การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบ สำหรับระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตในโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา: กรณีศึกษา

สุริยันต์ จอมธนชัย*
นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วนิดา รัตนมณี
รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รัญชนา สินธวาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-1715-9810 อีเมล: n_suriyan@hotmail.com
รับเมื่อ 20 มีนาคม 2558 ตอบรับเมื่อ 7 กรกฎาคม 2558 เผยแพร่ออนไลน์ 9 พฤศจิกายน 2558
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

โรงงานแปรรูปไม้ยางพารามีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายตามขนาดผลิตและระดับคุณภาพ มักประสบปัญหาด้านการจัดการข้อมูลการผลิตให้แม่นยำ จึงส่งผลต่อความผิดพลาดด้านการส่งมอบ และการจัดการต้นทุนแรงงานต่อหน่วยผลิต งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบการทวนสอบปริมาณการผลิต เพื่อปรับปรุงระบบการทวนสอบของโรงงานแปรรูปไม้ยางพารากรณีศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบตามหลักของการจัดการความเสี่ยง จากการวิจัยพบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งกระทบต่อระบบการทวนสอบอย่างสำคัญ ได้แก่ พนักงาน สภาพแวดล้อม วิธีการ และวัตถุดิบ จากปัจจัยหลักสามารถกำหนดวิธีแก้ไขปรับปรุงด้วยแนวทาง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลการผลิต การพัฒนาระบบการตรวจนับ การปรับปรุงแผนผังการจัดวางและการไหลของชิ้นงาน และการปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงาน เมื่อได้ปรับปรุงตามแนวทางแล้วทำให้ค่าความเสี่ยงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เบื้องต้น โดยลดลงจาก 5,983 เหลือ 2,792 คะแนน หรือเทียบเป็น 53.3% ของความเสี่ยงรวมสำหรับเหตุการณ์ความเสี่ยง 16 จาก 21 เรื่องที่ได้ปรับปรุง การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตยังส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการลดลงจากร้อยละ 5.24 เหลือ 2.29 หรือเทียบเป็น 56.3% ของค่าคลาดเคลื่อนก่อนการปรับปรุง

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบ การทวนสอบปริมาณการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป

การอ้างอิงบทความ: สุริยันต์ จอมธนชัย, วนิดา รัตนมณี และ รัญชนา สินธวาลัย, "การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบ สำหรับระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตในโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา: กรณีศึกษา," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 1, หน้า 61–73, ม.ค.–เม.ย. 2559. DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.07.009

An Application of Failure Mode and Effect Analysis Technique for Production Quantity Verification System in Rubberwood Processing Factory: A Case Study

Suriyan Jomthanachai*
Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

Wanida Rattanamanee
Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

Runchana Sinthavalai
Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08-1715-9810, E-mail: n_suriyan@hotmail.com
Received 20 March 2015; Accepted 7 July 2015; Published online: 9 November 2015
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Rubberwood Processing Manufacturing, which has various types of products depended on size and quality level of wood, normally has major problem in precision production data management. An inaccuracy production data always makes difficulties for scheduling; and managing labor cost per unit. This research was concerned with an application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) technique to find out factors affecting to the production quantity verification system. The research was attempted to reduce those factors; in other word, it was aimed to improve efficiency for the verification system. It was found that four factors are significant; human, workplace, processing method and raw material. Thus, four improving methods were considered; developing the information technology, developing a counting method, improving the material flow and storage area and changing works process for supporting the quantity verification system. The result was proposed as Risk Priority Number (RPN) decrease from 5,983 to 2,792 or reduced 53.3% by covering 16 from 21 effects of failure. In addition, the verification system was more efficiently by reducing of discrepancy data or percentage of error in production quantity from 5.24 to 2.29 or by 56.3%.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, FMEA, Quantity Verification, Rubberwood Processing

Please cite this article as: S. Jomthanachai, W. Rattanamanee, and R. Sinthavalai, "An Application of Failure Mode and Effect Analysis Technique for Production Quantity Verification System in Rubberwood Processing Factory: A Case Study," *The Journal of KMUTNB*., Vol. 26, No. 1, pp. 61–73, Jan.–Apr. 2016 (in Thai). DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.07.009

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมหลักที่มีบทบาทสำคัญในเขตพื้นที่ภาคใต้ เนื่องจากการเป็นพื้นที่เพาะปลูกหลัก และโดยส่วนมากอายุการปลูกอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถตัดโค่นเพื่อปลูกทดแทนได้ ไม้ยางพาราจึงมีปริมาณมากพอที่จะใช้ในอุตสาหกรรมเกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องเรือนและเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งนอกจากจะใช้ภายในประเทศแล้วยังมีการส่งออกที่มากขึ้นทุกปี [1] อุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ยางพาราเป็นหนึ่งในธุรกิจการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์หลากหลาย โดยรายการผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับขนาดของไม้แปรรูปอบแห้งที่กำหนดโดยลูกค้า รวมทั้งระดับคุณภาพที่ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบการจัดการข้อมูลการผลิตและการทวนสอบข้อมูลจึงนับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดำเนินธุรกิจ ในกรณีที่ระบบการทวนสอบปริมาณไม่มีประสิทธิภาพนั้นจะทำให้ข้อมูลการผลิตคลาดเคลื่อนหรือขาดความน่าเชื่อถือ อาจจะส่งผลกระทบที่สำคัญต่อธุรกิจในลักษณะของการดำเนินงานที่ผิดพลาด ทั้งนี้สถานประกอบการกรณีศึกษาก็ประสบกับปัญหาความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเชิงปริมาณ โดยรวมทั้งข้อมูลงานระหว่างทำ และข้อมูลผลิตภัณฑ์ในคลังสินค้า จากความคลาดเคลื่อนดังกล่าวส่งผลกระทบสำคัญต่อการดำเนินงาน ได้แก่ การวางแผนการขายและการจ่ายค่าแรงตามจำนวนการผลิตที่ผิดพลาด หรือผลิตภัณฑ์ในคลังสินค้าขาดสต็อก เป็นต้น จากปัญหาหลักดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเป็นปัญหาสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตและเพื่อปรับปรุงระบบการทวนสอบปริมาณการผลิต สำหรับโรงงานแปรรูปไม้ยางพารากรณีศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้หลักของการจัดการความเสี่ยง

การจัดการความเสี่ยงในเชิงวิศวกรรมโดยการใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อผิดพลาดและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) เป็นหลักการหนึ่งที่มีความน่าสนใจ เพราะโดยทั่วไปการใช้ FMEA มักจะใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเป็นหลัก เพื่อที่จะควบคุมปัจจัยเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ทั้งนี้พบว่ามีการนำ FMEA มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่น ๆ ที่เป็นกระบวนการสนับสนุนการผลิต เช่น การรับส่งสินค้า [2] การซ่อมบำรุงเครื่องจักร [3], [4] การให้บริการลูกค้า [5] การคัดเลือกผู้ขาย [6] และการจัดซื้อวัตถุดิบ [7] เป็นต้น จึงมีแนวคิดที่จะนำ FMEA มาใช้ในกระบวนการทวนสอบปริมาณการผลิตซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการสนับสนุนที่สำคัญของโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา โดยสถานประกอบการกรณีศึกษามีระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตตลอดสายการผลิตที่ยังขาดประสิทธิภาพที่สืบเนื่องมาจากปัจจัยหลาย ๆ ด้าน แต่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน รวมทั้งไม่สามารถกำหนดได้ว่าควรจะพิจารณาปรับปรุงแก้ไขในปัจจัยด้านใดก่อน ซึ่งการใช้เครื่องมือ FMEA สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ทราบปัจจัยหลักและสามารถดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในปัจจัยที่มีความสำคัญตามระดับค่าความเสี่ยง

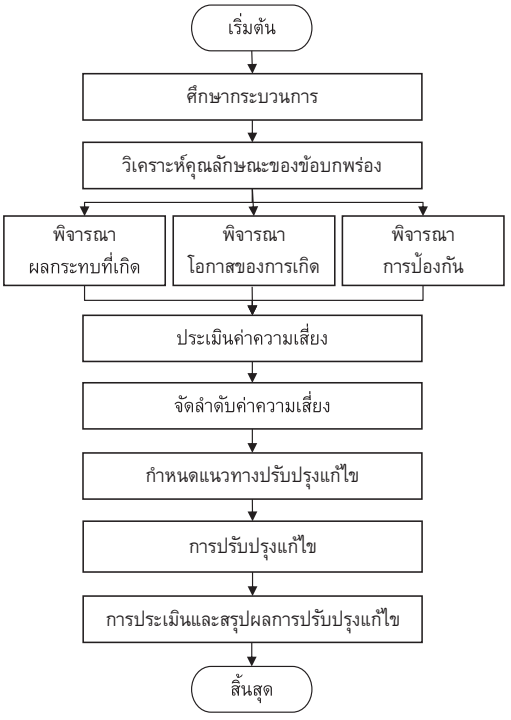
2. วิธีการวิจัย การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

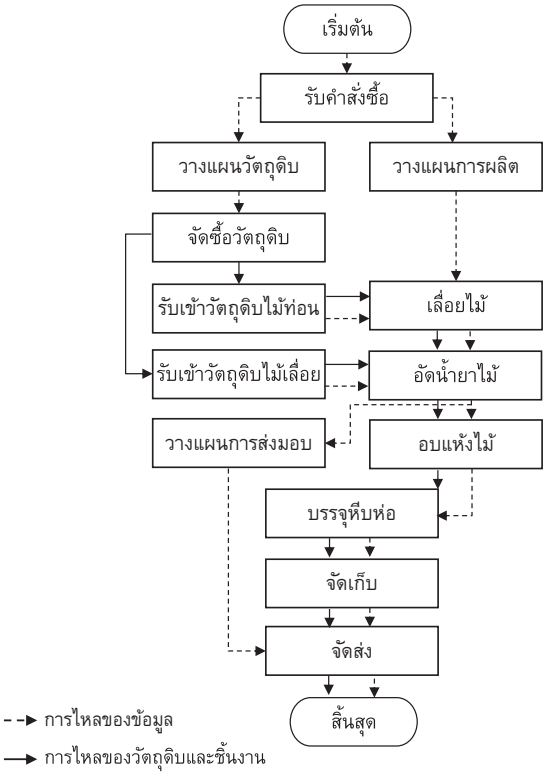
ขั้นตอนในการดำเนินงานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการทวนสอบปริมาณการผลิตของสถานประกอบการ ต่อด้วยการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อบกพร่องของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการด้วยวิธีการระดมสมองของนักวิจัยร่วมกับทางสถานประกอบการแล้วนำข้อบกพร่องที่ได้ไปพิจารณาผลกระทบ โอกาสการเกิด และการป้องกันในปัจจุบัน แล้วนำผลการพิจารณาจากทั้ง 3 ด้านมาทำการประเมินค่าความเสี่ยงและจัดลำดับค่าความเสี่ยง เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงตามระดับของความสำคัญ ต่อด้วยการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ทำการประเมินผลและสรุปผลการปรับปรุงแก้ไข

2.2 การศึกษากระบวนการทวนสอบปริมาณการผลิตของสถานประกอบการกรณีศึกษา

แผนผังกระบวนการทางธุรกิจของสถานประกอบการแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

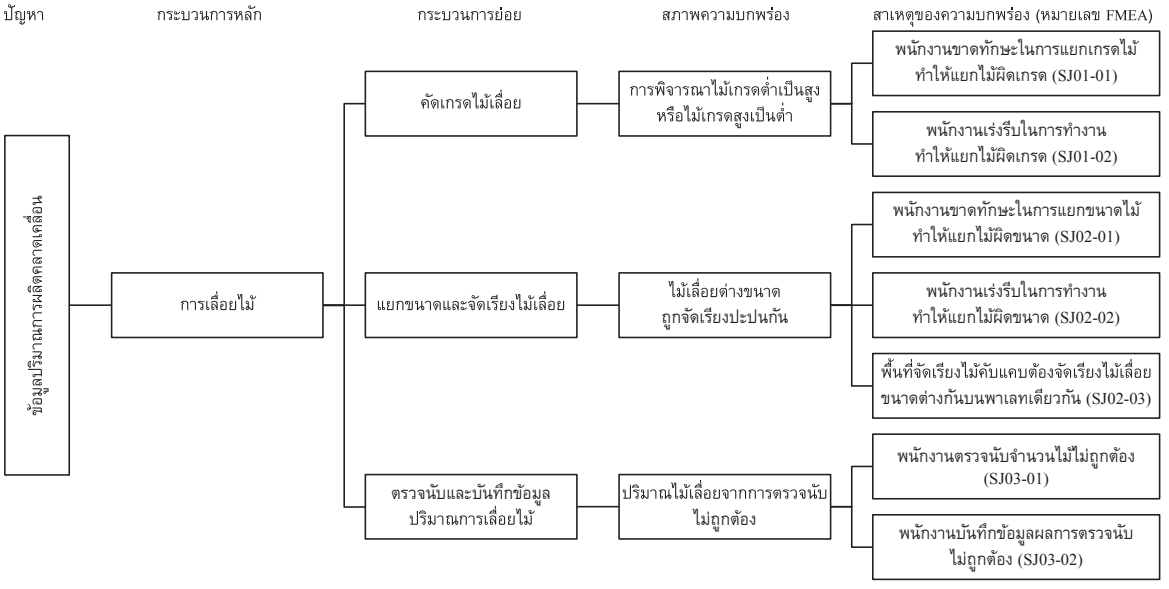


รูปที่ 2 กระบวนการทางธุรกิจของสถานประกอบการกรณีศึกษา

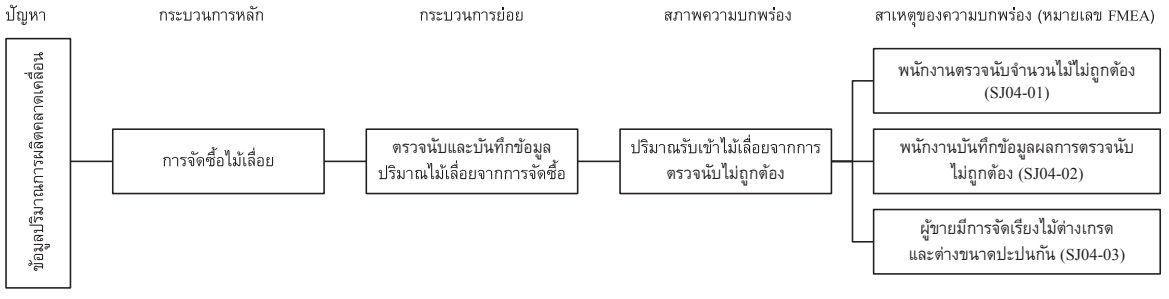
จากรูปที่ 2 กระบวนการทางธุรกิจ เริ่มต้นจากการรับข้อมูลคำสั่งซื้อโดยรวมจากลูกค้า ซึ่งกำหนดรายละเอียดของขนาดและปริมาณที่ต้องการในแต่ละรอบการส่งมอบ หลังจากนั้นนำข้อมูลความต้องการของลูกค้ามาวางแผนวัตถุดิบและแผนการผลิต เมื่อวัตถุดิบเข้ามายังระบบการผลิต ผ่านกระบวนการเลื่อยไม้ และการอัดน้ำยาไม้ ข้อมูลการผลิตที่ได้หลังจากการอัดน้ำยาถูกนำมาวางแผนการส่งมอบ เพื่อกำหนดปริมาณและระยะเวลาส่งมอบให้กับลูกค้า หลังจากนั้นชิ้นงานไม้อัดน้ำยาผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วจึงทำการบรรจุหีบห่อตามจำนวนที่กำหนดก่อนนำเข้าเก็บในคลังผลิตภัณฑ์เพื่อสะสมจำนวนจนครบตามปริมาณที่วางแผนส่งมอบ แล้วจึงดำเนินการในขั้นตอนของการจัดส่งต่อไป ทั้งนี้ระบบการทวนสอบจะเริ่มต้นตั้งแต่การรับเข้าวัตถุดิบไปจนถึงการจัดเก็บ ซึ่งแต่ละกระบวนการมีการทวนสอบปริมาณการผลิตด้วยการนับและมีการควบคุมปริมาณโดยใช้หน่วยชิ้น

2.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดพลาดของกระบวนการทวนสอบปริมาณการผลิต

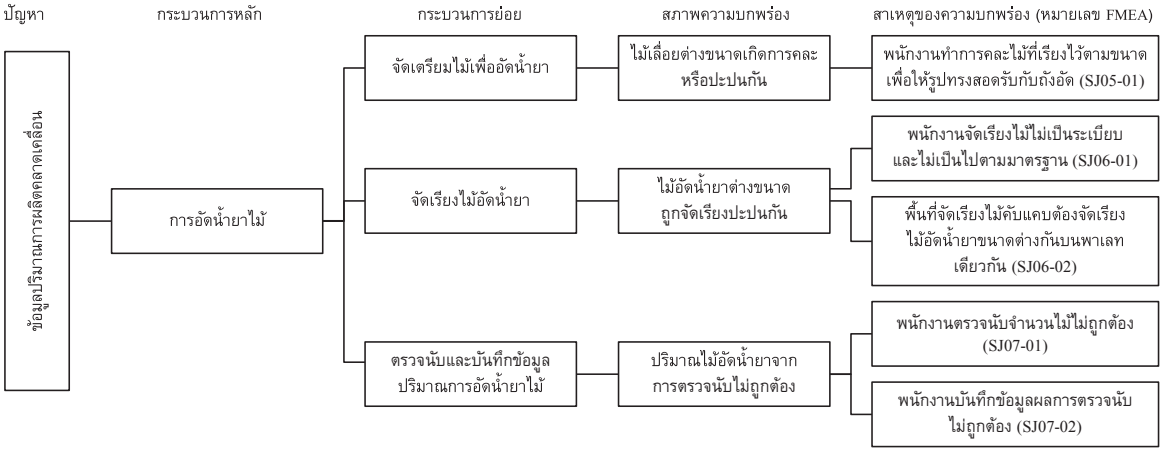
การวิเคราะห์ FMEA เริ่มต้นที่การวิเคราะห์สาเหตุของความบกพร่องที่ก่อให้เกิดปัญหาข้อมูลปริมาณการผลิตคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการระดมสมอง โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ร่วมกับผู้บริหารและพนักงานของสถานประกอบการกรณีศึกษา การวิเคราะห์ที่แยกตามแต่ละกระบวนการสามารถแสดงผลโดยใช้แผนผังต้นไม้ดังรูปที่ 3–7 ซึ่งสาเหตุของความบกพร่องต่าง ๆ ของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ จะถูกนำไปกำหนดเป็นเหตุการณ์ความเสี่ยง ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการประเมินข้อผิดพลาดและผลกระทบของปัญหาที่เกิดจากกระบวนการทำงาน เพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุหลักของปัญหาและการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่มีค่าความเสี่ยงที่สำคัญ



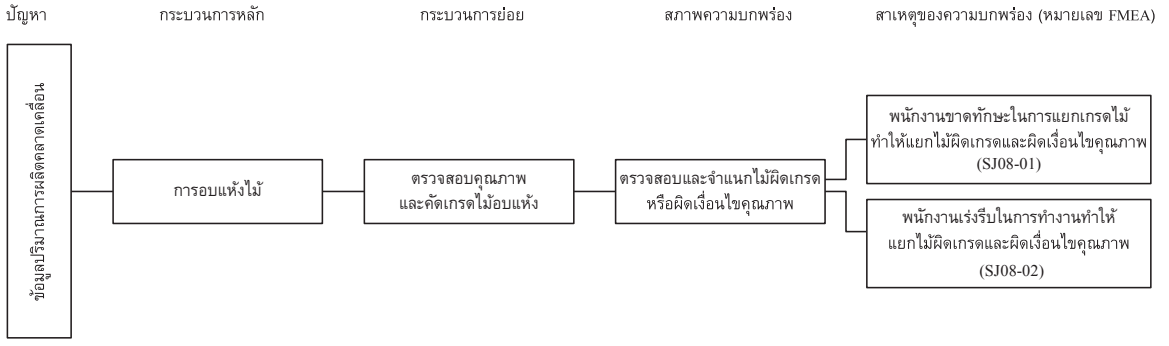
รูปที่ 3 แผนผังต้นไม้แสดงสาเหตุของปัญหาข้อมูลปริมาณการผลิตคลาดเคลื่อนสำหรับกระบวนการเลื่อยไม้



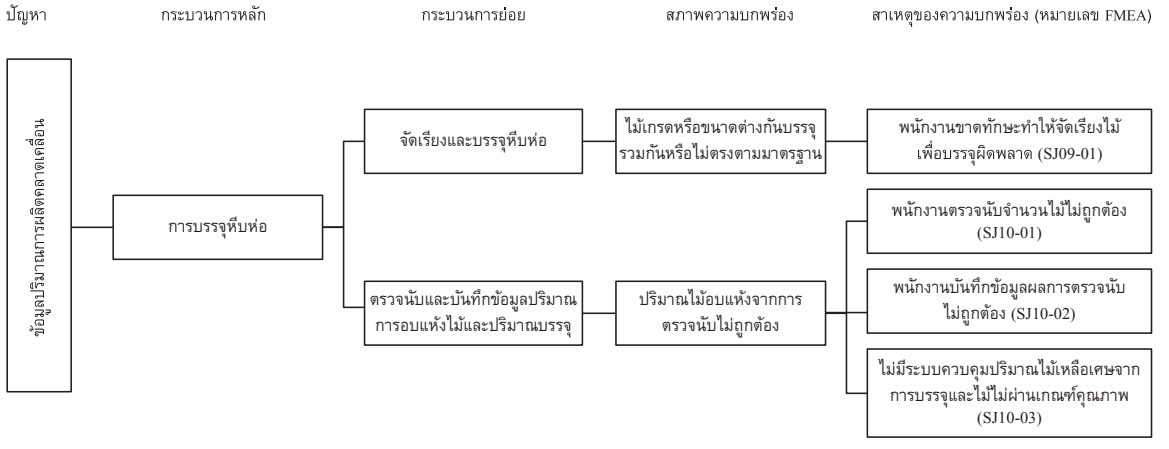
รูปที่ 4 แผนผังต้นไม้แสดงสาเหตุของปัญหาข้อมูลปริมาณการผลิตคลาดเคลื่อนสำหรับกระบวนการจัดซื้อไม้เลื่อย



รูปที่ 5 แผนผังต้นไม้แสดงสาเหตุของปัญหาข้อมูลปริมาณการผลิตคลาดเคลื่อนสำหรับกระบวนการอัดน้ำยาไม้



รูปที่ 6 แผนผังต้นไม้แสดงสาเหตุของปัญหาข้อมูลปริมาณการผลิตคลาดเคลื่อนสำหรับกระบวนการอบแห้งไม้



รูปที่ 7 แผนผังต้นไม้แสดงสาเหตุของปัญหาข้อมูลปริมาณการผลิตคลาดเคลื่อนสำหรับกระบวนการบรรจุหีบห่อ

สำหรับขั้นตอนการประเมินค่าความเสี่ยง เป็นการพิจารณาระดับค่าความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ตามเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ระดับความรุนแรงจากผลกระทบที่เกิดขึ้น (Severity: S) โอกาสการเกิดเหตุการณ์ (Occurrences: O) และระดับการป้องกัน (Detectability: D) [8] โดยจะอ้างอิงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 1–3 ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวได้มีการปรับปรุงให้มีความสอดคล้องกับการดำเนินงานของสถานประกอบการกรณีศึกษา รวมทั้งการวิเคราะห์ได้อ้างอิงตามแบบฟอร์มมาตรฐานของการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของกระบวนการ (Process FMEA) [9]

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและผลกระทบของกระบวนการ

จากการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและผลกระทบ ได้นำคะแนนความเสี่ยงที่ได้จากผลคูณของคะแนนประเมินทั้ง 3 ด้าน มาทำการพิจารณาเหตุการณ์ความเสี่ยงหรือสาเหตุของปัญหาที่มีผลอย่างสำคัญต่อปัญหาตามระดับความเสี่ยงโดยประยุกต์หลักเกณฑ์การแบ่งช่วงคะแนนความเสี่ยง [10] สามารถแบ่งออกเป็น 6 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ 4 จากนั้นได้ทำการจัดลำดับค่าคะแนนความเสี่ยงจากค่ามากไปน้อย โดยผลการประเมินและจัดลำดับแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินค่าผลกระทบ (S)

ผลกระทบ	ค่าประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา
ไม่มี	1	ไม่มีผลกระทบโดยรวมต่อองค์กร
น้อยมาก	2	ทำให้กระบวนการภายในส่วนน้อยเกิดความไม่สะดวก และกระบวนการถัดไปยังสามารถดำเนินการได้ตามปกติ
น้อย	3	ทำให้กระบวนการภายในบางส่วนเกิดความไม่สะดวก เกิดความล่าช้าในกระบวนการถัดไปโดยต้องมีการซ่อมแซมงานบางครั้งก่อนดำเนินงาน
ปานกลางค่อนไปทางน้อย	4	ทำให้กระบวนการภายในทุกส่วน (100%) เกิดความไม่สะดวก เกิดความล่าช้าในกระบวนการถัดไปโดยต้องมีการซ่อมแซมงานทุกครั้งก่อนดำเนินงาน
ปานกลาง	5	ทำให้กระบวนการภายในบางส่วนเกิดปัญหา เกิดการหยุดชะงักในกระบวนการถัดไปโดยต้องมีการหยุดงานเพื่อแก้ไขงานบางส่วน
ปานกลางค่อนไปทางสำคัญ	6	ทำให้กระบวนการภายในทุกส่วน (100%) เกิดปัญหา เกิดการหยุดชะงักในกระบวนการถัดไปโดยต้องมีการหยุดงานเพื่อแก้ไขงานทั้งหมด
สำคัญ	7	ทำให้กระบวนการภายใน (100%) เกิดปัญหา เกิดการหยุดชะงักในกระบวนการถัดไปโดยต้องมีการหยุดงานเพื่อแก้ไขงานทั้งหมดหรือมีของเสียเกิดขึ้นมาก โดยต้องเพิ่มพนักงานเพื่อดำเนินการแก้ไข
สำคัญมาก	8	ทำให้กระบวนการภายใน (100%) เกิดปัญหา เกิดการหยุดชะงักในกระบวนการถัดไปโดยต้องมีการหยุดงานเพื่อแก้ไขงานทั้งหมดหรือมีของเสียเกิดขึ้นมาก โดยต้องเพิ่มพนักงานเพื่อดำเนินการแก้ไขและส่งผลกระทบต่อการส่งมอบแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ของลูกค้า
รุนแรง	9	อาจมีผลกระทบที่อันตรายต่อองค์กรโดยรวม ส่งผลกระทบต่อลูกค้าจนเกิดความไม่พอใจและมีการตำหนิ
รุนแรงมาก	10	อาจมีผลกระทบที่อันตรายมากต่อองค์กรโดยรวม ส่งผลกระทบต่อลูกค้าจนเกิดความไม่พอใจจนถึงขั้นยกเลิกการสั่งซื้อ

ที่มา: ประยุกต์จาก [9]

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินค่าโอกาสการเกิด (O)

โอกาสการเกิด	ค่าประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา
เกือบจะไม่เคย	1	ข้อผิดพลาดไม่น่าจะเป็นไปได้ หรือมีอัตราที่มากกว่า 5 ปี อาจจะเกิด 1 ครั้ง
ห่างๆ	2	ข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดน้อยมากและเกิดในช่วงที่ห่างกัน หรือมีอัตราที่ 1–2 ครั้งใน 5 ปี
น้อยมาก	3	ข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดน้อยมากหรือมีอัตราที่ 3–4 ครั้งใน 5 ปี
น้อย	4	ข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดน้อยหรือมีอัตราที่ปีละ 1–2 ครั้ง
ปานกลางค่อนมาทางน้อย	5	ข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดเป็นบางครั้งคราวหรือมีอัตราที่ปีละ 3–6 ครั้ง
ปานกลาง	6	ข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดขึ้นปานกลางหรือมีอัตราที่ปีละ 7–12 ครั้ง
ปานกลางค่อนมาทางมาก	7	ข้อผิดพลาดนี้น่าจะเกิดบ่อย หรือมีอัตราที่เดือนละ 2–3 ครั้ง
มาก	8	ข้อผิดพลาดนี้เกิดมาก หรือมีอัตราที่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
สูงมาก	9	ข้อผิดพลาดนี้เกิดสูงมาก หรือมีอัตราการที่สัปดาห์ละ 2–3 ครั้ง
เกือบจะแน่นอน	10	ข้อผิดพลาดนี้เกิดขึ้นเกือบจะแน่นอน หรือมีอัตราที่เกิดขึ้นทุกวันอย่างน้อย 1 ครั้ง

ที่มา: ประยุกต์จาก [9]

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินค่าการป้องกัน (D)

การป้องกัน	ค่าประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา
เกือบจะแน่นอน	1	การควบคุมปัจจุบันป้องกันข้อผิดพลาดได้เกือบจะแน่นอนการป้องกันที่เชื่อถือได้หรือที่ระดับมากกว่า 99%
สูงมาก	2	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นสูงมากหรือที่ระดับมากกว่า 80%
สูง	3	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นค่อนข้างสูงมากหรือที่ระดับมากกว่า 70%
ค่อนข้างสูง	4	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นค่อนข้างสูงหรือที่ระดับมากกว่า 60%
ปานกลาง	5	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นปานกลางหรือที่ระดับมากกว่าหรือเท่ากับ 50%
ต่ำ	6	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นต่ำหรือที่ระดับน้อยกว่า 50%
ค่อนข้างต่ำ	7	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นค่อนข้างต่ำหรือที่ระดับน้อยกว่า 40%
ต่ำมาก	8	การควบคุมปัจจุบัน มีความน่าจะเป็นต่ำมากหรือที่ระดับน้อยกว่า 30%
เกือบไม่ได้	9	การควบคุมปัจจุบัน เกือบไม่มีความน่าจะเป็นในการป้องกันหรือที่ระดับน้อยกว่า 20%
ไม่ได้	10	ไม่มีระบบควบคุมเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดหรือที่ระดับ 0%

ที่มา: ประยุกต์จาก [9]

ตารางที่ 4 ระดับความเสี่ยงตามช่วงค่าความเสี่ยง

ค่าความเสี่ยง	1–45	46–95	96–170	171–280	281–430	431–1000
ระดับความเสี่ยง	ไม่สำคัญ	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	วิกฤต

ตารางที่ 5 ผลการประเมิน FMEA

ลำดับ	หมายเลข FMEA	S	O	D	RPN	สัดส่วน RPN	สัดส่วนสะสม RPN	ระดับความเสี่ยง
1	SJ07-01	6	10	9	540	7.5%	7.5%	วิกฤต
2	SJ02-03	6	10	8	480	6.6%	14.1%	วิกฤต
3	SJ06-02	6	10	8	480	6.6%	20.7%	วิกฤต
4	SJ06-01	6	9	8	432	6.0%	26.7%	วิกฤต
5	SJ10-01	8	10	5	400	5.5%	32.2%	สูง
6	SJ10-03	8	10	5	400	5.5%	37.7%	สูง
7	SJ07-02	6	7	9	378	5.2%	43.0%	สูง
8	SJ09-01	8	5	9	360	5.0%	47.9%	สูง
9	SJ04-01	7	10	5	350	4.8%	52.8%	สูง
10	SJ01-01	8	7	6	336	4.6%	57.4%	สูง
11	SJ02-01	6	7	8	336	4.6%	62.1%	สูง
12	SJ04-03	7	9	5	315	4.4%	66.4%	สูง
13	SJ03-01	6	10	5	300	4.1%	70.6%	สูง
14	SJ05-01	6	10	5	300	4.1%	74.7%	สูง
15	SJ01-02	8	6	6	288	4.0%	78.7%	สูง
16	SJ02-02	6	6	8	288	4.0%	82.7%	สูง
17	SJ08-01	8	7	5	280	3.9%	86.5%	ปานกลาง
18	SJ10-02	8	7	5	280	3.9%	90.4%	ปานกลาง
19	SJ04-02	7	7	5	245	3.4%	93.8%	ปานกลาง
20	SJ08-02	8	6	5	240	3.3%	97.1%	ปานกลาง
21	SJ03-02	6	7	5	210	2.9%	100.0%	ปานกลาง

จากตารางที่ 5 ระดับความสำคัญที่อยู่ในระดับวิกฤตและสูงได้นำมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งพบว่ามีสาเหตุความเสี่ยง 16 เรื่อง จากทั้งหมด 21 เรื่อง ที่ต้องดำเนินการแก้ไข โดยครอบคลุม 82.7% ของค่าความเสี่ยงสะสม

จากสาเหตุของปัญหาทั้ง 16 เรื่อง ได้นำมาจัดหมวดหมู่ของปัญหาตามปัจจัยหลัก พบว่าสามารถกำหนดได้เป็น 4 ด้าน ได้แก่ พนักงาน สภาพแวดล้อม วิธีการ และวัตถุดิบ และได้นำสาเหตุตามปัจจัยหลักทั้ง 4 ด้าน มากำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่สามารถดำเนินการได้โดยวิธีการระดมสมองร่วมกันระหว่างพนักงานและผู้บริหารของสถานประกอบการและผู้วิจัย ซึ่งผลของการกำหนดแนวทางการแก้ไขสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6 ซึ่งกล่าวโดยสรุปเมื่อนำสรุปข้อแนะนำแก้ไขสำหรับปัจจัยความเสี่ยงหลักที่กำหนดไว้สำหรับแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณการผลิตมาพิจารณาดำเนินการแก้ไขตามลำดับความสำคัญหรือตามลำดับความสอดคล้องกับเหตุการณ์ความเสี่ยง เพื่อการปรับปรุงแก้ไขตามระดับความเสี่ยงที่สำคัญจากมากไปหาน้อย สามารถสรุปแนวทางการแก้ไขที่มีความเป็นไปได้ คือ 1) การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลการผลิต 2) การพัฒนาระบบการตรวจนับ 3) การปรับปรุงแผนผังการจัดวางและการไหลของชิ้นงาน และ 4) การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 6 การกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

ปัจจัยหลัก	เหตุของปัจจัย	หมายเลข FMEA	แนวทางการปรับปรุง	สรุปข้อแนะนำการแก้ไข			
				พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลการผลิต	พัฒนาระบบการตรวจนับ	ปรับปรุงแผนผังการจัดวางและการไหลของชิ้นงาน	ปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงาน
พนักงาน	การขาดทักษะในการทำงาน	SJ01-01 SJ02-01 SJ09-01	เน้นการยกระดับทักษะโดยการใช้มาตรฐานการทำงาน				✓
	การทำงานไม่ตรงตามมาตรฐาน	SJ06-01	ปรับปรุงมาตรฐานเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติตามโดยไม่ขัดกับสภาพการทำงานที่ดีและควบคุมปฏิบัติงานตามมาตรฐาน				✓
	การเร่งรีบในการทำงาน	SJ01-02 SJ02-02	ปรับปรุงมาตรฐานเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติตามได้อย่างเหมาะสมกับเวลา				✓
	ความผิดพลาดเฉพาะบุคคล	SJ03-01 SJ04-01 SJ07-01 SJ07-02 SJ10-01	การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทดแทนการทำงานของพนักงาน	✓	✓		
วิธีการ	ไม่มีการกำหนดวิธีควบคุม	SJ10-03	กำหนดวิธีการควบคุมเพิ่มเติมให้ครอบคลุมข้อมูลที่สำคัญ	✓			
	วิธีการทำงานที่เอื้อให้เกิดปัญหา	SJ05-01	ยกเลิกหรือหลีกเลี่ยงวิธีการทำงานที่เอื้อให้เกิดปัญหาอย่างต่อเนื่อง				✓
สภาพแวดล้อม	พื้นที่ทำงานคับแคบ	SJ02-03 SJ06-02	ปรับปรุงพื้นที่ทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับอัตราการผลิตหรือการไหลของงาน			✓	
วัตถุดิบ	ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	SJ04-03	กำหนดมาตรฐานการส่งมอบที่ชัดเจน				✓

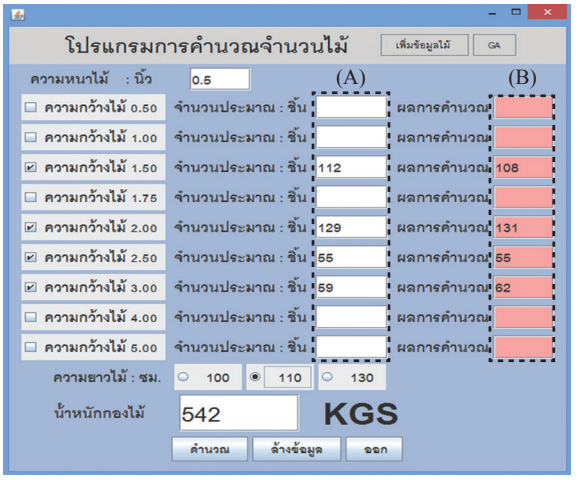
3.2 ผลการปรับปรุงระบบการทวนสอบปริมาณการผลิต

1) ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลการผลิต

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลการผลิตดำเนินการโดยใช้หลักการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศทำการพัฒนาแอพพลิเคชันการบันทึกข้อมูลอย่างง่ายเพื่อใช้งานบนอุปกรณ์บันทึกข้อมูลประเภทแท็บเล็ต ซึ่งการไหลของข้อมูลการผลิตยังคงไว้ซึ่งแผนผังเดิม แต่ทดแทนการบันทึกข้อมูลการผลิตลงในแบบฟอร์มกระดาษด้วยแท็บเล็ต และส่งผ่านข้อมูลผ่านโครงข่ายไร้สายเพื่อจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต และเจ้าหน้าบริหารข้อมูลทำการนำข้อมูลมาประมวลผล เพื่อจัดทำรายงานการผลิตของแต่ละกระบวนการ โดยผลการปรับปรุงพบว่าวิธีการใหม่สามารถลดขั้นตอนของการบันทึกข้อมูลลงจากสองส่วนเหลือเพียงหนึ่งส่วน ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถลดความผิดพลาดของข้อมูลการผลิตที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลลงไปในระดับหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการให้ความสำคัญในการลดความผิดพลาดของข้อมูลการผลิตของขั้นตอนงานที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ

2) ผลการพัฒนาระบบการตรวจนับ

การพัฒนาระบบการตรวจนับดำเนินการโดยการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม เป็นการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทวนสอบปริมาณการผลิตให้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ลดลง โดยการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการตรวจนับซึ่งอาศัยหลักของการชั่งน้ำหนักชิ้นงานรวม แล้วทำการประมวลผลเพื่อให้ได้คำตอบเป็นจำนวนชิ้นงานจริง ตามหลักการของกระบวนการเชิงพันธุกรรม โดยสมการเป้าหมายของการตรวจนับคือการหาค่าน้อยที่สุดของผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างน้ำหนักชิ้นงานรวมที่ได้จากการประมวลผลและจากการชั่งน้ำหนักชิ้นงานจริง ผลการพัฒนาระบบพบว่า ประสิทธิภาพของโปรแกรมช่วยตรวจนับ จะมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับการนับโดยพนักงาน การตรวจนับโดยการใช้โปรแกรมช่วยตรวจนับสามารถนำมาทวนสอบปริมาณการผลิตได้โดยจำกัดที่กลุ่มของไม้ขนาดความหนาที่อยู่ในกลุ่มของไม้บางเป็นหลัก (น้อยกว่า 1 นิ้ว) นอกจากสามารถช่วยลดระยะเวลาในการตรวจนับซ้ำโดยพนักงานในลักษณะของการทวนสอบลงได้แล้ว ยังสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องในกรณีที่ข้อมูลปริมาณการผลิตที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่สูง โดยสามารถแสดงตัวอย่างผลการทดสอบโปรแกรมดังรูปที่ 8 ซึ่งจำนวนโดยประมาณที่ใช้ป้อนเข้าหรือข้อมูลการผลิตจากกระบวนการก่อนหน้ามีค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 5.34 (A) เมื่อใช้ทวนสอบโดยโปรแกรมจะให้ผลการคำนวณปริมาณที่มีความคลาดเคลื่อนลดลงเหลือร้อยละ 2.81 (B) ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตได้ในระดับหนึ่ง



รูปที่ 8 ตัวอย่างผลการทดสอบโปรแกรมช่วยตรวจนับ

3) ผลการปรับปรุงแผนผังการจัดวางและการไหลของชิ้นงาน

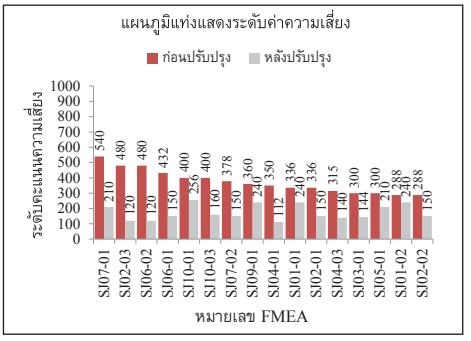
การปรับปรุงแผนผังการจัดวางและการไหลของชิ้นงาน ดำเนินการโดยการสำรวจสภาพการจัดเก็บและการไหลของชิ้นงานในปัจจุบัน ต่อด้วยการปรับปรุงแผนผังการจัดวางและการไหลของชิ้นงานตามหลักของการวางผังโรงงานโดยหลีกเลี่ยงการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร ได้แก่ ก) นำเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ไม่ใช้งานออกจากพื้นที่โรงงาน ข) เพิ่มพื้นที่สำหรับสะสมไม้เลื่อยที่ลำเลียงออกมาจากพื้นที่เลื่อยไม้ตามรอบเวลาที่เหมาะสม ค) ปรับเส้นทาง

การวิ่งของรถฟอร์คลิฟท์เพื่อลดจำนวนครั้งในการเลี้ยวรถ ง) กำหนดขอบเขตของพื้นที่ในแต่ละกระบวนการโดยการลากเส้นแบ่งแนวที่ชัดเจน ภายหลังการปรับปรุงพบว่าการเพิ่มพื้นที่สำหรับการรวบรวมไม้เลื่อยในบริเวณนอกพื้นที่เลื่อย และการเพิ่มรอบลำเลียงไม้เลื่อยออกจากพื้นที่นอกจากทำให้จำนวนชิ้นงานสะสมในกระบวนการเลื่อยสูงสุด และชิ้นงานรวมต่อพาเลทสูงสุดลดลง ซึ่งทำให้ปริมาณชิ้นงานที่ต้องทำการทวนสอบปริมาณต่อครั้งลดลงด้วย ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทวนสอบปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจากจำนวนชิ้นงานที่ลดลงอันเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าผิดพลาดจากการตรวจนับลดลง

4) ผลการปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงาน

การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานดำเนินการโดยการจัดทำมาตรฐานที่เป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่มีความเหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกัน สำหรับขั้นตอนการทำงานที่กำหนดให้มีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานจะครอบคลุมส่วนของงานที่มีระดับความเสี่ยงที่อยู่ในกลุ่มที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอ้างอิงตามค่าความเสี่ยงที่ได้จากการประเมินและจัดลำดับ

ทั้งนี้การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานได้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานในเบื้องต้นก่อน แล้วจึงทำการกำหนดเป็นมาตรฐานเพื่อให้ระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการปรับปรุงงานมีรายละเอียดคือ ก) ขั้นตอนการคัดเกรดไม้เลื่อย อ้างอิงการพิจารณาคุณภาพไม้ตามเกรดที่เป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม และมีการฝึกอบรมการคัดแยกเกรดไม้ให้กับพนักงาน ข) ขั้นตอนการแยกขนาดและจัดเรียงไม้เลื่อยกำหนดตำแหน่งวางไม้บนพาเลทอย่างชัดเจน เมื่อต้องวางไม้หลายขนาดความกว้างบนพาเลทเดียวกัน โดยหลีกเลี่ยงการวางไม้ขนาดใกล้เคียงกันให้อยู่ติดกัน และมีการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะในการแยกขนาดไม้ รวมทั้งวิธีการใช้เครื่องมือวัดขนาดที่ถูกต้อง ค) ขั้นตอนการตรวจนับและบันทึกข้อมูลปริมาณไม้เลื่อยจากการจัดซื้อ กำหนดให้ผู้ขายจัดเรียงไม้เพียงขนาดเดียวในแถวเดียว และให้ผู้ขายไม้เลื่อยแยกเกรดไม้ตาม



รูปที่ 9 ผลการประเมิน FMEA เชิงเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

มาตรฐานที่กำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) หากมีการตั้งใจคละเกรดไม้ให้มีการกำหนดมาตรการลงโทษ ง) ขั้นตอนการจัดเรียงไม้อัดน้ำยา ได้จัดทำจิ๊กวางแนวเพื่อช่วยในการจัดเรียงไม้ให้มีความเป็นระเบียบ กำหนดมาตรฐานการจัดเรียงสำหรับไม้แต่ละขนาดที่แตกต่างกัน และกำหนดมาตรการลงโทษหากไม่ปฏิบัติตามมาตรฐาน และ จ) ขั้นตอนการจัดเรียงและบรรจุหีบห่อ กำหนดให้มีการระบุตัวเลขจำนวนแถวจัดเรียงบนผลิตภัณฑ์เพื่อลดปัญหาการจัดเรียงขาดหรือเกิน โดยหลังการปรับปรุงทำให้การทำงานมีมาตรฐานเพิ่มขึ้น และสามารถช่วยสนับสนุนให้ระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตโดยรวมมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเช่นกัน

3.3 การวิเคราะห์ผลการปรับปรุงระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตโดยรวม

ภายหลังจากการปรับปรุงและพัฒนาระบบ ได้มีการวิเคราะห์ FMEA ซ้ำเพื่อพิจารณาระดับค่าความเสี่ยงคงเหลือ โดยเป็นการประเมินว่าผลของการปรับปรุงและพัฒนาสามารถทำให้ปัญหาที่กำหนดไว้ลดลงไปได้มากน้อยเพียงใด อันเป็นหลักเกณฑ์ที่สำคัญของการประยุกต์ใช้เครื่องมือชนิดนี้ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและผลกระทบของกระบวนการสำหรับงานวิจัยในนี้ สามารถแสดงผลของการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 9

การวิเคราะห์ผลการปรับปรุงระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตโดยรวม พบว่าหลังการปรับปรุงพัฒนาระบบ ได้ค่าคะแนนความเสี่ยงที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เบื้องต้น โดยคะแนนความเสี่ยงรวมของสาเหตุของความบกพร่องทั้ง 16 เรื่อง ลดลงจาก 5,983 เหลือ 2,792 คะแนน หรือลดลง 53.3% ซึ่งเป็นการลดลงของคะแนนโอกาสการเกิดและระดับการป้องกัน โดยคะแนนระดับความรุนแรงจากผลกระทบที่เกิดขึ้นยังคงที่ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าชี้วัดประสิทธิภาพของระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตหลังการปรับปรุง พบว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการลดลงจากร้อยละ 5.24 เหลือร้อยละ 2.29 หรือลดลง 56.3%

4. อภิปรายผลและสรุป

การวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและผลกระทบเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพระบบการทวนสอบปริมาณการผลิตและเพื่อปรับปรุงระบบการทวนสอบปริมาณการผลิต สำหรับโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราการณีศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือดังกล่าวเป็นหนึ่งในเครื่องมือสำหรับการบริหารความเสี่ยงที่ให้ผลลัพธ์คือระดับคะแนนความเสี่ยงของแต่ละกิจกรรมการดำเนินงาน เมื่อมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือสำหรับกระบวนการทำงานของระบบการทวนสอบปริมาณการผลิต ทำให้สามารถนำระดับคะแนนความเสี่ยงที่สำคัญมาพิจารณาเพื่อดำเนินการปรับปรุงงานได้อย่างครอบคลุมโดยเน้นการให้ความสำคัญกับงานที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ใช้เครื่องมือชนิดนี้ซึ่งเพื่อค้นหาผลกระทบที่มีต่อกระบวนการมากที่สุด [4]

อย่างไรก็ตามการที่จะนำเครื่องมือชนิดไปใช้กับกระบวนการทำงานใดๆ นั้นจะต้องมีการศึกษากระบวนการทำงานอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถที่จะประเมินผลกระทบต่างๆ ได้อย่างครอบคลุมและการประเมินระดับคะแนนตามเกณฑ์แต่ละด้านควรใช้วิธีการระดมสมองจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละฝ่าย นอกจากนี้เกณฑ์คะแนนก็ควรที่มีการปรับเปลี่ยนให้มีความสอดคล้องกับบริบทของแต่ละองค์กร หรือแต่ละกรณีศึกษาให้มากที่สุดจึงจะสามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG5703945

เอกสารอ้างอิง

[1] Exports and imports amount of customs in southern of Thailand. Bank of Thailand [Online]. Available: http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=597&language=th

[2] B. Poosapmee, "Efficiency Improvement of Product Delivery Process by Using Simulation Program A Case Study Fiber Cement and Concrete Industry," Master's Thesis, Industrial Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2010.

[3] C. Chalermthewee, "An Application of Failure Mode and Effect Analysis for Maintenance Work A Case Study of Packaging Plastic Factory," Master's Project, Industrial Management Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2009.

[4] S. Wongjirattikarn and S. Ratanakuakangwan, "Improvement of Preventive Maintenance Planning of an Automobile Shaft Manufacturer by FMEA Technique," *The Journal of KMUTNB*, vol. 23, no. 3, pp. 643–653, Sep.–Dec., 2013 (in Thai).

[5] P. Leartmongkol, "The Management of the Customer Service in Order to Reduce Service Time at Customer Service Department A Case Study Fiber-Cement and Concrete Factory,"

Master's Thesis, Industrial Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2010.

[6] P.-S. Chen and M.-T. Wu, "A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment: A case study," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 66, pp. 634–642, 2013.

[7] E. Rojanvichen, "Improvement of Parts Purchasing System in Automotive Assembly," Master's Project, Manufacturing Systems Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2004.

[8] S. Talubkeaw, An Application FMEA for Improvement in Customer Satisfaction [Online]. Available: http://www.tpmconsulting.org/dwnld/article/tpm/fmea.pdf

[9] Chrysler LLC, Ford Motor Company and General Motors Corporation, *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual the Fourth Edition*, 2008.

[10] J. Trafialek and W. Kolanowski, "Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for audit of HACCP system," *Food Control*, vol. 44, pp. 35–44, 2014.