

การปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้า ของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา The Improvement of Warehouse Management System in Reconstitute Wood Panel Industry

นิกร ศิริวงศ์ไพศาล (Nikorn Sirivongpaisal)¹
เสกสรร สุธรรมานนท์ (Sakesun Suthummanon)²
อารดา ลิขิตวิวัฒน์ (Arada Leechutiwat)^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งออกของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา โดยการปรับปรุงระบบการจัดการคลังสินค้าเริ่มจากการกำหนดหัวข้อปัญหาโดยใช้หลักการแก้ไขปัญหแบบคิวชีสตอร์ร่วมกับเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง การวิจัยเริ่มจากการทำความเข้าใจภาพรวมของกระบวนการจากแผนผังการไหล กำหนดค่าเป้าหมายในการดำเนินการแก้ไขปัญหามาจากการศึกษาการทำงานและเวลา จากนั้นทำการระดมสมองผ่านแผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการส่งออกสินค้าของงานคลังสินค้า ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการรับ การเก็บ การเบิก และการจ่าย ประเมินผลกระทบของสาเหตุเพื่อลำดับความสำคัญของสาเหตุและพิจารณามาตรการตอบโต้สาเหตุของปัญหา โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบสถานการณ์ที่สร้างขึ้นบนโปรแกรม ProModel[®] เวอร์ชัน 7.0 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการนำมามาตรการตอบโต้ไปปฏิบัติจากการตรวจสอบความถูกต้องและน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพบว่า แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงและสามารถนำไปใช้ประเมินทางเลือกในการปรับปรุงระบบ โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางเลือกจาก 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุรากเหง้าของปัญหา คือ แผนผังตำแหน่งจัดเก็บ จำนวนรถบรรทุก และจำนวนรถยกเพื่อลดระยะทาง และเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าในงานคลังสินค้า ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงแผนผังตำแหน่งจัดเก็บ โดยใช้ระบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มสินค้าตามยอดการเบิกออกของสินค้า การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการส่งออกสินค้า และการจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า เมื่อพิจารณาทางเลือกของระบบที่ดีที่สุด พบว่าเวลาโดยเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบมีค่าลดลง 44 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 52.38 โดยไม่มีการทำงานนอกเวลาเกิดขึ้นในระบบ

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

³ นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

* Corresponding author, e-mail: a4812089@psu.ac.th

Abstract

This research aims to increase export 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 before situation understanding using flow process charts and operational target setting using time study. Brainstorming was used to analyze the cause and effect of each part of the warehouse delivery system: product receiving, storing, retrieving and shipping. The issue priorities were ranked by the failure mode and effects analysis. Model simulation with ProModel[®] version 7.0 was performed to estimate the results of cause countermeasures. After the validation and reliability of the model, it is proposed that the model is valid and can be implemented as an evaluation method of system improvement selections. The researcher also, developed an optional model based on three factors: finish goods storage layout, numbers of trucks, and numbers of forklift, which reduced the distant and time of product transfers. By the proposed model, the average time of warehouse process was reduced up to 44 seconds or 52.38 percentage of the previous model without overtime working in system.

คำสำคัญ: คิวซีสตอรี การจัดการคลังสินค้า แบบจำลองสถานการณ์

Keywords: QC story, warehouse management, model simulation

บทนำ

งานคลังสินค้า (Warehousing) เป็นกระบวนการในการรับจัดเก็บเบิกและจ่ายสินค้าให้ผู้รับเพื่อกิจกรรมการขาย เพื่อให้เกิดการดำเนินงานเป็นระบบให้คู่ค้ากับการลงทุน โดยมีคลังสินค้าเป็นจุดเชื่อมแรกที่สำคัญระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยทั่วไปการมีสินค้าคงคลังถือเป็นต้นทุนในการลงทุนที่มีความสำคัญอย่างมาก ปริมาณสินค้าคงคลังแสดงให้เห็นถึงจำนวนเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าคงคลังย่อมมีมูลค่าแปรผันตามปริมาณ เนื่องจากองค์กรไม่สามารถดำเนินการผลิตได้โดยมีสินค้าคงคลังเป็นศูนย์ตามที่ต้องการได้ โดยปริมาณสินค้าดังกล่าวก็จะส่งผลให้ต้องจัดการพื้นที่ในการเก็บตามมา ดังนั้นการจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) เป็นกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการลอจิสติกส์ที่มีความสำคัญอย่างมาก การจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพย่อมส่งผลถึงความสามารถในการลดต้นทุนขององค์กร ตลอดจนถึงความสามารถในการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าขององค์กร (อรุณ, 2547)

ปัญหาในการพัฒนาการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในคลังสินค้า มักเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆภายในคลังสินค้า ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ดังนี้ (นรินทร์, 2548)

- 1) การปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานเดิม เป็นการหาสาเหตุที่เบี่ยงเบนไปจากสภาวะที่ควรจะเป็น
- 2) การจัดการพื้นที่ในคลังสินค้า การจัดวางสินค้าโดยไม่มีผังของคลังสินค้าที่แน่นอนและตำแหน่งการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดความยากลำบากในการเคลื่อนย้าย

- 3) การจัดการทรัพยากรสำหรับการเคลื่อนย้ายสินค้า เช่น คน รถยก ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาระบบการจัดการคลังสินค้าในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา โดยมีแนวคิดในการกำจัดความสูญเปล่า และเสนอแนวทางในการกำจัดความสูญเปล่าหลักที่สำคัญ คือ ต้นทุนค่าแรงในการทำงานล่วงเวลาการทำงานของแผนกคลังสินค้า โดยมุ่งเน้นการจัดการในส่วนงานจ่ายออกสินค้าสำเร็จรูปเพื่อหาแนวทางในการวางแผน และบริหารเวลาการทำงาน

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำการลดหรือกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าในกระบวนการจัดการคลังสินค้า ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการรับ (Receiving) การเก็บ (Storing) การเบิก (Retrieving) และการจ่าย (Shipping) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่กระทบโดยตรงต่อระดับบริการที่ลูกค้าได้รับ และต้นทุนของบริษัท

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการส่งออกสินค้าของแผนกคลังสินค้า โดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมในการวิเคราะห์ และหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการจัดการคลังสินค้าสำเร็จรูป

วิธีการวิจัย

การแก้ไขปัญหตามขั้นตอนการดำเนินการคิวซีสตอรี (QC Story) ซึ่งเป็นเทคนิคการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพ โดยเฉพาะข้อมูลเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ โดยการนำเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ (กิตติศักดิ์, 2548)

1. การนิยามหัวข้อปัญหา จากคำกล่าวที่ว่า ปัญหา คือ ความเบี่ยงเบนของสมรรถนะที่เป็นจริงจากสมรรถนะที่ควรจะเป็น หรือเป้าหมายของการดำเนินงานโดยอาศัยแนวคิดด้านคุณภาพ

2. การสำรวจสภาพปัจจุบันเพื่อทำความเข้าใจกับสภาพของปัญหา ค้นหาสาเหตุเบื้องต้นหรืออาการของปัญหา หลังจากทำความเข้าใจกับการไหลของกระบวนการเป็นที่เรียบร้อยแล้วในการสังเกตการณ์เพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์ของปัญหานั้น ควรดำเนินการด้วยการทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการก่อน

3. การตั้งค่าเป้าหมายในการแก้ไขจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการสังเกตการณ์ร่วมกับเงื่อนไขในการนิยามปัญหาข้างต้น โดยการตั้งค่าเป้าหมายในการดำเนินการแก้ไขปัญหาจากการศึกษาการทำงานโดยการเก็บบันทึกข้อมูล และการศึกษาเวลาในการวัด

ผลงานเพื่อหาเวลา และอัตราการทำงานที่ควรจะเป็นภายใต้สภาวะปกติ

4. การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า (Root Causes Analysis : RCA) จากการหาสาเหตุเบื้องต้น (Primary Causes) ของปัญหาโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุ และผลซึ่งยืนยันด้วยข้อมูลในอดีตกับปัจจุบัน โดยใช้ผังก้างปลาที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Causes) หลังจากนั้นจัดลำดับความสำคัญของอาการของปัญหาเพื่อเลือกสาเหตุไปทำการพิสูจน์โดยพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยงชั้นนำ

5. การกำหนดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกัน โดยดำเนินการแก้ไขจุดที่เป็นสาเหตุ เมื่อจุดที่เป็นสาเหตุไม่เกิดปัญหาก็จะไม่เกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นอีกต่อไป แต่เนื่องจากกระบวนการทำงานจริงต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูงในการลงทุน และกระบวนการศึกษาวิจัยต้องใช้เวลาานาน ดังนั้นงานวิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้ โดยแบบจำลองสามารถสะท้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในคลังสินค้าสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ และประเมินความเหมาะสมของแนวทางต่างๆ ในการปรับปรุงระบบภายในคลังสินค้า

ผลการวิจัย

ในการดำเนินแก้ไขปัญหตามหลักการของคิวซีสตอรีให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้นมีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจการดำเนินงานอย่างเป็นลำดับในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ไขปัญหานั้น ดังแสดงรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา

การนิยามปัญหาเริ่มต้นจากการนิยามถึงภารกิจที่รับผิดชอบในรูปของกระบวนการ ซึ่งสามารถอธิบายถึงกิจกรรม และความสัมพันธ์ของกิจกรรมในแต่ละส่วนของกระบวนการทำงานของแผนกคลังสินค้ากับแผนกที่เกี่ยวข้อง จากแผนผังแสดงการไหลของกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 1 ทำให้พิจารณาได้ว่าลูกค้าภายในของแผนกคลังสินค้าสำหรับ

กรณีศึกษา คือ แผนกบัญชี ซึ่งได้รับผลกระทบจากงานที่แผนกคลังสินค้าส่งมอบ เมื่อแผนกบัญชีพิจารณาการดำเนินงานพบว่าบ่อยครั้งต้องมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้น ทั้งที่จำนวนสินค้าที่ส่งออกไปมีจำนวนไม่แตกต่างกันกับวันที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทำงานในส่วนนี้มีปัญหา

2. การสำรวจสภาพปัจจุบัน

การค้นหาอาการของปัญหาเพื่อประเมินผลของงานที่เกิดขึ้นจริงตามลักษณะคุณภาพที่ถูกกล่าวหาในคาดหวังโดยมีจำนวนสินค้าที่แผนกคลังสินค้าจ่ายออกได้เป็นตัวชี้วัดของกระบวนการ อย่างไรก็ตามตัววัดในแต่ละลำดับขั้นย่อมมีความสัมพันธ์ระหว่างกันกล่าวคือ ตัวชี้วัดทางธุรกิจของระดับผู้บริหาร คือ ต้นทุน ส่วนตัวชี้วัดของระดับผู้จัดการ คือ จำนวนสินค้าที่จ่ายออกได้ ขณะที่ระดับผู้ปฏิบัติงาน เวลาเป็นตัววัดชี้วัดของระบบที่ใช้ประเมินสมรรถนะซึ่งในที่นี้ คือ เวลาการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้าจากการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 เพื่อหาสภาพปัจจุบันสำหรับค่าแรงการทำงานล่วงเวลาไปเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนดจากความคาดหวังของลูกค้าโดยวิเคราะห์จากแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ดังแสดงในรูปที่ 2 จากแผนภูมิควบคุม สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะมีค่าแรงในการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 22,273 บาท

3. การตั้งเป้าหมาย

จากการศึกษาการทำงาน (Method Study) โดยการเก็บบันทึกข้อมูล และการศึกษาเวลา (Time Study) ในการวัดผลงานเพื่อหาเวลา และอัตราการทำงานที่ควรจะเป็น โดยตัดสินเทียบกับค่าอ้างอิงในปัจจุบัน (Baseline) ที่ทำได้ภายใต้สภาวะปกติ โดยกำหนดวิธีการทำงานที่ถูกต้องจากการศึกษาวิธีการทำงาน บันทึกข้อมูลเวลาแบบต่อเนื่องเพื่อหาองค์ประกอบการประเมิน (Rating Factor) ในทำการปรับอัตราการทำงานเนื่องจากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากพอส่งผลให้ข้อมูลมีรูปแบบการกระจายแบบปกติ

จึงสามารถใช้ค่าเวลาเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ของอัตราการทำงานปกติ และกำหนดค่าองค์ประกอบการประเมินโดยใช้ค่าเวลาเฉลี่ยเป็น 100% (วิจิตร และคณะ, 2537) และประเมินเวลาเพื่อจากผู้ชำนาญการเพื่อให้ค่าเวลาปกติให้เป็นค่าเวลามาตรฐาน ดังสมการที่ 1 โดยกำหนดเวลาเพื่อเท่ากับ 35%

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + (\text{เวลาปกติ} \times \% \text{เวลาเพื่อ}) \quad (1)$$

ดังนั้นสมรรถนะที่ควรจะเป็นมีค่าเท่ากับ 8 ชั่วโมง 16 นาที ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นเวลามาตรฐานในการทำงานต่อวันของพนักงานในแผนกคลังสินค้า ซึ่งสูงกว่าการทำงานในเวลาปกติ 16 นาที ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสภาพปัจจุบันของค่าแรงที่เกิดจากการทำงานล่วงเวลาจากแผนภูมิควบคุมข้างต้น คือ 22,273 บาทต่อเดือน เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบจึงคำนวณค่าดังกล่าวเป็นเวลาโดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

กำหนดให้ แผนกคลังสินค้ามีพนักงานทั้งสิ้น 16 คน เวลาในการทำงานต่อวันเท่ากับ 8 ชั่วโมง วันทำงานต่อเดือน เท่ากับ 24 วัน ค่าแรงขั้นต่ำของพนักงานเท่ากับ 170 บาทต่อวัน ค่าแรงกรณีทำงานล่วงเวลาอัตรา 1.5 เท่า ดังนั้น เวลาในการทำงานล่วงเวลาต่อวันต่อคนเท่ากับ $(22273/24)/[(170/8) \times 1.5 \times 16] = 1.81$ ชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงเวลาขั้นต่ำในการจ่ายค่าแรงในกรณีทำงานล่วงเวลาคือ 30 นาที ทำให้สมรรถนะที่ควรจะเป็นซึ่งมีค่าเท่ากับ 16 นาที จึงปรับเป็น 30 นาที ส่วนสมรรถนะที่เป็นจริงมีค่าเท่ากับ 1.81 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 1 ชั่วโมง 49 นาที หรือเท่ากับ 109 นาที ดังนั้นการกำหนดเป้าหมายที่ต้องการ (Goal) เป็นเป้าหมายในการดำเนินงานจึงมีค่าเท่ากับ 30 นาทีต่อวัน

4. การวิเคราะห์สาเหตุ

การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าผ่านการระดมสมองด้วยแผนภาพก้างปลา สามารถแยกย่อยออกเป็นปัจจัย

ที่เกิดจากสาเหตุหลัก และสาเหตุย่อยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยในที่นี้ได้แบ่งพิจารณาสาเหตุออกเป็น 4 ระบบ คือ ระบบการรับ ระบบการจัดเก็บ ระบบการเบิก และระบบการจ่าย ดังแสดงในรูปที่ 3 จากนั้นพิสูจน์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) ซึ่งพิจารณาจากค่าคะแนนความเสี่ยงชั้นนำ (Risk Priority Number : RPN) (กิตติศักดิ์, 2548) ทั้งนี้ในการประเมินคะแนนเพื่อหาคะแนนความเสี่ยงชั้นนำ โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งสิ้น 5 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้จัดการ หัวหน้างาน และผู้ปฏิบัติการจำนวน 3 คน ทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบพบว่ามีความเสี่ยงสูงมีค่าความเสี่ยงชั้นนำ 9 หัวข้อ ที่มีความเสี่ยงสูงมีความจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพื่อลดค่าความเสี่ยงชั้นนำ ดังแสดงในตารางที่ 2 แต่สาเหตุของปัญหาการรอความพร้อมของเอกสารทางการเงินจากลูกค้า เป็นสาเหตุของปัญหาจากตัวแปรของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ จึงจำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์การแก้ไขผ่านระบบข้อเสนอแนะ (Suggestion system) ต่อไป (กิตติศักดิ์, 2546) จัดลำดับความสำคัญของอาการของปัญหาจาก 4 หัวข้อที่เหลือเพื่อเลือกสาเหตุไปทำการพิสูจน์ โดยจำแนกออกเป็น 3 ประเด็น คือ

- 1) การจัดหาจำนวนรถบรรทุกในการส่งออกสินค้า ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาความสามารถของผู้ส่งมอบในการหาผู้สินค้าต่ำ และผู้ส่งมอบน้อยรายในกระบวนการจ่ายสินค้า
- 2) การจัดวางแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้า ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาการจัดวางไม่มีการระบุที่ตั้ง
- 3) การจัดสรรจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งเป็นส่วนสนับสนุนการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นปัญหาของสาเหตุการรอพาเลตพลิกก่อนนำสินค้าขึ้นตู้

5. การกำหนดมาตรการแก้ไขเชิงป้องกัน

เพื่อป้องกันการเกิดขึ้นของสาเหตุของปัญหา ไม่ให้เกิดปัญหานั้นซ้ำขึ้นมาอีกโดยนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยในการแก้ไข โดยผลลัพธ์

ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการนำมาตรการแก้ไขไปปฏิบัติ อันจะส่งผลให้การตัดสินใจปรับปรุงระบบคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Frazelle, 1996)

การทวนสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์ สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้การทวนสอบความถูกต้องของผลการจำลองระหว่างการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้คำสั่ง “Trace” ของโปรแกรม ProModel® โดยใช้การจำลองแบบภาพเคลื่อนไหวช่วยในการทวนสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4 การที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณค่าความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากระบบทั้งสอง โดยใช้วิธีการทางสถิติเป็นเครื่องมือในการทดสอบด้วยตัวสถิติทดสอบ t (2 Sample t Test) ซึ่งพารามิเตอร์ในการทดสอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบในที่นี้คือ จำนวนพาเลตสินค้าที่ส่งออกได้ต่อเดือนของแผนกคลังสินค้า โดยสามารถแสดงการทดสอบสมมติฐานของการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ (Level of significance) เท่ากับ 0.05 ได้ดังนี้

H_0 : ตัวแบบมีความสมเหตุสมผลกับระบบจริง

H_1 : ตัวแบบไม่มีความสมเหตุสมผลกับระบบจริง

โดยตัวสถิติทดสอบ t ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ดังแสดงในรูปที่ 5 กราฟได้ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.226 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ดังนั้นทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมีความสมเหตุสมผลกับระบบจริงที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

6. การประเมินทางเลือกของระบบ

การทดสอบใช้งานจริง (Implementation) ของแบบจำลอง โดยการประเมินทางเลือกของระบบ (Scenarios) เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 แบบขึ้นไป (Law and Kelton, 1991)

จากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าพบว่าสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถสรุปแยกออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการจัดแผนผังพื้นที่จัดเก็บสินค้า สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของผู้ส่งมอบในการจัดหารถบรรทุกในการส่งออกสินค้าและสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า ซึ่งก่อนที่จะทำการออกแบบการทดลองดังกล่าวต้องทำการหาจำนวนรอบการจำลอง (Replicate) ของแบบจำลอง โดยทำการทดลองเก็บข้อมูลเบื้องต้น 5 ชั่วโมง ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อใช้ในการหาจำนวนรอบของแบบจำลอง อย่างไรก็ตามก่อนนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้ (Analysis of Variance) จะต้องทำการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติ (Model Adequacy Checking) ที่จะนำไปใช้ว่าได้รับการเก็บมาจากสถานะควบคุมหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (Residual Analysis) เมื่อทราบว่าความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุดไม่แตกต่างกันในขั้นตอนต่อไปคือการหาขอบการจำลองของแบบจำลองที่เหมาะสม กำหนดให้ความแตกต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ยจนทำให้เกิดการปฏิเสธสมมติฐานเท่ากับ 5 พาสเซต ด้วยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม 9.904 พาสเซต โดยกำหนดให้มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และให้อำนาจของการทดสอบ $(1-\beta)$ เท่ากับ 0.95 ดังแสดงในรูปที่ 6 จำนวนรอบการจำลองจึงควรใช้รอบการจำลองประมาณ 103 ถึง 109 ตัว ในการจำลองรอบของแบบจำลองสำหรับระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานนั้นถูกต้อง และให้อำนาจของการทดสอบเท่ากับ 0.95 เป็นความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อสมมติฐานนั้นผิด เนื่องจากขนาดตัวอย่าง 106 ถึง 109 ตัว ขนาดสิ่งตัวอย่างจะมีความไวต่อกำลังการทดสอบไม่แตกต่างกัน จึงเลือกใช้ขนาดสิ่งตัวอย่าง 109 ตัว

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่มี 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้า จำนวนรถบรรทุกในการส่งออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า

ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ปัจจัยแรกคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวาง กำหนดให้การจัดวางเป็นแบบเดิมในระดับแรก ส่วน 2 ระดับที่เหลือ เป็นการแบ่งตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บออกเป็นกลุ่มสินค้า 3 กลุ่มสินค้า ตามอัตราความถี่ในการหมุนเวียนของรายการสินค้า โดยกำหนดให้แผนผังการจัดวางแบบที่ 1 เป็นการวางแผนผังแบบสุ่ม (Random Storage Location) และแบบที่ 2 เป็นการวางแผนผังแบบตายตัว (Fix Storage Location) ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุก กำหนดให้ระดับแรกคือ จำนวนรถบรรทุกในการส่งออกสินค้าระดับเดิมซึ่งมีค่าเท่ากับ 30 คันต่อวัน ส่วนระดับที่ 2 และ 3 ทำการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกอีก 10 คัน และ 30 คัน โดยให้ระบบมีอัตราการเข้ามาตามสัดส่วนจริง แต่มีจำนวนรอบในการเข้ามาใช้บริการถ่มมากขึ้น โดยสินค้า จะถูกจัดส่งโดยรถเทรลเลอร์ 30 เพอร์เซ็นต์ รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต 15 เพอร์เซ็นต์ และอีก 55 เพอร์เซ็นต์จะถูกขนส่งโดยรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต ส่วนปัจจัยสุดท้าย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถยก กำหนดให้ระดับแรกคือ การลดจำนวนรถยกลง 1 คันในส่วนท่าเทียบรถ เนื่องจากพนักงานรถยกในส่วนคลังสินค้ามีค่าอัตราประโยชน์โดยเฉลี่ย (Average Utilization) 70 เพอร์เซ็นต์ ในขณะที่พนักงานรถยกในส่วนท่าเทียบรถมีค่าอัตราประโยชน์โดยเฉลี่ย 35 เพอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงลดจำนวนรถยกในส่วนท่าเทียบรถออกจากระบบ ส่วนระดับที่ 2 เป็นจำนวนรถยกที่ระดับเดิม โดยระบบมีจำนวนรถยกทั้งหมด 4 คัน คือ 2 คันสำหรับท่าเทียบรถ และอีก 2 คันสำหรับคลังสินค้า และระดับที่ 3 การเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คัน ในส่วนคลังสินค้า ดังนั้น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลจึงประกอบด้วย การทดลองร่วมปัจจัยจำนวน 27 การทดลอง ซึ่งมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 26 ผลหลักแต่ละตัวมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 2 อันตรกิริยาแบบ 2 ปัจจัยแต่ละตัวจะมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 4 และอันตรกิริยาแบบ 3 ปัจจัยแต่ละตัวจะมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 8 จากการทำการออกแบบการทดลองสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของแบบจำลองสถิติเชิงเส้น คือ

- กำหนดให้ γ คือ จำนวนสินค้าที่ส่งออกได้ต่อวัน
- τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัยการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า
- β_j คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ j ของปัจจัยจำนวน รถบรรทุกในการส่งออกสินค้า
- γ_k คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับที่ k ของปัจจัยจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า
- $(\tau\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ β_j
- $(\tau\gamma)_{ik}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ γ_k
- $(\beta\gamma)_{jk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง β_j และ γ_k
- $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i , β_j และ γ_k
- ε_{ijkl} คือ องค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม

ในส่วนนี้ก็จะเช่นกัน ก่อนนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้จะต้องทำการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติ ดังแสดงในรูปที่ 7 ทำการป้อนข้อมูลตามลำดับการทดลองเพื่อพิจารณาภาวะสุ่มของข้อมูลจากแผนภูมิควบคุม I ระหว่างค่าเฉลี่ยเหลือกับลำดับการทดสอบ พบว่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายใต้พิสัยควบคุม แสดงว่าข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองนี้เป็นอิสระต่อกันเนื่องจากความสุ่ม หลังจากนั้น พิจารณากราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติ หรือฮิสโตแกรม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่เก็บมา มีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ โดยในที่นี้เลือกพิจารณาจากฮิสโตแกรมเนื่องจากข้อมูลมากกว่า 30 ตัว จากกราฟพบว่าฮิสโตแกรมแสดงรูปทรงระฆังคว่ำส่วนกราฟทดสอบการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะเป็นเส้นตรงตามสมมติฐาน แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองนี้มีการแจกแจงแบบปกติมีลักษณะสุ่ม และเป็นอิสระต่อกัน ขั้นตอนถัดไป คือ การทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล โดยพิจารณาว่าข้อมูลมีความ

ผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ จากกราฟไม่พบข้อมูลที่ผิดปกติ จึงสามารถยืนยันได้แน่ชัดว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีค่าคงที่

7. สรุปผลการวิเคราะห์

จากตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองทางสถิติ และแสดงผลแล้วว่าข้อมูลที่ได้มีความเพียงพอ และถูกต้องตามแผนการทดลองแล้ว ขั้นตอนถัดไปที่ต้องทำการวิเคราะห์ค่า R^2 ซึ่งเกิดจากความผันแปรทั้งหมด ของข้อมูลว่าเกิดจากความผันแปรจากปัจจัยเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าการทดลองนี้มีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 98.36% แสดงว่าตัวแบบการทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ดี สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง จากการวิเคราะห์พบว่าค่า P-Value ของปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยมีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญ และในส่วนของอันตรกิริยาของทั้ง 2 และ 3 ปัจจัย มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าอันตรกิริยาของปัจจัยทั้ง 2 และ 3 มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 9 เช่นกัน

การวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองของแบบจำลองสถานการณ์ในการประเมินทางเลือกของระบบ จากการปรับเปลี่ยนการจัดวางแผนผังตำแหน่งจัดเก็บสินค้าจำนวนรถบรรทุกในการจ่ายออกสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้ายสินค้า มีผลต่อค่าเวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบ เปรียบเทียบแต่ละตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบกับตัวแบบเดิม (C1) ที่มีเวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้ามีค่าเท่ากับ 84 วินาทีต่อพาเลต ซึ่งมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบเพื่อให้ได้วิธีการหรือแนวทางที่ทำให้เวลาในการทำงานล่วงเวลาต่อวันของแผนกคลังสินค้าน้อยกว่า 30 นาที ตามเป้าหมายที่ได้จากการศึกษาเวลาข้างต้น มาคำนวณเป็นจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ในแต่ละวัน

ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ $40+192+126 = 358$ พาเลต ดังแสดงในตารางที่ 3 ดังนั้นตัวแบบที่ไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ จะต้องใช้เวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ $(8 \times 60 \times 60) / 358 = 80$ วินาทีต่อพาเลต เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบ พบว่าตัวแบบตัวแบบที่เป็นทางเลือกของระบบที่ดีที่สุด คือ การจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 การเพิ่มจำนวนรถบรรทุกในการส่งออกอีก 30 คันและเพิ่มจำนวนรถยกอีก 1 คันในส่วนคลังสินค้า (A2B2C2) ดังแสดงในรูปที่ 10 ทำให้เวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 40 วินาทีต่อพาเลต หรือลดลงจากระบบเดิม (C1) เท่ากับ 44 วินาทีต่อพาเลต โดยไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ

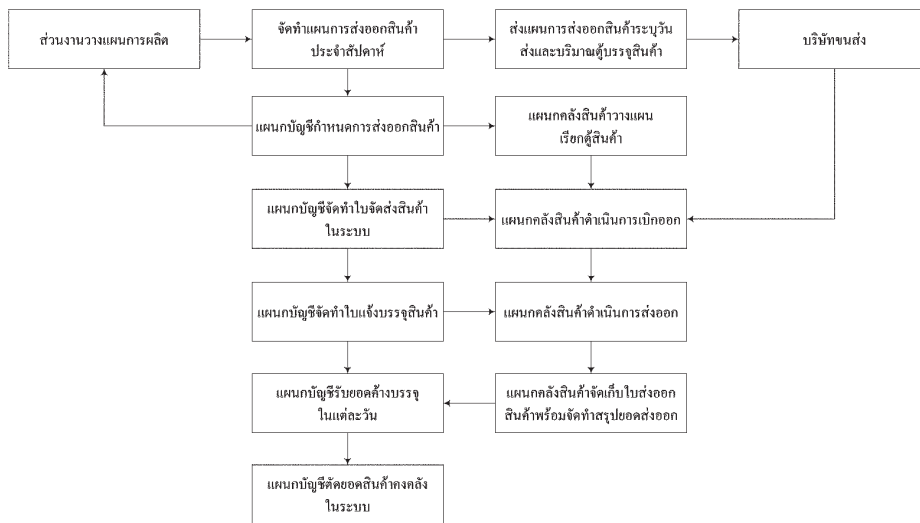
แต่อย่างไรก็ตามแม้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรถบรรทุกในการส่งออกมีผลมากที่สุดกับจำนวนพาเลตสินค้าที่ส่งออกได้ รองลงมาคือการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้า และจำนวนรถยกในการเคลื่อนย้าย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลา ความซับซ้อนของขั้นตอนตลอดจนถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น การปรับปรุงในระบบจริงจึงควรเริ่มจากการเพิ่มจำนวนรถยก และการปรับปรุงการจัดวางตำแหน่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าแบบที่ 2 (A2C2) ซึ่งไม่มีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบ และเวลาโดยเฉลี่ยที่พาเลตสินค้าอยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 69 วินาทีต่อพาเลต

กิตติกรรมประกาศ

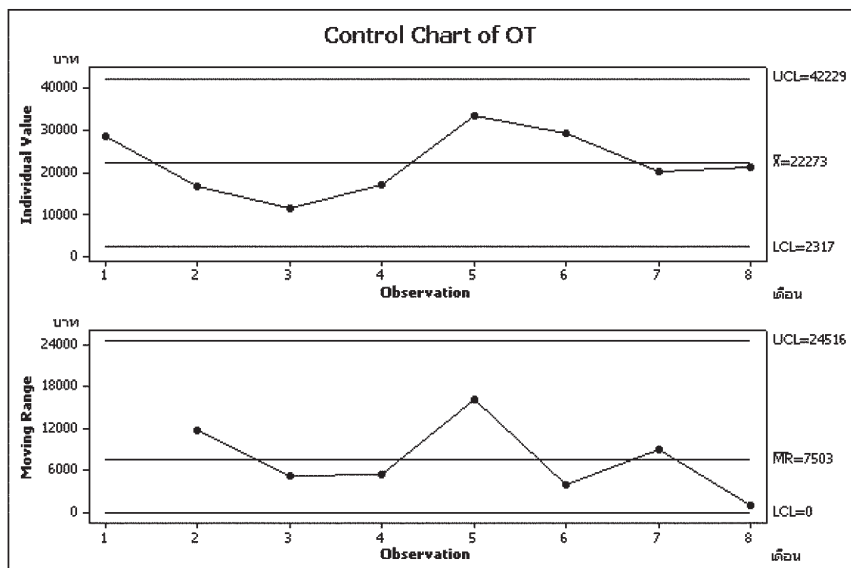
ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. **ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล**. กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพรส จำกัด.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2548. **การแก้ปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.
- บุรินทร์ ทั้งไพศาล. 2548. **แบบจำลองสถานการณ์เพื่อการจัดการการกระจายสินค้าในคลังสินค้า**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจิตร คัมภสุทธิ์ และคณะ. 2537. **การศึกษาการทำงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณ บริรักษ์. 2547. **การบริหารจัดการคลังสินค้าในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไอทีแอล เทค มีเดีย
- Frazelle, Edward H. 1996. **World-Class Warehousing**. Atlanta: Logistics Resources International Law, Averill
- M. and Kelton, David W. 1991. **Simulation Modeling and Analysis**. Singapore: McGraw-Hill.



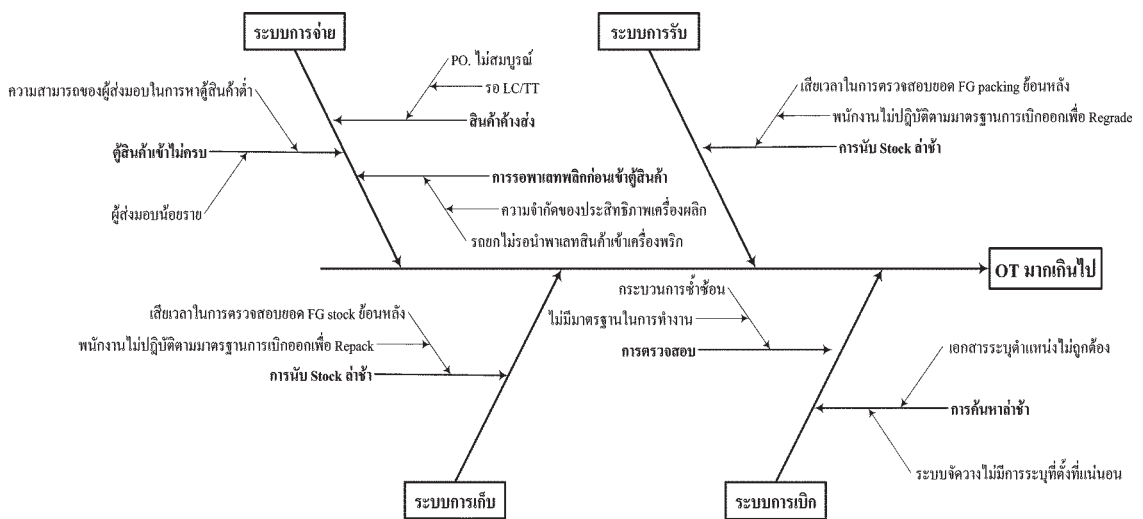
รูปที่ 1. แสดงแผนผังแสดงการไหลของกระบวนการจัดส่งสินค้าออกจากคลังสินค้า



รูปที่ 2. แสดงแผนภูมิควบคุมแสดงค่าแรงที่เกิดการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า

ตารางที่ 1. แสดงเวลามาตรฐานในการทำงานของแผนกคลังสินค้าใน 1 วัน

ประเภทรถบรรทุกสินค้า	จำนวนตู้สินค้าส่งออก	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



รูปที่ 3. แสดงแผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุการทำงานล่วงเวลาของแผนกคลังสินค้า

ตารางที่ 2. แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของสาเหตุของปัญหาในกระบวนการ

ลักษณะข้อบกพร่อง			ตัวเลขความ เสี่ยงขึ้น	ลำดับ
รายการ ของสาเหตุ	ผลกระทบ	สาเหตุข้อบกพร่อง		
ระบบ การรับ	การนับ Stock ค่าซ้ำ	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการเบิก ออกเพื่อ Regrade	$2 \times 1 \times 2 = 4$	8
ระบบ การเก็บ	การนับ Stock ค่าซ้ำ	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการเบิก ออกเพื่อ Repack	$2 \times 1 \times 2 = 4$	8
ระบบ การเบิก	การตรวจสอบ	ไม่มีมาตรฐานในการใช้งาน	$1 \times 6 \times 6 = 36$	5
	การค้นหาลำช้า	เอกสารระบุตำแหน่งไม่ถูกต้อง	$2 \times 3 \times 2 = 12$	6
		ระบบจัดวางไม่มีการระบุที่ตั้งที่แน่นอน	$4 \times 6 \times 5 = 120$	4
ระบบ การจ่าย	การรอพาเลตพลิกก่อนเข้าสู่ตู้	ความจำกัดของประสิทธิภาพเครื่องจักร	$2 \times 6 \times 6 = 72$	5
	ตู้สินค้าเข้าไม่ครบ	ความสามารถของชัฟฟลายเออร์ในการ หาตู้สินค้าต่ำ	$6 \times 6 \times 6 = 216$	1
		ชัฟฟลายเออร์น้อยราย	$5 \times 6 \times 5 = 150$	3
	สินค้าค้างส่ง	รอความพร้อมของเอกสารทางการเงิน	$6 \times 5 \times 6 = 180$	2



รูปที่ 4. แสดงภาพเคลื่อนไหวช่วยการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

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

รูปที่ 5. แสดงผลลัพธ์ของการทดสอบความสมเหตุสมผลของตัวแบบ

Power and Sample Size

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)

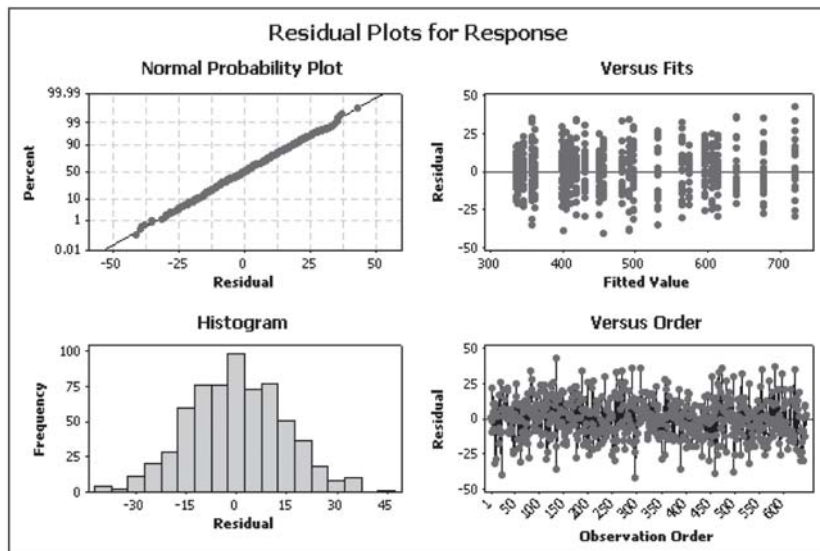
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 9.905

Difference	Sample Size	Power
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

The sample size is for each group.

รูปที่ 6. แสดงการหาขนาดตัวอย่างของจำนวนรอบการจำลอง



รูปที่ 7. แสดงการวิเคราะห์ค่าเสียเหลือและความเพียงพอของแบบจำลอง

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

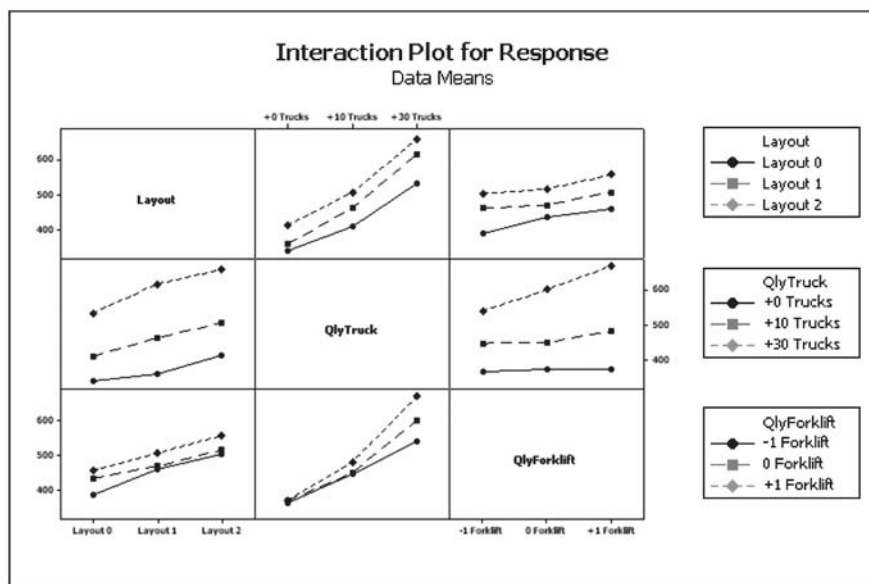
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Layout	2	1040008	1040008	520004	2455.34	0.000
QlyTruck	2	5983755	5983755	2991877	14126.95	0.000
QlyForklift	2	349695	349695	174848	825.59	0.000
Layout*QlyTruck	4	83667	83667	20917	98.76	0.000
Layout*QlyForklift	4	32628	32628	8157	38.51	0.000
QlyTruck*QlyForklift	4	306184	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%

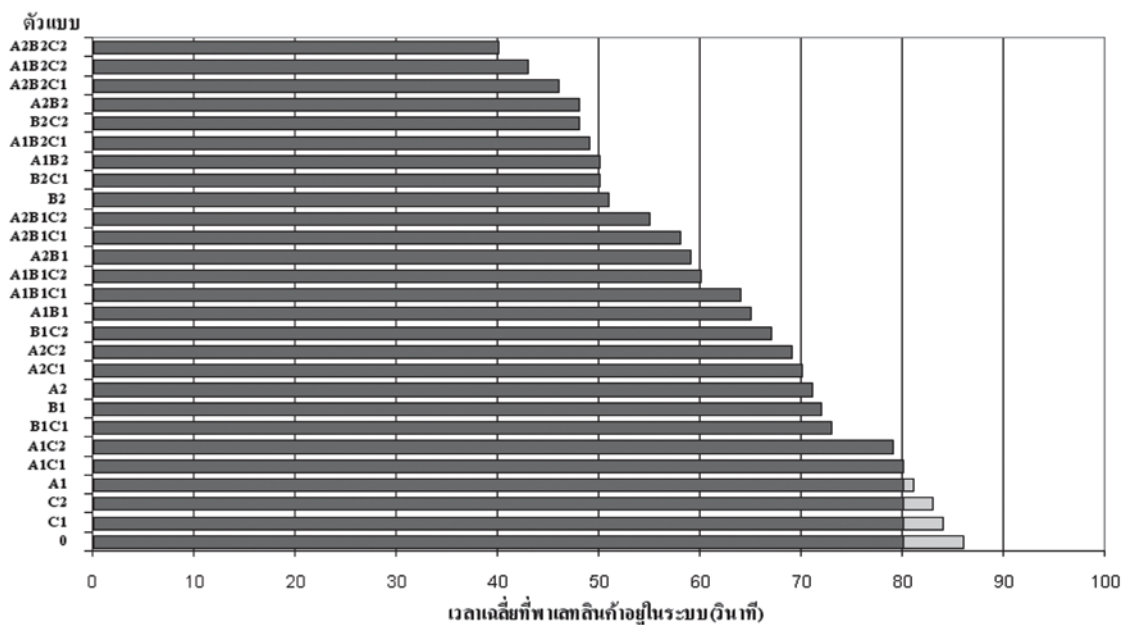
รูปที่ 8. แสดงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบ

ตารางที่ 3. แสดงจำนวนพาเลตสินค้าที่จ่ายออกได้ของแผนกคลังสินค้าใน 1 วัน

ประเภทรถบรรทุกสินค้า	จำนวนพาเลตสินค้าที่บรรจุได้	จำนวนตู้สินค้าที่จ่ายออกได้	จำนวนพาเลตทั้งหมด
รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต	8	5	40
รถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต	12	16	192
รถเทรลเลอร์	14	9	126



รูปที่ 9. แสดงผลที่เกิดจากอันตรกิริยาของทั้ง 3 ปัจจัย



รูปที่ 10. แสดงแผนภูมิเวลาโดยเฉลี่ยที่พาสถังเก็บอยู่ในระบบของแต่ละแบบจำลอง