
PathLine2_A22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	136.50
PathLine2_A23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	142.50
PathLine2_A24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 26	Exit			
PathLine2_A25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 27	N1	N2	Bi	154.50
PathLine2_A26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 28	N1	N2	Bi	160.50
PathLine2_B2	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 2	N1	N2	Bi	76.50
PathLine2_B3	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 3	N1	N2	Bi	70.50
PathLine2_B4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	64.50
PathLine2_B5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	58.50
PathLine2_B6	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 6	N1	N2	Bi	58.50
PathLine2_B7	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 7	N1	N2	Bi	49.50
PathLine2_B8	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 8	N1	N2	Bi	55.50
PathLine2_B9	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 9	N1	N2	Bi	61.50
PathLine2_B10	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 10	N1	N2	Bi	67.50
PathLine2_B11	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 11	N1	N2	Bi	73.50
PathLine2_B12	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 12	N1	N2	Bi	79.50
PathLine2_B13	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 13	N1	N2	Bi	85.50
PathLine2_B14	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 14	N1	N2	Bi	91.50
PathLine2_B15	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 15	N1	N2	Bi	97.50

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine2_A20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	124.50
PathLine2_A21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	130.50
PathLine2_A22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	136.50
PathLine2_A23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	142.50
PathLine2_A24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 26	Exit			
PathLine2_A25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 27	N1	N2	Bi	154.50
PathLine2_A26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว A คอลัมน์ 28	N1	N2	Bi	160.50
PathLine2_B2	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 2	N1	N2	Bi	76.50
PathLine2_B3	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 3	N1	N2	Bi	70.50
PathLine2_B4	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 4	N1	N2	Bi	64.50
PathLine2_B5	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 5	N1	N2	Bi	58.50
PathLine2_B6	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 6	N1	N2	Bi	58.50
PathLine2_B7	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 7	N1	N2	Bi	49.50
PathLine2_B8	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 8	N1	N2	Bi	55.50
PathLine2_B9	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 9	N1	N2	Bi	61.50
PathLine2_B10	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 10	N1	N2	Bi	67.50
PathLine2_B11	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 11	N1	N2	Bi	73.50
PathLine2_B12	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 12	N1	N2	Bi	79.50
PathLine2_B13	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 13	N1	N2	Bi	85.50
PathLine2_B14	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 14	N1	N2	Bi	91.50
PathLine2_B15	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 15	N1	N2	Bi	97.50

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine2_B16	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 16	N1	N2	Bi	103.50
PathLine2_B17	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 17	Exit			
PathLine2_B18	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 18	N1	N2	Bi	115.50
PathLine2_B19	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 19	N1	N2	Bi	121.50
PathLine2_B20	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 20	N1	N2	Bi	127.50
PathLine2_B21	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 21	N1	N2	Bi	133.50
PathLine2_B22	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 22	N1	N2	Bi	139.50
PathLine2_B23	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 23	N1	N2	Bi	145.50
PathLine2_B24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	151.50
PathLine2_B25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	157.50
PathLine2_B26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 26	N1	N2	Bi	163.50
PathLine2_B27	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 27	N1	N2	Bi	169.50
PathLine2_B28	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว B คอลัมน์ 28	N1	N2	Bi	175.50
PathLine2_C24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว C คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	218.00
PathLine2_C25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว C คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	212.00
PathLine2_C26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว C คอลัมน์ 26	N1	N2	Bi	206.00
PathLine2_C27	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว C คอลัมน์ 27	N1	N2	Bi	200.00
PathLine2_D24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว D คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	218.00
PathLine2_D25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว D คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	212.00
PathLine2_D26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว D คอลัมน์ 26	N1	N2	Bi	206.00
PathLine2_D27	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว D คอลัมน์ 27	N1	N2	Bi	200.00

ตารางผนวก ข ข้อมูลระยะทางของตำแหน่งจัดเก็บสินค้า (ต่อ)

Path Networks	Name	From	To	BI	Dist
PathLine2_E24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว E คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	238.00
PathLine2_E25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว E คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	232.00
PathLine2_E26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว E คอลัมน์ 26	N1	N2	Bi	226.00
PathLine2_E27	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว E คอลัมน์ 27	N1	N2	Bi	220.00
PathLine2_E28	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว E คอลัมน์ 28	Exit			
PathLine2_F24	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว F คอลัมน์ 24	N1	N2	Bi	238.00
PathLine2_F25	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว F คอลัมน์ 25	N1	N2	Bi	232.00
PathLine2_F26	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว F คอลัมน์ 26	N1	N2	Bi	226.00
PathLine2_F27	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว F คอลัมน์ 27	Exit			
PathLine2_F28	เส้นทางสำหรับรถยกสินค้าเคลื่อนย้ายไปยังไลน์ 2 แถว F คอลัมน์ 28	N1	N2	Bi	217.75

ภาคผนวก ค
ตารางแสดงการออกแบบการทดลองของข้อมูลเบื้องต้นในการทดลอง

ตารางผนวก ค การออกแบบการทดลองของข้อมูลเบื้องต้นในการทดลอง

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
92	1	1	1	Layout 1	0 Trucks	0 Forklift	92
66	2	1	1	Layout 1	0 Trucks	+1 Forklift	337
81	3	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	723
43	4	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	584
118	5	1	1	Layout 1	0 Trucks	-1 Forklift	363
64	6	1	1	Layout 1	0 Trucks	-1 Forklift	327
53	7	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	663
77	8	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	508
125	9	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	589
133	10	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	619
67	11	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	456
14	12	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	446
49	13	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	490
3	14	1	1	Layout 0	0 Trucks	+1 Forklift	348
73	15	1	1	Layout 2	0 Trucks	-1 Forklift	418
23	16	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	518
32	17	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	392
44	18	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	619
103	19	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	512
40	20	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	452
115	21	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	557
42	22	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	490
122	23	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	472
120	24	1	1	Layout 1	0 Trucks	+1 Forklift	345
98	25	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	622
95	26	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	446
37	27	1	1	Layout 1	0 Trucks	-1 Forklift	362
109	28	1	1	Layout 0	0 Trucks	-1 Forklift	325

ตารางผนวก ค การออกแบบการทดลองของข้อมูลเบื้องต้นในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
11	29	1	1	Layout 1	0 Trucks	0 Forklift	356
17	30	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	596
93	31	1	1	Layout 1	0 Trucks	+1 Forklift	352
55	32	1	1	Layout 0	0 Trucks	-1 Forklift	343
35	33	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	589
130	34	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	477
107	35	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	641
129	36	1	1	Layout 2	0 Trucks	+1 Forklift	391
2	37	1	1	Layout 0	0 Trucks	0 Forklift	337
108	38	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	724
16	39	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	578
76	40	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	500
69	41	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	476
58	42	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	403
21	43	1	1	Layout 2	0 Trucks	+1 Forklift	430
20	44	1	1	Layout 2	0 Trucks	0 Forklift	405
100	45	1	1	Layout 2	0 Trucks	-1 Forklift	425
12	46	1	1	Layout 1	0 Trucks	+1 Forklift	374
72	47	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	675
10	48	1	1	Layout 1	0 Trucks	-1 Forklift	362
126	49	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	651
57	50	1	1	Layout 0	0 Trucks	+1 Forklift	325
78	51	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	534
90	52	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	617
33	53	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	440
61	54	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	542
119	55	1	1	Layout 1	0 Trucks	0 Forklift	365
88	56	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	550

ตารางผนวก ค การออกแบบการทดลองของข้อมูลเบื้องต้นในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
8	57	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	597
19	58	1	1	Layout 2	0 Trucks	-1 Forklift	394
13	59	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	429
134	60	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	631
123	61	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	485
50	62	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	496
110	63	1	1	Layout 0	0 Trucks	0 Forklift	345
39	64	1	1	Layout 1	0 Trucks	+1 Forklift	389
124	65	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	577
112	66	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	362
131	67	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	514
24	68	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	534
48	69	1	1	Layout 2	0 Trucks	+1 Forklift	424
60	70	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	412
9	71	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	588
65	72	1	1	Layout 1	0 Trucks	0 Forklift	368
121	73	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	456
34	74	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	534
6	75	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	430
117	76	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	600
56	77	1	1	Layout 0	0 Trucks	0 Forklift	364
87	78	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	420
28	79	1	1	Layout 0	0 Trucks	-1 Forklift	344
85	80	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	415
27	81	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	710
104	82	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	499
128	83	1	1	Layout 2	0 Trucks	0 Forklift	431
18	84	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	695

ตารางผนวก ค การออกแบบการทดลองของข้อมูลเบื้องต้นในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
86	85	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	425
74	86	1	1	Layout 2	0 Trucks	0 Forklift	403
26	87	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	657
30	88	1	1	Layout 0	0 Trucks	+1 Forklift	345
70	89	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	574
51	90	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	513
97	91	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	553
41	92	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	446
52	93	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	638
106	94	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	625
82	95	1	1	Layout 0	0 Trucks	-1 Forklift	332
91	96	1	1	Layout 1	0 Trucks	-1 Forklift	374
84	97	1	1	Layout 0	0 Trucks	+1 Forklift	333
47	98	1	1	Layout 2	0 Trucks	0 Forklift	429
46	99	1	1	Layout 2	0 Trucks	-1 Forklift	388
132	100	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	546
75	101	1	1	Layout 2	0 Trucks	+1 Forklift	406
68	102	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	459
80	103	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	637
45	104	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	693
38	105	1	1	Layout 1	0 Trucks	0 Forklift	345
102	106	1	1	Layout 2	0 Trucks	+1 Forklift	453
89	107	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	582
71	108	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	596
36	109	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	623
7	110	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	588
1	111	1	1	Layout 0	0 Trucks	-1 Forklift	340
5	112	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	389

ตารางผนวก ค การออกแบบการทดลองของข้อมูลเบื้องต้นในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
99	113	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	655
63	114	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	605
59	115	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	409
25	116	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	609
54	117	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	717
22	118	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	487
114	119	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	421
127	120	1	1	Layout 2	0 Trucks	-1 Forklift	424
96	121	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	484
79	122	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	598
94	123	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	453
111	124	1	1	Layout 0	0 Trucks	+1 Forklift	346
31	125	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	417
101	126	1	1	Layout 2	0 Trucks	0 Forklift	415
116	127	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	587
15	128	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	468
29	129	1	1	Layout 0	0 Trucks	0 Forklift	336
83	130	1	1	Layout 0	0 Trucks	0 Forklift	320
135	131	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	733
105	132	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	554
113	133	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	400
4	134	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	411
62	135	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	613

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงการออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
297	1	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	723
616	2	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	490
230	3	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	446
512	4	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	663
276	5	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	440
145	6	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	363
410	7	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	392
610	8	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	584
415	9	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	327
482	10	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	508
75	11	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	391
37	12	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	362
340	13	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	578
233	14	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	589
436	15	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	403
68	16	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	472
411	17	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	412
74	18	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	405
518	19	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	425
122	20	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	446
298	21	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	325
193	22	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	362
337	23	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	456
257	24	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	446
536	25	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	518
205	26	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	577
258	27	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	490
274	28	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	415

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
41	29	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	459
567	30	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	724
49	31	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	512
497	32	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	359
330	33	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	430
395	34	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	619
263	35	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	431
350	36	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	641
515	37	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	336
59	38	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	389
596	39	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	352
150	40	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	476
580	41	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	452
488	42	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	352
151	43	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	574
357	44	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	420
143	45	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	557
471	46	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	337
43	47	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	553
281	48	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	356
358	49	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	440
226	50	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	362
602	51	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	542
118	52	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	374
422	53	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	622
31	54	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	417
548	55	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	550
112	56	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	411

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
617	57	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	496
496	58	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	369
97	59	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	576
418	60	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	429
102	61	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	430
521	62	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	534
147	63	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	345
363	64	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	352
611	65	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	596
264	66	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	424
378	67	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	710
460	68	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	343
606	69	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	374
615	70	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	406
290	71	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	403
45	72	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	675
163	73	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	344
508	74	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	477
47	75	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	429
424	76	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	418
412	77	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	412
242	78	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	631
259	79	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	584
477	80	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	651
507	81	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	453
2	82	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	349
94	83	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	456
625	84	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	420

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
631	85	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	379
174	86	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	389
27	87	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	717
361	88	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	365
345	89	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	420
551	90	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	365
48	91	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	414
33	92	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	421
499	93	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	453
72	94	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	695
200	95	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	368
590	96	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	514
339	97	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	485
98	98	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	596
581	99	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	464
284	100	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	447
84	101	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	336
73	102	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	425
444	103	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	343
116	104	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	588
272	105	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	333
177	106	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	484
184	107	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	500
216	108	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	733
160	109	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	619
349	110	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	638
388	111	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	348
449	112	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	617

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
310	113	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	421
584	114	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	605
107	115	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	657
25	116	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	625
585	117	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	693
558	118	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	655
577	119	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	345
104	120	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	499
622	121	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	332
172	122	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	382
123	123	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	468
235	124	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	394
372	125	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	423
70	126	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	593
354	127	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	355
472	128	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	451
168	129	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	455
21	130	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	434
251	131	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	553
255	132	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	360
302	133	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	409
467	134	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	545
459	135	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	765
307	136	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	323
483	137	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	534
634	138	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	448
137	139	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	362
501	140	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	496

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
381	141	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	333
403	142	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	609
129	143	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	426
557	144	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	614
26	145	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	637
170	146	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	584
183	147	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	417
546	148	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	424
366	149	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	487
559	150	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	388
478	151	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	424
206	152	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	602
503	153	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	588
362	154	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	345
453	155	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	430
268	156	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	598
299	157	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	326
279	158	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	617
421	159	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	586
262	160	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	406
18	161	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	673
245	162	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	336
186	163	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	534
66	164	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	382
128	165	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	415
420	166	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	496
54	167	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	722
597	168	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	352

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
566	169	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	642
275	170	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	400
338	171	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	464
454	172	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	487
404	173	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	664
346	174	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	508
588	175	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	442
224	176	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	553
292	177	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	464
182	178	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	397
79	179	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	632
88	180	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	430
324	181	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	739
547	182	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	420
569	183	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	357
490	184	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	414
219	185	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	352
491	186	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	400
52	187	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	606
384	188	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	436
69	189	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	517
402	190	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	513
370	191	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	419
296	192	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	634
23	193	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	504
136	194	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	340
6	195	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	420
647	196	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	625

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
155	197	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	408
211	198	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	498
607	199	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	475
468	200	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	588
62	201	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	570
532	202	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	380
526	203	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	433
273	204	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	341
605	205	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	361
604	206	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	350
14	207	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	477
638	208	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	588
106	209	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	611
99	210	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	705
197	211	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	543
256	212	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	445
636	213	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	488
314	214	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	589
556	215	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	563
502	216	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	579
103	217	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	500
626	218	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	412
247	219	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	406
528	220	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	491
164	221	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	324
227	222	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	368
356	223	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	389
146	224	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	339

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
494	225	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	556
171	226	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	600
87	227	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	429
392	228	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	438
514	229	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	333
549	230	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	623
613	231	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	399
234	232	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	676
598	233	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	386
77	234	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	527
139	235	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	396
277	236	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	421
538	237	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	621
144	238	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	605
38	239	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	345
152	240	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	608
327	241	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	345
1	242	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	326
315	243	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	670
646	244	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	619
218	245	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	346
313	246	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	576
335	247	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	372
475	248	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	569
379	249	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	336
198	250	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	582
225	251	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	610
42	252	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	467

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
83	253	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	322
434	254	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	335
243	255	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	692
573	256	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	448
126	257	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	657
5	258	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	385
89	259	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	597
364	260	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	443
377	261	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	626
527	262	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	470
232	263	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	593
250	264	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	455
353	265	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	340
385	266	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	424
105	267	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	546
7	268	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	436
81	269	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	756
374	270	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	495
632	271	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	377
570	272	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	322
429	273	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	554
624	274	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	347
397	275	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	431
188	276	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	620
552	277	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	351
433	278	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	335
148	279	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	449
199	280	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	352

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
196	281	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	420
282	282	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	364
389	283	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	366
142	284	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	429
287	285	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	582
359	286	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	584
288	287	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	691
406	288	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	332
20	289	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	405
254	290	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	393
492	291	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	439
86	292	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	394
51	293	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	546
311	294	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	466
124	295	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	558
565	296	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	590
286	297	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	583
473	298	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	414
609	299	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	467
202	300	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	440
162	301	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	736
382	302	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	391
576	303	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	613
376	304	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	615
441	305	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	614
542	306	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	341
380	307	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	350
261	308	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	714

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
3	309	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	335
34	310	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	448
586	311	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	406
445	312	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	462
176	313	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	465
295	314	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	625
537	315	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	544
312	316	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	492
17	317	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	598
303	318	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	434
618	319	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	532
91	320	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	366
36	321	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	626
135	322	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	712
462	323	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	324
167	324	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	385
318	325	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	417
28	326	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	352
117	327	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	602
195	328	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	429
432	329	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	723
203	330	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	459
306	331	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	625
165	332	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	331
132	333	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	529
544	334	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	417
121	335	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	460
442	336	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	360

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
413	337	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	555
524	338	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	358
266	339	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	488
191	340	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	368
489	341	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	333
629	342	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	566
516	343	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	344
67	344	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	459
24	345	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	519
555	346	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	472
539	347	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	627
425	348	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	412
334	349	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	346
308	350	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	359
241	351	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	611
291	352	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	391
293	353	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	494
365	354	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	455
154	355	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	394
550	356	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	348
158	357	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	525
127	358	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	380
390	359	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	364
531	360	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	665
643	361	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	512
575	362	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	565
423	363	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	664
463	364	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	427

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
12	365	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	356
591	366	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	547
603	367	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	596
140	368	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	389
120	369	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	366
169	370	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	439
336	371	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	371
319	372	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	478
493	373	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	434
535	374	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	500
90	375	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	608
391	376	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	458
456	377	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	516
561	378	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	407
260	379	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	610
95	380	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	459
375	381	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	544
253	382	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	362
383	383	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	402
446	384	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	458
540	385	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	720
8	386	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	573
22	387	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	476
221	388	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	420
500	389	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	440
39	390	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	346
448	391	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	587
267	392	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	496

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
342	393	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	681
355	394	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	399
60	395	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	423
64	396	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	346
16	397	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	580
208	398	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	402
525	399	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	365
244	400	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	330
289	401	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	414
96	402	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	462
399	403	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	399
29	404	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	364
329	405	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	384
510	406	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	545
11	407	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	359
53	408	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	632
635	409	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	473
487	410	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	331
166	411	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	404
435	412	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	333
619	413	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	607
153	414	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	685
85	415	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	382
248	416	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	402
486	417	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	711
316	418	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	408
71	419	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	595
480	420	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	407

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
210	421	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	429
633	422	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	358
369	423	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	672
138	424	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	318
450	425	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	676
301	426	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	394
461	427	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	340
115	428	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	429
600	429	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	416
269	430	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	627
108	431	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	711
61	432	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	423
408	433	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	346
239	434	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	471
40	435	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	434
440	436	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	573
111	437	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	336
447	438	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	490
511	439	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	617
439	440	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	416
348	441	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	547
498	442	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	363
58	443	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	390
220	444	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	399
457	445	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	631
589	446	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	492
63	447	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	614
133	448	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	584

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
326	449	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	341
119	450	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	357
637	451	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	558
630	452	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	609
639	453	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	676
628	454	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	417
572	455	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	429
223	456	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	444
175	457	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	449
541	458	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	344
431	459	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	643
562	460	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	452
427	461	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	496
252	462	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	619
246	463	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	352
352	464	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	346
185	465	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	486
594	466	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	696
401	467	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	478
213	468	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	556
280	469	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	391
533	470	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	434
194	471	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	408
367	472	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	569
495	473	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	607
640	474	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	424
65	475	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	338
458	476	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	677

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
568	477	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	328
32	478	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	405
110	479	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	353
416	480	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	355
627	481	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	417
534	482	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	424
465	483	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	444
464	484	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	376
181	485	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	415
78	486	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	558
238	487	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	504
328	488	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	415
593	489	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	643
529	490	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	577
455	491	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	516
426	492	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	418
113	493	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	410
76	494	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	496
285	495	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	496
46	496	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	404
608	497	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	444
35	498	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	594
545	499	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	393
130	500	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	453
504	501	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	678
642	502	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	409
414	503	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	582
271	504	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	338

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
393	505	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	468
304	506	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	424
13	507	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	463
209	508	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	406
474	509	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	474
520	510	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	431
599	511	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	407
360	512	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	606
30	513	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	346
189	514	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	696
125	515	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	612
574	516	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	461
270	517	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	718
332	518	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	554
407	519	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	357
236	520	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	424
386	521	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	552
509	522	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	512
430	523	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	614
560	524	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	420
437	525	1	1	Layout 0	+10 Trucks	0 Forklift	382
19	526	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	412
56	527	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	344
522	528	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	586
644	529	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	497
517	530	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	406
212	531	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	466
134	532	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	636

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
9	533	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	632
344	534	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	406
443	535	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	359
325	536	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	316
317	537	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	396
612	538	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	668
229	539	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	454
179	540	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	592
645	541	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	518
438	542	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	424
513	543	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	703
469	544	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	364
587	545	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	412
373	546	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	490
620	547	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	648
451	548	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	400
505	549	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	405
466	550	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	442
347	551	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	488
294	552	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	529
80	553	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	628
278	554	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	587
368	555	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	582
396	556	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	679
452	557	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	413
10	558	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	367
400	559	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	526
470	560	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	338

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
387	561	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	601
343	562	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	391
321	563	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	506
141	564	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	431
578	565	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	342
485	566	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	644
207	567	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	691
582	568	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	482
100	569	1	1	Layout 2	+0 Trucks	-1 Forklift	385
240	570	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	516
217	571	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	319
93	572	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	358
237	573	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	405
405	574	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	749
201	575	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	358
131	576	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	497
305	577	1	1	Layout 0	+30 Trucks	0 Forklift	576
554	578	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	474
157	579	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	489
300	580	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	328
583	581	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	585
553	582	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	437
479	583	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	407
215	584	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	678
484	585	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	613
173	586	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	357
320	587	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	508
214	588	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	607

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
351	589	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	743
55	590	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	328
621	591	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	719
398	592	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	414
322	593	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	635
92	594	1	1	Layout 1	+0 Trucks	0 Forklift	340
187	595	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	604
428	596	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	491
530	597	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	572
506	598	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	408
114	599	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	461
4	600	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	400
648	601	1	1	Layout 2	+30 Trucks	+1 Forklift	712
228	602	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	355
409	603	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	409
82	604	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	332
283	605	1	1	Layout 1	+10 Trucks	-1 Forklift	462
265	606	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	512
419	607	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	453
476	608	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	608
109	609	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	346
57	610	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	316
601	611	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	421
543	612	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	329
563	613	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	486
159	614	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	516
614	615	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	404
204	616	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	503

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
519	617	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	442
161	618	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	630
341	619	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	583
15	620	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	469
523	621	1	1	Layout 1	+0 Trucks	-1 Forklift	350
394	622	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	559
481	623	1	1	Layout 2	+10 Trucks	-1 Forklift	475
417	624	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	374
156	625	1	1	Layout 2	+0 Trucks	+1 Forklift	454
149	626	1	1	Layout 1	+10 Trucks	0 Forklift	443
641	627	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	420
101	628	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	390
579	629	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	376
595	630	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	347
571	631	1	1	Layout 0	+10 Trucks	-1 Forklift	379
623	632	1	1	Layout 0	+0 Trucks	0 Forklift	352
190	633	1	1	Layout 0	+0 Trucks	-1 Forklift	348
180	634	1	1	Layout 1	+30 Trucks	+1 Forklift	697
178	635	1	1	Layout 1	+30 Trucks	-1 Forklift	577
222	636	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	421
50	637	1	1	Layout 2	+10 Trucks	0 Forklift	472
331	638	1	1	Layout 0	+30 Trucks	-1 Forklift	400
564	639	1	1	Layout 2	+10 Trucks	+1 Forklift	508
44	640	1	1	Layout 1	+30 Trucks	0 Forklift	581
592	641	1	1	Layout 2	+30 Trucks	-1 Forklift	606
323	642	1	1	Layout 2	+30 Trucks	0 Forklift	633
309	643	1	1	Layout 1	+0 Trucks	+1 Forklift	362
249	644	1	1	Layout 0	+10 Trucks	+1 Forklift	400

ตารางผนวก ง การออกแบบการทดลองของข้อมูลในการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Layout	QlyTruck	QlyForklift	Response
371	645	1	1	Layout 2	+0 Trucks	0 Forklift	421
192	646	1	1	Layout 0	+0 Trucks	+1 Forklift	346
231	647	1	1	Layout 1	+10 Trucks	+1 Forklift	470
333	648	1	1	Layout 0	+30 Trucks	+1 Forklift	610

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวอารดา ลีชุติวัฒน์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 482089

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2547

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนยกเว้นค่าเล่าเรียน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนผู้ช่วยสอน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

อารดา ลีชุติวัฒน์ นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และเสกสรร สุธรรมานนท์. 2551. การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา, ประเทศไทย. 8-9 พฤษภาคม 2551. หน้า 88.

อารดา ลีชุติวัฒน์ นิกร ศิริวงศ์ไพศาล และเสกสรร สุธรรมานนท์. 2550. การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา, ประเทศไทย. 24-26 ตุลาคม 2550. หน้า 164.