



N7

วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
(Engineering and Technology)

การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการเลือกคลังชั่วคราว
กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว

APPLICATION OF THE HIERARCHY PROCESS TOWARD TEMPORARY WAREHOUSE
SELECTION IN GLASS CONTAINER FACTORY

ภัทรวดี ฉัตรเกษ^{1*}, ช่อแก้ว จตุรานนท์²

Pattaravadee Chatket^{1*}, Chorkaew Jaturanonda²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^{1,2}Department of Production Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

*Corresponding author, E-mail: pattaravadee.ch@mail.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาและวิเคราะห์เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราวเพื่อใช้ในการจัดเก็บสินค้าภายใต้สถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) และภายใต้สถานการณ์ความไม่แน่นอนด้านความต้องการจัดเก็บอื่น ๆ สำหรับโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วกรณีศึกษา ทั้งเกณฑ์เชิงปริมาณและเกณฑ์เชิงคุณภาพ โดยงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราวที่เหมาะสม โดยทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่ประเมินผลผ่านผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ที่ปฏิบัติงานอยู่ในระดับชั้นบริหาร และมีความเกี่ยวข้องกับงานการบริหารจัดการคลังสินค้า ในงานวิจัยจะทำการศึกษาวิเคราะห์เกณฑ์หลักทั้งหมด 4 เกณฑ์ ได้แก่ เกณฑ์หลักด้านต้นทุน เกณฑ์หลักด้านเส้นทางการขนส่ง เกณฑ์หลักด้านคุณสมบัติของคลัง และเกณฑ์หลักด้านการบริการ ผลการวิจัยพบว่า เกณฑ์หลักที่ได้ผลคะแนนระดับความสำคัญสูงสุดที่สุดคือ เกณฑ์หลักด้านต้นทุน (61.9%) รองลงมาคือ เกณฑ์หลักด้านเส้นทางการขนส่ง (22.3%) เกณฑ์หลักด้านคุณสมบัติของคลัง (10.7%) และเกณฑ์หลักด้านการบริการ (5.2%) ตามลำดับ และคลังชั่วคราวที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษาคือ คลังสินค้า SB

คำสำคัญ: คลังสินค้า การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ABSTRACT

The objective of this research is to study and analyze both quantitative and qualitative decision criteria for the optimal temporary warehouse selection for goods storage of glass container factory which is a case study in this research under the COVID-19 situation and other uncertain situations. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is used in this research to analyze the decision for the location selection problem. The data collection is done by sending a questionnaire to the employees at the management level who is involved in warehouse

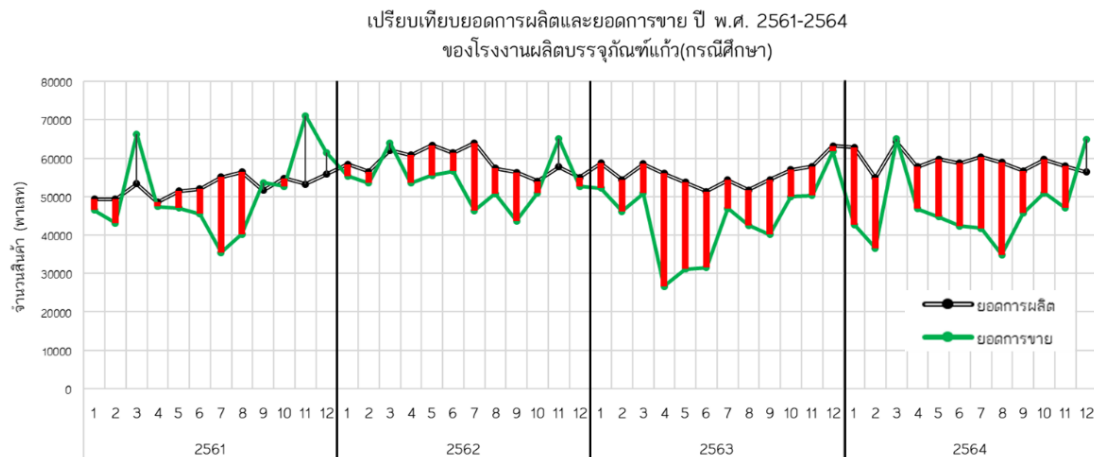
management work. In this study, there are 4 main criteria which are cost, transportation, basic structure, and service. The result shows that cost criteria have the highest weight (61.9%), followed by transportation criteria (22.3%), basic structure criteria (10.7%), and service criteria (5.2%) respectively. The decision indicates that the optimal temporary warehouse for this glass container factory is SB warehouse.

Keywords: Warehouse, Multi-criteria Decision, Analytical Hierarchy Process

บทนำ

อุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ส่งผลให้อุตสาหกรรมควบคู่อย่างบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วมีทิศทางเติบโตตามไปด้วย เนื่องจากบรรจุภัณฑ์แก้วเป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่เข้าไปอยู่ในซัพพลายเชนหรือห่วงโซ่การผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำ อาหาร และเภสัชภัณฑ์ เป็นตลาดใหญ่ที่มีความต้องการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากแก้วเป็นจำนวนมาก แต่ในอุตสาหกรรมการผลิตแก้วนั้นมีข้อจำกัดที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือการรักษาอุณหภูมิในการผลิตให้สม่ำเสมอเนื่องจากการผลิตต้องใช้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอในการหลอม หากมีการเพิ่มหรือลดกำลังการผลิตจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของบรรจุภัณฑ์แก้วที่ผลิตออกมาและยังส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของเตาหลอมอีกด้วย ดังนั้น ในอุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วจึงไม่สามารถเพิ่มหรือลดกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการสินค้าที่มีความไม่แน่นอนได้ ความยืดหยุ่นของพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าและการบริหารจัดการพื้นที่จัดเก็บสินค้าให้สอดคล้องกับความต้องการจึงเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์แก้ว

ภายใต้สถานการณ์ปัจจุบันที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด 19) ตั้งแต่ช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 จนถึงปัจจุบันได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อเศรษฐกิจโลกและเศรษฐกิจไทย ส่งผลให้ยอดขายสินค้าของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว (กรณีศึกษา) ลดต่ำลงในระดับที่ไม่สามารถปรับลดกำลังการผลิตลงตามได้เนื่องจากข้อจำกัดด้านต้นทุนและคุณภาพการผลิต ดังภาพที่ 1 เปรียบเทียบยอดการผลิตและยอดการขายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2564 ส่งผลโดยตรงให้ความต้องการพื้นที่จัดเก็บสูงขึ้นจนเกินความสามารถในการจัดเก็บปัจจุบัน จึงจำเป็นต้องมีการจัดหาพื้นที่จัดเก็บหรือจัดหาคลังสำหรับจัดเก็บสินค้าเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการจัดเก็บสินค้าส่วนเกินเหล่านี้



ภาพที่ 1: เปรียบเทียบยอดการผลิตและยอดการขายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2564

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making, MCDM) ด้วยกระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ในการวินิจฉัยและเปรียบเทียบเกณฑ์การเลือกคลังสินค้าชั่วคราว เนื่องจากกระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับชั้นเป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากและเป็นที่ยอมรับกันในระดับสากลอย่างแพร่หลาย โดยเป็นเทคนิคที่ใช้การแบ่งองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้นแล้วมีการให้น้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบก่อนจะนำมาคำนวณค่าน้ำหนัก เพื่อนำไปสู่ค่าลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกกว่าทางเลือกใดมีค่าสูงสุดแล้วนำมาประกอบการตัดสินใจ ซึ่งมีโครงสร้างเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์ เหมาะสมสำหรับใช้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลในการนำไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจ ทั้งในระดับบุคคลและระดับหมู่คณะ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยทั้งหมด 3 ประการด้วยกัน ประการแรกเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาเลือกคลังชั่วคราวสำหรับจัดเก็บสินค้าของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว (กรณีศึกษา) ประการที่สองเพื่อกำหนดปัจจัยและวิธีการคำนวณเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราวที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานจริง และประการสุดท้ายเพื่อตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้จัดเก็บสินค้าในปัจจุบันของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว (กรณีศึกษา)

ทบทวนวรรณกรรม

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process, AHP)

เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อหาเหตุผล ถูกคิดค้นเมื่อประมาณปลายปีทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ช่วยการตัดสินใจในประเด็นของปัญหาที่มีความซับซ้อนให้มีความง่ายขึ้น โดยเลียนแบบกระบวนการตัดสินใจทางธรรมชาติของมนุษย์ การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์จะแบ่งองค์ประกอบของปัญหาทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมออกมาเป็นส่วน ๆ แล้วจัดแจงใหม่ให้อยู่ในรูปของแผนภูมิลำดับชั้น ต่อจากนั้นก็กำหนดตัวเลขที่เกิดจากการวินิจฉัยเปรียบเทียบหาความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ และสังเคราะห์ตัวเลขของการวินิจฉัยนั้น เพื่อหาว่าเกณฑ์หรือทางเลือกอะไรมีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุดและมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์อย่างไร นอกจากนี้แล้ว กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการตัดสินใจที่เป็นกลุ่มหรือหมู่คณะ เนื่องจาก

กระบวนการนี้ช่วยจัดระเบียบในกระบวนการคิดของกลุ่มด้วยการกำหนดตัวเลขของแต่ละองค์ประกอบของปัญหาทำให้มีความสอดคล้องกันของเหตุผลอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจึงเห็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ และน่าเชื่อถือสำหรับการตัดสินใจทุกประเภทที่ต้องใช้เหตุผล (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

Saaty (1980) ได้สรุปขั้นตอนของการตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process, AHP) ไว้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดทางเลือกในแต่ละปัญหาซึ่งจะมีทางเลือกในการแก้ไขที่หลากหลาย ให้กำหนดทางเลือกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
2. ระบุระดับของเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold Level) ที่ต้องการของแต่ละทางเลือก
3. คัดเลือกทางเลือกเบื้องต้นจากทางเลือกที่กำหนดในขั้นที่ 1 โดยตรวจสอบกับเกณฑ์ต่ำสุด ถ้าทางเลือกใดต่ำกว่าเกณฑ์ให้คัดออก
4. ระบุเกณฑ์หลัก (Criteria) หรือเกณฑ์ย่อย (Sub criteria) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกใน (3)
5. สร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ (Develop Decision Hierarchy) จากทางเลือกและเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างน้อยจะมี 3 ลำดับชั้น คือ เป้าหมาย (Goal), เกณฑ์ (Criteria) และ ทางเลือก (Alternatives)
6. เปรียบเทียบเกณฑ์ทีละคู่ แล้วจึงเปรียบเทียบทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทีละเกณฑ์ จนครบทุกเกณฑ์ ในการเปรียบเทียบทางเลือกนั้นจะให้คะแนนเป็นเชิงปริมาณหรือคุณภาพก็ได้
7. คำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือก โดยการนำค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละทางเลือกในแต่ละเกณฑ์ คูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์แล้วหาผลรวม จากนั้นเรียงลำดับผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือกตามคะแนนจากมากไปน้อย ทางเลือกที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด
8. วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกทางเลือกจากข้อ (7) จำเป็นต้องวิเคราะห์ความอ่อนไหวอันเกิดจากความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจก่อน

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกพื้นที่หรือทำเลที่เหมาะสมในหลากหลายกรณี เช่น การเลือกทำเลที่ตั้งของบริษัทขายอะไหล่รถยนต์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้งของบริษัทขายอะไหล่รถยนต์ (กันต์ธมน สุขกระจ่าง และคณะ, 2561) การตัดสินใจคัดเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่ เพื่อแก้ปัญหาการขาดสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถกำจัดได้มากที่สุดในประเทศไทย (ภูริวรรธ ปานปั้น, 2563) นอกจากนี้ยังมีการคัดเลือกพื้นที่จัดตั้งศูนย์กลางโลจิสติกส์ ด้านการขนส่งสินค้าในประเทศไทยบนแนวระเบียงเศรษฐกิจเหนือ-ใต้ ที่ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process) และวิธีการ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ควบคู่กันในการตัดสินใจคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม (ภัชรี นิมศรีกุล และ อภิชาติ โสภาแดง, 2551)

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้า

การเลือกทำเลที่ตั้งควรพิจารณาปัจจัยหลายอย่างประกอบกันมากกว่ามุ่งเน้นแค่ปัจจัยเดียว เพราะต้นทุนที่ต่ำในทางหนึ่งอาจไม่ได้ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการค้าเนกิจการค้าคลังสินค้าไม่ว่าจะเป็นทางตรง หรือทางอ้อม ทั้งในระยะสั้นและยาว

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าจะแยกพิจารณา ดังนี้ (ค่านาย อภิปรัชญาสกุล, 2553)

1) **ปัจจัยพิจารณาในเชิงคุณภาพ** การพิจารณาปัจจัยในเชิงคุณภาพในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้า หมายถึงปัจจัยที่ไม่อาจวัดออกมาในรูปของปริมาณเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาดังนี้ แหล่งสินค้า, เส้นทางคมนาคม, แหล่งแรงงาน, ทัศนคติของชุมชน, บริการสาธารณะ, สิ่งแวดล้อม และโอกาสในอนาคต

2) **ปัจจัยพิจารณาในเชิงปริมาณ** ปัจจัยเกี่ยวกับทำเลที่ตั้งที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลขนับ ซึ่งมีแสดงในรูปของตัวเงินที่เรียกว่าต้นทุน เป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจนั้น หมายถึง การวิเคราะห์ต้นทุนเปรียบเทียบระหว่างทำเลที่ตั้งแต่ละแห่ง เพื่อหาทำเลที่ตั้งซึ่งมีต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาดังนี้ ต้นทุน, การก่อสร้าง, แรงงาน, วิธีการขนส่ง, ระยะทางระหว่างโรงงานกับผู้ขายหรือแหล่งทรัพยากร, ทำเลที่ตั้งใกล้กับสิ่งอำนวยความสะดวก, ทำเลที่ตั้งใกล้ลูกค้าและตลาด, บริการสาธารณูปโภคของรัฐ และภาษีอากรและการประกันภัย

3) **ปัจจัยพิจารณาในกระแสโลกาภิวัตน์** การขนส่งและการติดต่อสื่อสารเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสมัย ทำให้การเลือกทำเลที่ตั้งกว้างไกลไปสู่ระดับนานาชาติ การเลือกทำเลที่ตั้งในต่างประเทศนำมาซึ่งประโยชน์หลายประการ และปัจจัยที่ใช้พิจารณาตัดสินใจว่าควรจะมีทำเลที่ตั้งที่ใด มีดังต่อไปนี้ ผลผลิตของแรงงาน, อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตรา, ต้นทุน และทัศนคติของประชากร

4) **การเลือกทำเลที่ตั้งในระดับสากล** ในกรณีที่ต้องขยายการลงทุนไปยังประเทศอื่น ซึ่งมีความเสี่ยงสูงถ้าไม่ได้ทำการศึกษาปัจจัยทุกอย่างให้ถี่ถ้วนการลงทุนอาจสูญเปล่า มีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ภาครัฐบาล, การส่งเสริมการลงทุน, ผู้ขาย, ปัจจัยการผลิต, ลูกค้า, สาธารณูปโภค, การขนส่ง และการกระจายสินค้า

ในการตัดสินใจคัดเลือกพื้นที่ตั้งของคลังสินค้าที่เหมาะสมนั้นไม่สามารถนำทุกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการคลังสินค้าตามทฤษฎีมาใช้จริงในการพิจารณาได้ทั้งหมด หลังจากทำการสืบค้นข้อมูลพบว่างานวิจัยในอดีตมีการคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญหรือส่งผลต่อการทำงานจริงมากที่สุดมาใช้ในการพิจารณา ซึ่งผู้วิจัยแต่ละท่านได้ทำการเลือกเกณฑ์การพิจารณา อย่างเช่น Ulutaş, Balı, Sua, Demir, Topal, and Jakovljević (2021) เลือกใช้เกณฑ์ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน การขนส่ง สิ่งแวดล้อม กฎระเบียบ/ข้อบังคับ ระยะทาง การพัฒนา และความรู้ ในการพิจารณา Ocampo et al. (2020) เลือกใช้เกณฑ์ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน การขนส่ง สิ่งแวดล้อม กฎระเบียบ/ข้อบังคับ ความใกล้ชิด การพัฒนา การจราจร การเข้าถึง เสถียรภาพ และความปลอดภัย ในการพิจารณา Ehsanifar, Wood, and Babaie (2021) เลือกใช้เกณฑ์ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน สิ่งแวดล้อม ระยะทาง การพัฒนา การตอบสนอง ความรู้ เสถียรภาพ ความปลอดภัย และโลจิสติกส์ ในการพิจารณา Dey and Bairagi (2015) เลือกใช้เกณฑ์ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน สิ่งแวดล้อม แรงงาน ตลาด ในการพิจารณา Treevirotmongkol (2013) เลือกใช้เกณฑ์ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน การขนส่ง แรงงาน กฎระเบียบ/ข้อบังคับ ตลาด การจราจร การเข้าถึง เทคโนโลยีสารสนเทศ ความปลอดภัย การแข่งขัน การจัดการ ในการพิจารณา และนารัตน์ โพธิ์กุล (2548) เลือกใช้เกณฑ์ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน การขนส่ง สิ่งแวดล้อม ความใกล้ชิด การพัฒนา และที่ดิน ในการพิจารณา จะเห็นได้ว่างานวิจัยแต่ละงานได้เลือกเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาเพื่อคัดเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าหลากหลายแตกต่างกันไปแต่ก็จะมีบางเกณฑ์ที่มักถูกเลือกใช้ เป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ในการพิจารณา เช่น ด้านต้นทุน โครงสร้างพื้นฐาน การขนส่ง สิ่งแวดล้อม ความใกล้ชิด การจราจร เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้ที่ทำแบบสอบถามและช่วยลงความเห็นในส่วนต่าง ๆ คือผู้เชี่ยวชาญที่อยู่ในระดับผู้บริหาร มีอำนาจในการตัดสินใจ และทำงานในส่วนงานบริหารจัดการคลังสินค้าของโรงงานผลิตรถจักรยานยนต์แก้ว (กรณีศึกษา) อายุการทำงานอยู่ในช่วง 9-11 ปี จำนวน 3 ท่าน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้ทำการออกแบบร่วมกับผู้เชี่ยวชาญที่คัดเลือกมาทั้ง 3 ท่าน อ้างอิงตามหลักการกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) และการสัมภาษณ์เก็บข้อมูลรายบุคคล

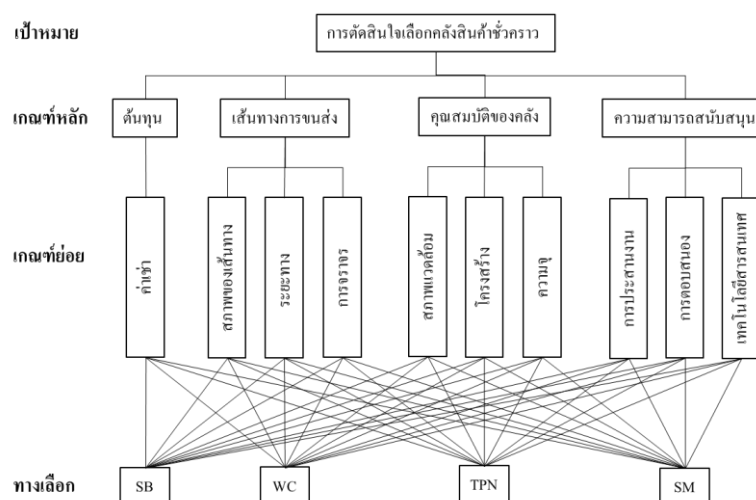
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 การศึกษาหลักเกณฑ์ และปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกคลังชั่วคราว จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญถึงข้อจำกัดในการทำงานอื่น ๆ ที่ควรคำนึงถึงด้วย โดยสามารถสรุปเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยได้ดังต่อไปนี้ ต้นทุน (ค่าเช่าคลังต่อเดือน), เส้นทางขนส่ง (ระยะทาง สภาพเส้นทาง การจราจร), คุณสมบัติของคลัง (ความจุ สภาพแวดล้อม โครงสร้างพื้นฐาน), และการบริการ (การประสานงาน การตอบสนอง เทคโนโลยีสารสนเทศ)

3.2 การศึกษาทางเลือก และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางเลือกภายใต้เกณฑ์การพิจารณาที่กำหนดไว้ จากข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยสามารถสรุปทางเลือกของคลังชั่วคราวได้ทั้งหมด 4 ทางเลือกดังนี้ คลัง SB, คลัง SM, คลัง TPN, คลัง WC ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ของเกณฑ์หลัก-เกณฑ์ย่อย และทางเลือก ในรูปแบบแผนภูมิโครงสร้างเป็นลำดับชั้น ดังภาพที่ 2

3.3 การจัดทำแบบสอบถาม Analytic Hierarchy Process: AHP เพื่อเปรียบเทียบเชิงคู่ สำหรับเกณฑ์หลัก-เกณฑ์ย่อย และทางเลือก โดยมีค่าระดับความสำคัญตั้งแต่ สำคัญเท่ากันมีค่า 1 จนถึง สำคัญกว่าที่สุดมีค่าเท่ากับ 9 โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะต้องลงคะแนนเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์หลัก เกณฑ์ย่อยแต่ละเกณฑ์ และทางเลือกแต่ละทางเลือกจนครบทุกคู่



ภาพที่ 2: แผนภูมิโครงสร้างเป็นลำดับชั้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและลงคะแนนในแบบสอบถาม AHP จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านสามารถนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าระดับความสำคัญผ่านโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบเกณฑ์แต่ละคู่ ในรูปของตารางเมทริกซ์ทำได้โดยการเปรียบเทียบทุก ๆ เกณฑ์ทั้งในแถวแนวนอนและแนวตั้ง

4.2 รวมค่าตัวเลขการเปรียบเทียบทุกตัวที่อยู่ในแนวตั้ง ของตารางแล้วนำผลรวมที่ได้หารด้วยตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบในแถวแนวตั้งของตนเอง แล้วทำการบวกตัวเลขที่ได้จากการดำเนินการในแถวแนวนอน

4.3 ทำการหารผลรวมที่ได้จากข้อ 4.2 ด้วยตัวเลขที่ได้จากจำนวนของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ โดยการคำนวณในขั้นตอนนี้เป็นการทำ Normalize และค่าที่ได้จะเป็นค่า Eigenvector ซึ่งนำไปใช้เป็นค่าน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์

4.4 การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) ว่าการลงคะแนนประเมินเปรียบเทียบเป็นคู่ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน ซึ่งนำไปใช้ค่าน้ำหนัก Eigenvector มีความสอดคล้อง และสมเหตุสมผลเพียงพอหรือไม่ ซึ่งค่า C.R. จะต้องมีค่าต่ำกว่า 0.1 จึงจะถือว่าผลการลงคะแนนมีความสอดคล้องกันสามารถนำค่า Eigenvector ไปใช้คำนวณต่อได้ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

5. การหาผลลัพธ์

ทำโดยการนำผลการประเมินระดับความสำคัญที่คำนวณได้และผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผลมาแล้วในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล มาคูณกันตามความสัมพันธ์ในแผนภูมิโครงสร้างเป็นลำดับชั้น ดังภาพที่ 2 โดยทางเลือกที่ได้รับคะแนนระดับความสำคัญสุทธิสูงที่สุด คือทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด และสามารถเรียงลำดับความเหมาะสมของตัวเลือกอื่นได้จากลำดับคะแนนความสำคัญที่แต่ละทางเลือกได้รับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราว จากการลงคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักแสดงดังตารางที่ 1 และระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยแสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 1: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลัก

เกณฑ์หลัก	ค่าระดับความสำคัญ			
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ค่าเฉลี่ย
ต้นทุน	61.6%	61.7%	62.3%	61.9%
เส้นทางการขนส่ง	22.8%	21.0%	23.1%	22.3%
คุณสมบัติของคลัง	10.7%	11.4%	9.9%	10.7%
การบริการ	4.9%	5.8%	4.7%	5.2%
C.R.	0.082	0.084	0.091	0.086

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักในการเลือกคลังชั่วคราวของโรงงานกรณีศึกษา เรียงจากรับความสำคัญมากไปน้อยได้ดังนี้ ต้นทุน เส้นทางขนส่ง คุณสมบัติของคลัง และการบริการ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) เท่ากับ 0.086

ตารางที่ 2: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักด้านเส้นทางขนส่ง

เกณฑ์ย่อยด้านเส้นทางขนส่ง	ค่าระดับความสำคัญ			
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ค่าเฉลี่ย
ระยะทาง	75.3%	73.7%	79.0%	76.0%
สภาพของเส้นทาง	17.2%	18.6%	13.3%	16.4%
การจราจร	7.5%	7.7%	7.7%	7.6%
C.R.	0.065	0.038	0.019	0.041

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักด้านเส้นทางขนส่งของโรงงานกรณีศึกษา เรียงจากรับความสำคัญมากไปน้อยได้ดังนี้ ระยะทาง สภาพของเส้นทาง และการจราจร โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) เท่ากับ 0.041

ตารางที่ 3: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักด้านคุณสมบัติของคลัง

เกณฑ์ย่อยด้านคุณสมบัติคลัง	ค่าระดับความสำคัญ			
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ค่าเฉลี่ย
ความจุ	73.8%	73.9%	75.5%	74.4%
สภาพแวดล้อม	16.8%	16.0%	15.4%	16.0%
โครงสร้างพื้นฐาน	9.4%	10.1%	9.2%	9.6%
C.R.	0.012	0.047	0.028	0.029

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักด้านคุณสมบัติคลังของโรงงานกรณีศึกษา เรียงจากรับความสำคัญมากไปน้อยได้ดังนี้ ความจุ สภาพแวดล้อม และโครงสร้างพื้นฐาน โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) เท่ากับ 0.029

ตารางที่ 4: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักด้านการบริการ

เกณฑ์ย่อยด้านการบริการ	ค่าระดับความสำคัญ			
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ค่าเฉลี่ย
การประสานงาน	53.9%	53.9%	62.3%	56.7%
การตอบสนอง	29.7%	29.7%	23.9%	27.8%
เทคโนโลยีสารสนเทศ	16.4%	16.4%	13.7%	15.5%
C.R.	0.008	0.008	0.016	0.011

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักด้านคุณสมบัติคลังของโรงงานกรณีศึกษา เรียงจากรับความสำคัญมากไปน้อยได้ดังนี้ การประสานงาน การตอบสนอง และเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) เท่ากับ 0.011

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของทางเลือกคลังชั่วคราวแต่ละทางเลือก จากการลงคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แสดงผลระดับความสำคัญแยกตามเกณฑ์หลักดังตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านต้นทุน

เกณฑ์ย่อยด้านต้นทุน	ค่าระดับความสำคัญของทางเลือก				C.R.
	SB	WC	TPN	SM	
ค่าเช่าคลัง	51.6%	6.1%	16.3%	26.0%	0.050

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านต้นทุนพบว่าทางเลือกคลังที่ได้รับคะแนนระดับความสำคัญสูงสุด ได้แก่ คลัง SB โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) เท่ากับ 0.050

ตารางที่ 6: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านเส้นทางการขนส่ง

เกณฑ์ย่อยด้านเส้นทางการขนส่ง	ค่าระดับความสำคัญของทางเลือก				C.R.
	SB	WC	TPN	SM	
สภาพของเส้นทาง	4.8%	11.6%	31.7%	51.8%	0.044
ระยะทาง	54.5%	6.5%	19.5%	19.5%	0.024
การจราจร	19.6%	65.9%	7.2%	7.2%	0.033

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านเส้นทางการขนส่ง พบว่าทางเลือกคลังที่ได้รับคะแนนระดับความสำคัญสูงสุดด้านสภาพของเส้นทาง ได้แก่ คลัง SM ด้านระยะทาง ได้แก่ คลัง SB และด้านการจราจร ได้แก่ คลัง WC โดยทุกคู่การเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ต่ำกว่า 0.1 ทั้งหมด

ตารางที่ 7: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านคุณสมบัติคลัง

เกณฑ์ย่อยด้านคุณสมบัติคลัง	ค่าระดับความสำคัญของทางเลือก				C.R.
	SB	WC	TPN	SM	
ความจุ	22.5%	11.0%	8.4%	58.0%	0.035
สภาพแวดล้อม	23.1%	13.3%	8.2%	55.4%	0.031
โครงสร้างพื้นฐาน	18.3%	28.5%	45.1%	8.1%	0.027

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านคุณสมบัติคลัง พบว่า ทางเลือกคลังที่ได้รับคะแนนระดับความสำคัญสูงสุดด้านความจุ ได้แก่ คลัง SM ด้าน

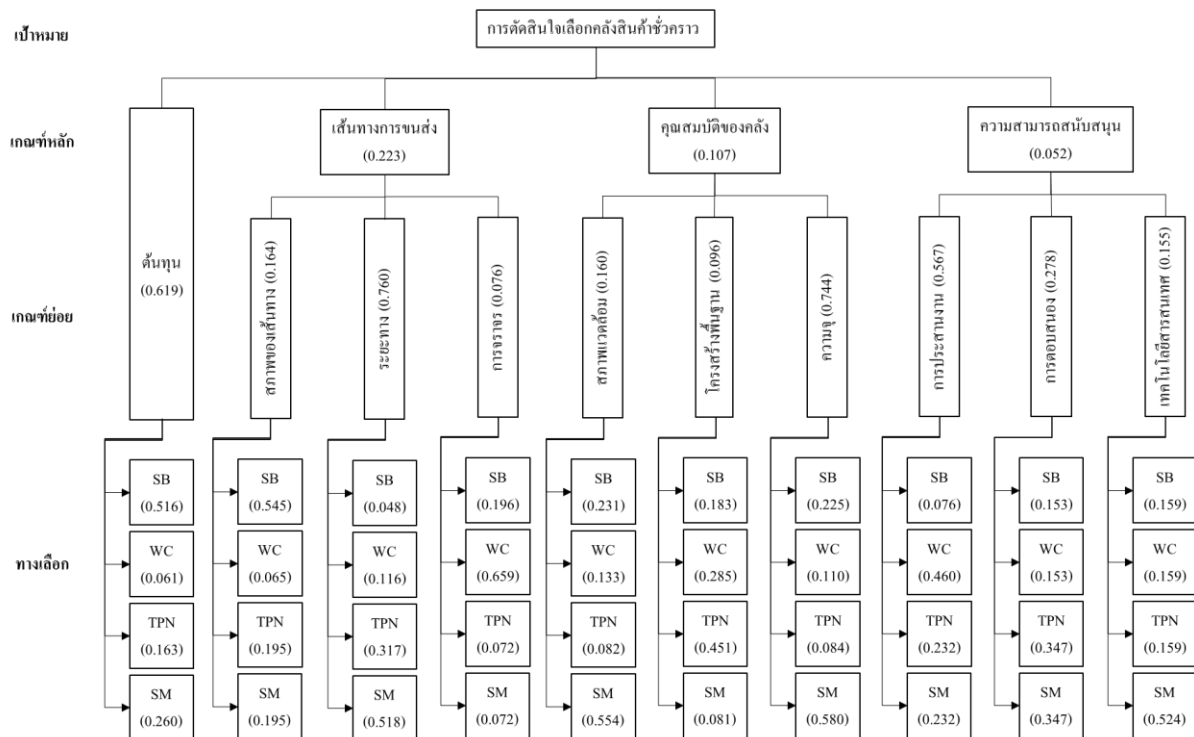
สภาพแวดล้อม ได้แก่ คลัง SM และด้านโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ คลัง TPN โดยทุกคู่การเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ต่ำกว่า 0.1 ทั้งหมด

ตารางที่ 8: ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านการบริการ

เกณฑ์ย่อยด้านการบริการ	ค่าระดับความสำคัญของทางเลือก				C.R.
	SB	WC	TPN	SM	
การประสานงาน	7.6%	46.0%	23.2%	23.2%	0.018
การตอบสนอง	15.3%	15.3%	34.7%	34.7%	0.000
เทคโนโลยีสารสนเทศ	15.9%	15.9%	15.9%	52.4%	0.000

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นถึงค่าระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้เกณฑ์ย่อยด้านการบริการ พบว่าทางเลือกคลังที่ได้รับคะแนนระดับความสำคัญสูงสุดด้านการประสานงาน ได้แก่ คลัง WC ด้านการตอบสนองได้แก่ คลัง TPN และ SM สุดท้ายด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ คลัง SM โดยทุกคู่การเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ต่ำกว่า 0.1 ทั้งหมด

ส่วนที่ 3 การหาผลสุทธิเพื่อเลือกคลังชั่วคราวที่เหมาะสมที่สุด ทำได้โดยการนำค่าระดับความสำคัญในแต่ละเกณฑ์และทางเลือกจากส่วนที่ 1 และ 2 มาคูณกันตามแผนภูมิลำดับชั้นดังภาพที่ 3 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์สุทธิของแต่ละทางเลือกออกมาดังตารางที่ 9



ภาพที่ 3: แผนภูมิลำดับชั้นแสดงระดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้เกณฑ์

ตารางที่ 9: สรุปค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อย

คลังชั่วคราวทางเลือก	SB	SM	TPN	WC
ผลระดับความสำคัญสุทธิ	38.0%	33.0%	18.9%	10.2%

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นถึงค่าสุทธิของระดับความสำคัญแต่ละทางเลือกเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราวที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากการคำนวณพบว่าคลัง SB ได้รับระดับความสำคัญสูงสุด รองลงมาคือ คลัง SM, คลัง TPN และคลัง WC ตามลำดับ ดังนั้นคลังชั่วคราวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วกรณีศึกษา คือ คลัง SB

สรุป

ผลสรุปจากการศึกษาวิจัยเกณฑ์การตัดสินใจสำหรับเลือกคลังสินค้าชั่วคราวของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว (กรณีศึกษา) โดยการใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อสร้างแบบจำลองในการตัดสินใจ และหาทางเลือกคลังชั่วคราวที่เหมาะสมที่สุด สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

เกณฑ์หลักที่ได้รับคะแนนความสำคัญมากที่สุดคือ เกณฑ์ด้านต้นทุนซึ่งมีระดับความสำคัญร้อยละ 61.9 จากเกณฑ์หลักอื่น ๆ รองลงมาคือ เกณฑ์หลักด้านเส้นทางการขนส่ง คุณสมบัติของคลัง และการบริการตามลำดับ โดยผู้เชี่ยวชาญทุกท่านให้คะแนนประเมินไปทิศทางเดียวกันให้ความสำคัญเรื่องต้นทุนมาเป็นอันดับแรก และรองลงมาด้วยเกณฑ์ด้านเส้นทางการขนส่งซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพการบรรจุมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ulutaş, Balo, Sua, Demir, Topal, and Jakovljević (2021) ที่ได้สรุปผลการวิจัยให้เกณฑ์ด้านต้นทุนมีระดับความสำคัญสูงสุดและระดับความสำคัญรองลงมาคือระยะทางการขนส่งซึ่งอยู่ในหัวข้อการของเส้นทางการขนส่งในงานวิจัยฉบับนี้เช่นเดียวกัน

ในส่วนของการพิจารณาเกณฑ์ย่อย พบว่า เกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักเส้นทางการขนส่งเกณฑ์ย่อยด้านระยะทางมีระดับความสำคัญสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 76 จากเกณฑ์ย่อยทั้งหมดภายใต้เกณฑ์หลักเดียวกัน รองลงมาคือ เกณฑ์ย่อยด้านสภาพของเส้นทาง และการจราจรตามลำดับ การพิจารณาภายใต้เกณฑ์หลักคุณสมบัติของคลัง พบว่า เกณฑ์ย่อยด้านความจุมีระดับความสำคัญสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 74.4 จากเกณฑ์ย่อยทั้งหมดภายใต้เกณฑ์หลักเดียวกัน รองลงมาคือ เกณฑ์ย่อยด้านสภาพแวดล้อม และโครงสร้างพื้นฐานตามลำดับ สุดท้ายพิจารณาภายใต้เกณฑ์หลักการบริการพบว่าเกณฑ์ย่อยด้านการประสานงานมีระดับความสำคัญสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 56.7 จากเกณฑ์ย่อยอื่น ๆ ภายใต้เกณฑ์หลักเดียวกัน รองลงมาคือ เกณฑ์ย่อยด้านการตอบสนอง และเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามลำดับ

หลังจากนำค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ทุกเกณฑ์มาพิจารณาร่วมกับผลการประเมินของแต่ละทางเลือกแล้ว พบว่า ทางเลือกคลัง SB ได้รับคะแนนระดับความสำคัญสูงสุด เท่ากับร้อยละ 38.0 จากทางเลือกทั้งหมด รองลงมาคือ ทางเลือกคลัง SM ที่มีระดับความสำคัญค่อนข้างใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 33.0 จากทางเลือกทั้งหมด รองลงมาคือ ทางเลือกคลัง TPN และคลัง WC ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาวิจัยนี้คือ ทางเลือกคลัง SB

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้การพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญระดับบริหารที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกคลังชั่วคราวทั้งหมด 3 ท่าน ซึ่งจะได้มุมมองเฉพาะกลุ่มผู้บริหารเท่านั้น หากเพิ่มมุมมองการพิจารณาลงคะแนนจากพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่โดยตรงร่วมด้วยน่าจะทำได้คะแนนที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กันต์ธมน สุขกระจ่าง, ธนะรัตน์ รัตนกุล, พุฒิธร ตุกเตียน, และพิทยาภรณ์ พัฒโน. (2561). การเลือกทำเลที่ตั้งของบริษัทขายอะไหล่รถยนต์ โดยวิธี AHP: บริษัท ABC จำกัด. พลวัตการศึกษายุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล. การประชุมหาตใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9. (น. 1421-1428). [http://www.hu.ac.th/conference/proceedings/data/บทความ%20-%20โปสเตอร์/G3%20กลุ่มการบริหารและการจัดการ%20\(Ma\)/127-095Ma-NP%20\(กันต์ธมน%20สุขกระจ่าง\).pdf](http://www.hu.ac.th/conference/proceedings/data/บทความ%20-%20โปสเตอร์/G3%20กลุ่มการบริหารและการจัดการ%20(Ma)/127-095Ma-NP%20(กันต์ธมน%20สุขกระจ่าง).pdf)
- ค่านาย อภิปรัชญาสกุล. (2553). *การจัดการสินค้าคงคลัง*. โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิง.
- นารินทร์ โพธิกุล. (2548). *การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการเลือกคลังสินค้า*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัษรี นิมศรีกุล และ อภิชาติ โสภางแดง. (2551). การประยุกต์การตัดสินใจแบบหลากหลายเกณฑ์ในการเลือกศูนย์กลางโลจิสติกส์ ดานการขนส่งสินค้าในประเทศไทย. การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 8. (น. 930-941). https://www.thailog.org/wp-content/uploads/2019/01/FD4_1.pdf
- ภูริวรรธ ปานปั้น. (2563). *การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งด้วยหลากหลายเกณฑ์สำหรับโรงงานกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- วิฑูรย์ ตันศิริคงคล. (2542). *AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก*. กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้งเซ็นเตอร์.
- Dey, B., Bairagi, B., Sarkar, B., & Sanyal, K. (2015). Warehouse location selection by fuzzy multi-criteria decision making methodologies based on subjective and objective criteria. *International Journal of Management Science and Engineering management*, 10(4), 262-278.
- Ehsanifar, M., Wood, D. A., & Babaie, A. (2021). UTASTAR method and its application in multi-criteria warehouse location selection. *Operations management research*, 14, 202-215.
- Ocampo, L., Genimelo, G. J., Lariosa, J., Guinitaran, R., Borromeo, P. J., Aparente, M.E., Capin, T., & Bongo, M. (2020). Warehouse location selection with TOPSIS group decision making under different expert priority allocations. *Engineering Management in Production and Services*, 12(4), 22-39. <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0025>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill.
- Treevirotmongkol, T. (2013). Application of Multi-Criteria Decision Making Using Fuzzy-TOPSIS in Drug Distribution Center Location Selection [Master's thesis]. Mahidol University.
- Ulutaş, A., Balo, F. Sua, L. Demir, E. Topal, A. Jakovljević, V. (2021). A new Integrated grey MCDM model: Case of warehouse location selection. *Mechanical engineering*, 19(3), 515-535.

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตรถยนต์ INCREASING EFFICIENCY OF PRODUCTION PROCESS: A CASE STUDY OF AUTOMOBILE FACTORY

ชลิดา ชาญวิจิตร^{1*}, กฤตย์ติภูมิ ดอกไม้²
Chalida Chanwijitch^{1*}, Krittipoom Dokmai²

^{1,2}คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2}Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding author, E-mail: chalidachan@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ และส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวด จากการศึกษาลักษณะการทำงานของแต่ละสถานีงานในการประกอบยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 12 สถานีงาน พบว่า สถานีงานที่มีรอบเวลาการประกอบรถยนต์มากที่สุดคือ สถานีงานที่ 3 การเติมของเหลวฝั่งซ้าย โดยสาเหตุของปัญหาเกิดจากการทำงานย่อยไม่เหมาะสม การจัดลำดับการเติมของเหลวไม่เหมาะสม และเวลาในการเติมของเหลวนานเกินไป จึงทำการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ การกำจัด การรวมกัน การจัดใหม่ และการทำให้ง่าย (ECRS) และการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรการเติมของเหลวโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการปรับปรุงพบว่า การจัดเรียงลำดับการเติมของเหลวใหม่ในสถานีงานที่ 3 ฝั่งซ้าย และการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรการเติมของเหลวที่ 1100 มิลลิบาร์ สามารถลดเวลาในการทำงานของสถานีการเติมของเหลวได้ ซึ่งเวลาก่อนปรับปรุงของสถานีการเติมของเหลวเท่ากับ 349 วินาที สามารถลดลงเหลือ 175 วินาที โดยอยู่ในเวลามาตรฐานที่บริษัทได้กำหนดไว้อยู่ที่ 225 วินาทีและมีประสิทธิภาพสายการเพิ่มขึ้นจากเดิม 44.64% เพิ่มขึ้นเป็น 84.36% และค่าการเสียสมดุลจากเดิม 55.36% ลดลงเหลือ 15.64%

คำสำคัญ: หลักการ ECRS การเพิ่มประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ABSTRACT

This research aims to improve the electric vehicle assembly process. To reduced work that does not create added value to the product and resulting in bottlenecks From studying the performance characteristics of each work station in the assembly of electric cars in all 12 workstations, It was found that the workstation with the highest car assembly cycle time was the third work station, filling the left side of the liquid. The cause of the problem is due to improper operation of the sub. Improper order of filling of liquids and the liquid filling time is too long Therefore, a process analysis study was conducted to optimize the production

process. By using the Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify (ECRS) line balancing technique and adjust the parameters of the filling machine used one-way ANOVA. The improvement results founded that rearrange the filling order of the 3rd workstation on the left, and adjusted the parameters of the 1100 mbar filling machine It could reduce the work time of the filling station. Which the time before the improvement of the filling station is 349 seconds, can be reduced to 175 seconds, within the standard time that the company had set at 225 seconds, and the line efficiency had increased from 44.64% to 84.36% and the value Loss of balance was reduced from 55.36% to 15.64%

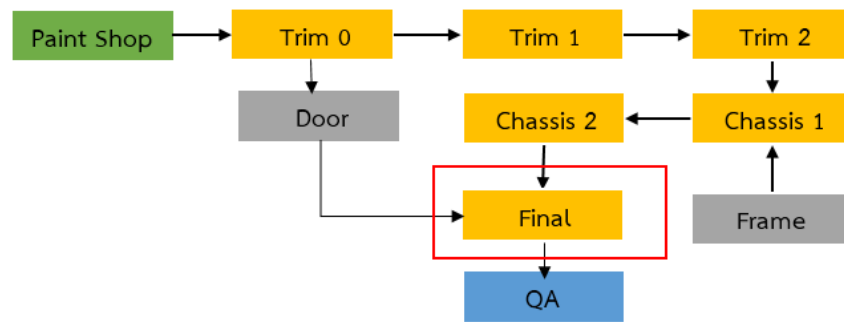
Keywords: Principles ECRS, Increase Efficiency, One-way ANOVA

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ใหญ่และมีความสำคัญอย่างมากในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย อีกทั้งผู้ผลิตแต่ละรายมีการพัฒนารถยนต์ในทุก ๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นทั้งด้านการผลิต ด้านคุณภาพ และเทคโนโลยี เพื่อให้ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าซึ่งรถแต่ละประเภทถูกออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานที่แตกต่างกัน รถยนต์ส่วนใหญ่มีการปล่อยมลพิษเข้าสู่อากาศในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน รวมถึงการขึ้นราคาของน้ำมัน จึงทำให้ประชาชนส่วนใหญ่กำลังสนใจใช้รถยนต์พลังงานทางเลือกแทน ยานยนต์ไฟฟ้าจึงเริ่มที่จะมีบทบาทมากขึ้นเนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และประหยัดค่าน้ำมัน

ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ที่เริ่มผลิตรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า โดยงานวิจัยจะทำการศึกษาในกระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ มากมายและมีความยุ่งยากหลายงาน ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้เวลาในการผลิตมากที่สุด โดยเวลาในการผลิตของกระบวนการในส่วนนี้อาจส่งผลต่อยอดขายและส่งผลกระทบต่อลูกค้า ถ้าไม่สามารถผลิตได้ตามเป้าที่กำหนด ซึ่งสายการประกอบมีทั้งสิ้น 8 สายการผลิต ได้แก่ Trim0, Trim1, Trim 2, Chassis1, Chassis 2, Final Line, Door Line และ Frame Line แสดงดังภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 การผลิตในกระบวนการประกอบทั้งหมดจะใช้สายพานลำเลียงเพื่อทำการประกอบ เริ่มจากรถยนต์จะถูกส่งออกจากโรงทำสีตัวถังเข้าสู่ Trim 0 จะตอกเลขตัวถัง และถอดประตูออกจากรถยนต์ ส่งต่อไปให้ Door Line เพื่อทำการประกอบประตู จากนั้นส่งต่อไปที่ Trim 1 เพื่อประกอบสายไฟภายในห้องโดยสารและประกอบคอนโซลหน้ารถยนต์ ส่งไปที่ Trim 2 เพื่อประกอบผ้าหลังคา พรหมพนัก และกระจก ส่งไปที่ Chassis 1 ประกอบแบตเตอรี่ ถังน้ำมัน และประกอบเครื่องยนต์กับช่วงล่างเข้ากับตัวรถยนต์ โดยที่เครื่องยนต์และช่วงล่างจะประกอบมาจาก Frame Line ส่งไปที่ Chassis 2 เพื่อประกอบเบาะและล้อ จากนั้นส่งไปประกอบที่สายการประกอบผลิตสุดท้ายคือ Final Line เพื่อประกอบประตูและเติมของเหลวต่าง ๆ เข้าสู่ระบบ และรถยนต์จะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ



ภาพที่ 1: กระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า

ที่มา: จากกระบวนการผลิตโรงงานกรณีศึกษา

จากการศึกษาโรงงานผลิตรถยนต์ไฟฟ้า พบว่า การหยุดการทำงานของสายการผลิตหรือการหยุดการทำงานของสายพานลำเลียงรถ เมื่อพบว่าการทำงานของกระบวนการผลิตเกิดความผิดปกติ เกิดการทำงานไม่ได้ตามเวลามาตรฐาน จากการเก็บข้อมูลการหยุดการทำงานของสายการผลิตตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2564 ถึง มิถุนายน พ.ศ.2564 มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

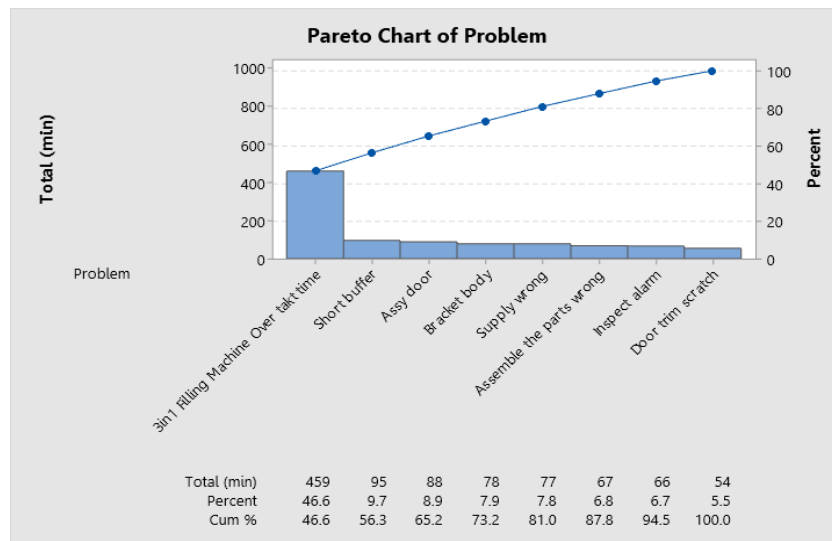
ตารางที่ 1: เวลาการหยุดการทำงานของสายการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า

สายการผลิต	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	รวม (นาที)
Trim 0	10	9	12	15	11	15	72
Trim 1	72	65	45	71	67	55	375
Trim 2	81	54	67	86	71	56	415
Chassis 1	72	37	67	78	81	73	408
Chassis 2	56	67	65	47	74	76	385
Final	156	176	166	144	160	182	984
Door	32	34	54	41	49	57	267
Frame	67	50	47	72	24	62	322

ที่มา: จากการเก็บข้อมูลของผู้วิจัย

พบว่า Final Line มีเวลาการหยุดการทำงานของสายการประกอบมากที่สุด คือ 984 นาที โดยสาเหตุของการหยุดการทำงานของสายการประกอบมาจาก 8 ปัญหา ได้แก่ ปัญหาการเติมของเหลว (Filling) ที่เกินเวลามาตรฐาน ปัญหาการประกอบประตู (Assay Door) ปัญหาไม่มีสายพานมาร์บริด (Short Buffer) ปัญหาการตรวจสอบที่ลิ้มประกอบชิ้นส่วน (Inspect Alarm) ปัญหากลอนประตู (Bracket Body) ปัญหาส่งชิ้นส่วนประกอบผิด (Supply Wrong) ปัญหาการประกอบชิ้นส่วนผิดจากสายการผลิตก่อนหน้า (Assemble The Parts Wrong) และปัญหาประตูมีรอย (Door Trim Scratch) ดังภาพที่ 2

จากภาพที่ 2 แสดงแผนภูมิพาเรโตในการวิเคราะห์ปัญหา พบว่า ปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน คือ ปัญหาการเติมของเหลวที่เกินเวลามาตรฐาน เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดถึง 46.6 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด



ภาพที่ 2: ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ Final line
ที่มา: การวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกปัญหาการเติมของเหลวที่เกินเวลามาตราฐาน โดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS และการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรการเติมของเหลวโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตในกระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า

ทบทวนวรรณกรรม

สรณ์ศิริ เรืองโลก (2560) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาในเรื่องของการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเกี่ยวกับการจัดสมดุลในแต่ละสถานีการและการลดของเสียในกระบวนการผลิตให้กับบริษัทกรณีศึกษาที่ผลิตสมอลล์เอิร์ทลิตเบรกเกอร์ โดยเริ่มจากการหาเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีการทำงาน แล้วทำการวิเคราะห์การทำงานของคนร่วมกับเครื่องจักร โดยใช้แผนภูมิคน – เครื่องจักร ก่อนการปรับปรุงพบว่าเกิดความไม่สมดุลที่ 12 สายการผลิตทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตมีค่าต่ำ จากนั้นได้ทำการปรับปรุงสายการผลิตโดยใช้หลักการ ECRS แล้วทำการจัดสมดุลการผลิตใหม่ ภายหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 13 คน เหลือ 12 คน และประสิทธิภาพ ของสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 64.14 เป็นร้อยละ 87.80 ในการลดของเสียใน กระบวนการผลิต ก่อนการปรับปรุงพบว่ามูลค่าของของเสียในกระบวนการผลิตเกินเป้าหมายที่บริษัทกำหนดไว้ที่ต่ำกว่า 500 บาทต่อเดือน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียด้วยแผนภูมิแก๊งปลา หลังจากนั้นได้ ทำการปรับปรุงเพื่อลดของเสีย ภายหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดมูลค่าของเสีย จาก 1,387 บาทต่อเดือน เหลือ 487 บาทต่อเดือน

สมปรารถนา สายสงวนทรัพย์ (2560) ศึกษาหลักการแนวคิดการจัดสมดุลสายการผลิตสำหรับลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวด และรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้นสูงเกินกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากการศึกษาลักษณะการทำงานของแต่ละกระบวนการ และเก็บข้อมูลเวลาในการประกอบชิ้นงาน พบว่าทั้งหมด 5 กระบวนการที่มีรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อหนึ่งชิ้นสูงเกินกว่าเป้าหมายจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาสำหรับกระบวนการกรณีศึกษาทั้ง 5 กระบวนการ โดยแบ่งออกเป็น

ลักษณะงานย่อยและทำการศึกษาวเคราะห์กระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ จากนั้นทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดรอบเวลาการผลิตในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้นลดลงคิดเป็นร้อยละ 25.29% สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 91.67% และสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้นที่ตั้งไว้คือไม่เกิน 195 วินาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเป็นไปตามเป้าหมาย

นพดล ศรีพุทธา และคณะ (2563) ประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ผงซักฟอก โดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหลในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS ลดการไหลงานที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการ การรวมงานที่คล้ายกันเข้าด้วยกัน และจัดเรียงใหม่เพื่อให้เกิดความสมดุลของสายการผลิต โดยการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากคนทำงานมากเกินไป และลดระยะการไหลของผลิตภัณฑ์จากสถานีงานด้วยการวางผังเครื่องจักรใหม่ ผลการปรับปรุงปรากฏว่าสามารถลดคนทำงานลงจาก 12 คน เหลือ 9 คน ระยะการไหลของเครื่องจักร A ลดลงจาก 31.36 เมตร เป็น 24.41 เมตร เครื่องจักร B ลดลงจาก 26.48 เมตร เป็น 24.41 เมตร รอบเวลาของเครื่อง A และ B ลดลงจาก 397 วินาที เป็น 319 วินาที และ 354 วินาที เป็น 319 วินาทีตามลำดับ เป็นผลให้สมดุลสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 72% เป็น 92%

ชลิตา ชาญวิจิตร และณัฐภูมิ ว่องทรงพทย์ (2563) ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดสมดุลการผลิตและลดรอบเวลาในการผลิตรถยนต์ เนื่องจากประสบปัญหาการเกิดคอขวดในกระบวนการผลิตขั้นตอนการตรวจสอบมาตรฐานสถานีงานกันน้ำรั่วใต้ท้องรถและกันเศษหินเข้าตัวรถยนต์ ซึ่งมีสาเหตุมาจากพนักงานและวิธีการทำงานทำ รวมถึงปัญหาการทำงานที่ไม่สมดุลของพนักงาน โดยอาศัยหลักการ ECRS เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาในการลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการ จากการศึกษาพบว่าการจัดลำดับงานใหม่สามารถลดรอบเวลาในการผลิตในขั้นตอนการตรวจสอบมาตรฐานสถานีงานกันน้ำรั่วใต้ท้องรถและกันเศษหินเข้าตัวรถยนต์ของแต่ละจุดงานไม่ให้เกินเวลา 315 วินาทีต่อจุดงาน โดยสามารถลดเวลาของจุดงานดังนี้ จุดงานการแปะเทปกาวของพนักงานฝั่งซ้ายเวลาเดิมในการทำงาน 273 วินาที เป็น 255 วินาที จุดงานการแปะเทปกาวของพนักงานฝั่งขวาเวลาเดิมในการทำงาน 277 วินาที เป็น 262 วินาที จุดงานกันน้ำรั่วใต้ท้องรถฝั่งซ้ายเวลาเดิมในการทำงาน 340 วินาที เป็น 264 วินาที ส่วนจุดงานกันน้ำรั่วใต้ท้องรถฝั่งขวาเวลาเดิมในการทำงาน 310 วินาที เป็น 265 วินาที จุดงานป้องกันเสียงรบกวนจากเศษหินมากระทบใต้ท้องรถเวลาเดิมในการทำงาน 276 วินาที เป็น 255 วินาที และจุดงานดึงเทปกาวเวลาเดิมในการทำงาน 211 วินาที เป็น 311 วินาที โดยค่าประสิทธิภาพสมดุลสายการผลิตจากเดิม 82.25% หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 86.38% และการสูญเสียสมดุลสายการผลิตจากเดิม 17.75% หลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 13.62%

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัจจุบัน

การดำเนินงานวิจัยได้ดำเนินการศึกษาการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ในกระบวนการประกอบรถยนต์ Final Line ซึ่งมีขั้นตอนในการทำงานแบ่งเป็นสถานีงานทั้งสิ้น 14 สถานี ดังนี้ สถานีที่ 1 ประกอบคิ้วล้อ สถานี

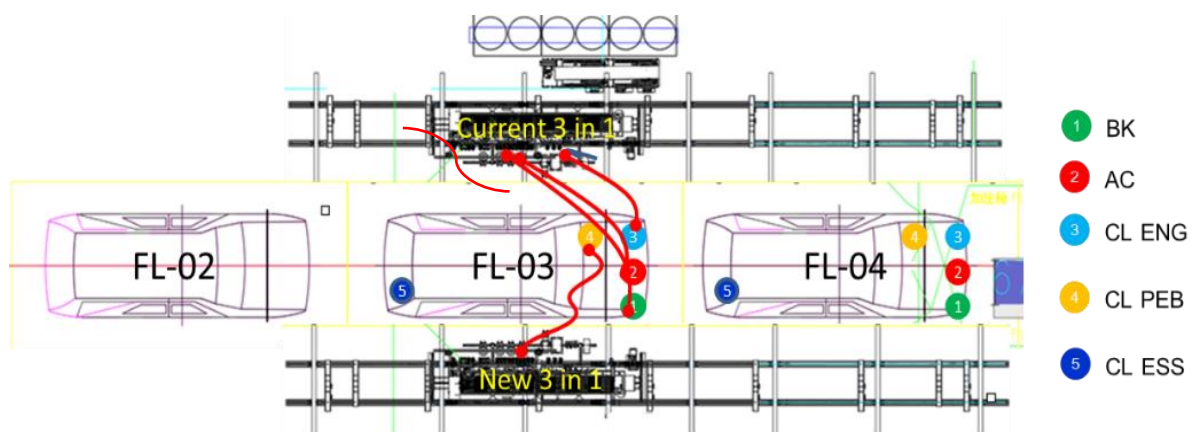
ที่ 2 ประกอบพวงมาลัย สถานีที่ 3 เต็มของเหลว สถานีที่ 4 ลงโปรแกรมไนรล (ECOS1) สถานีที่ 5 ประกอบแผงฝาครอบท้ายรถ สถานีที่ 6 เต็มน้ำมันเชื้อเพลิง สถานีที่ 7 ตรวจสอบการประกอบ สถานีที่ 8 ประกอบประตู สถานีที่ 9 ประกอบชุดแต่งประตู สถานีที่ 10 ตรวจสอบประตูของรถ สถานีที่ 11 ตรวจสอบการประกอบฝากระโปรง สถานีที่ 12 ตรวจสอบโปรแกรม (ECOS2) สถานีที่ 13 ประกอบกระจกสามเหลี่ยม สถานีที่ 14 ตรวจสอบก่อนทดสอบระบบ ซึ่งมี 2 สถานีงานที่ไม่ได้ทำการศึกษา คือ สถานีงานการตรวจสอบการประกอบ (สถานีที่ 7) และสถานีงานตรวจสอบสภาพก่อนเข้าทดสอบรถ (สถานีที่ 14) เนื่องจากในวิจัยนี้จะเน้นการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต จากการศึกษาแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) ทั้ง 12 สถานีงาน เพื่อบันทึกขั้นตอนการทำงานและเวลาในการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า รายละเอียดดังตารางที่ 2 โดยแต่ละสถานีงานจะมีการแบ่งการทำงานออกเป็นฝั่งขวา (Right: R) และฝั่งซ้าย (Left: L) ทำการจับเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานย่อย

ตารางที่ 2: เวลาการทำงานเฉลี่ยของ Final Line ในแต่ละสถานีงาน

สถานีการทำงาน	สัญลักษณ์					หน่วยเวลา
	○	⇒	□	D	▽	
สถานีการทำงาน 01 R	76.83	26.79	8.17	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 01 L	76.83	26.79	8.17	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 02 R	74.81	23.94	0	4.78	7.91	วินาที
สถานีการทำงาน 02 L	76.1	46.24	7.76	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 03 R	61.36	24.34	15.96	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 03 L	349.66	0	0	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 04	50.01	20.91	13.25	38.11	25.85	วินาที
สถานีการทำงาน 05 R	80.23	54.81	10	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 06 L	79.39	48.01	0	0	5.29	วินาที
สถานีการทำงาน 08 R	101.16	30.11	5.23	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 08 L	101.16	30.11	5.23	0	0	วินาที
สถานีการทำงาน 09 R	70.19	40.03	0	0	6.39	วินาที
สถานีการทำงาน 09 L	70.19	40.03	0	0	6.39	วินาที
สถานีการทำงาน 12	69.82	30.26	10.87	53.25	7.8	วินาที
สถานีการทำงาน 13 R	83.85	47.59	0	0	9.5	วินาที
รวมทั้งหมด	1421.59	489.96	84.64	96.14	69.13	วินาที
		2,185.23				วินาที

ที่มา: จากการเก็บข้อมูลของผู้วิจัย

จากตารางที่ 2 พบว่าสถานีงานที่ 3 เป็นการเติมของและการประกอบถุงลมนิรภัยมีพนักงาน 2 คน โดยจะแบ่งออกเป็นฝั่งซ้าย (สถานีการทำงาน 03 L) และฝั่งขวา (สถานีการทำงาน 03 R) จะเริ่มทำงานพร้อมกันมีเวลาการทำงานทั้งหมดเท่ากับ 451.32 วินาที ฝั่งขวาจะเป็นการประกอบถุงลมนิรภัย ซึ่งมีรายละเอียดการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 16 ขั้นตอน ใช้เวลาในการประกอบไปทั้งหมด 101.66 วินาที ฝั่งซ้ายจะเป็นการเติมของเหลวโดยพนักงานมีรายละเอียดการปฏิบัติงาน 30 ขั้นตอน ใช้เวลาทำงานทั้งหมด 349.66 วินาที ซึ่งเป็นการดำเนินงานที่ใช้เวลาทำงานมากที่สุด ผู้วิจัยจึงจะปรับปรุงการทำงานในสถานี 03 L การเติมของเหลว โดยการเติมของเหลวจะทำด้วยพนักงานฝั่งซ้าย การเติมของเหลวจะเติมที่เครื่องเติมของเหลวที่อยู่ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของสถานีที่ 3 การเติมของเหลว (3 In 1 Filling Machine) ในการเติมของเหลวทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำยาแอร์ (Air Condition: AC) น้ำมันเบรก (Brake Fluid: BK) และน้ำยาหล่อเย็น (Coolant: CL) ประกอบด้วย น้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน (Coolant Power Electronic Brake: CL PEB) น้ำยาหล่อเย็นของแบตเตอรี่ (Coolant Energy Storage System: CL ESS) และน้ำยาหล่อเย็นของเครื่องยนต์ (Coolant Engine: CL ENG) มีเครื่องเติมของเหลวมีจำนวน 2 เครื่อง ติดตั้งอยู่ด้านซ้ายและขวาของสถานีที่ 3 โดยแต่ละเครื่องจะมีหัวเติมทั้งหมด 5 หัวเติม ได้แก่ หัวเติมน้ำมันเบรก 2 หัว หัวเติมน้ำยาแอร์ 1 หัว และหัวเติมน้ำยาหล่อเย็น 2 หัว โดยการเติมของเหลวของยานยนต์ไฟฟ้า มีการเติมของเหลวอยู่ 5 ตำแหน่ง มีลำดับการเติมของเหลวดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 : ลำดับการเติมของเหลวก่อน สถานีที่ 3 ฝั่งซ้าย

ที่มา: จากกระบวนการผลิตโรงงานการศึกษา

2. ศึกษาสมดุลการทำงานหรือการประกอบปัจจุบัน

ทำการศึกษามูลค่าการทำงานหรือการประกอบปัจจุบันของการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า ในส่วนสถานีงานการประกอบ Final Line มีรายละเอียดดังนี้

2.1 รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time)

รอบเวลาการทำงานรวมเท่ากับ 2,185.23 วินาที รอบเวลาการทำงานมากที่สุดของกระบวนการเท่ากับ 349.66 วินาที นั่นคือเวลาของสถานีงานที่ 03L สถานีการเติมของเหลว

2.2 ความเร็วการผลิต (Takt Time)

โดยผู้วิจัยทำการศึกษา ความเร็วการผลิตในการผลิตต่อ 1 หน่วย ซึ่งความเร็วการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาจะคำนวณค่าประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานหักเวลาเพื่อเข้าไปด้วย จะแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

กำหนดให้ เวลาในการผลิต 1 วันของโรงงานกรณีศึกษาเท่ากับ 28,800 วินาที

เป้าหมายในการผลิต 1 วัน เท่ากับ 128 คัน

การคำนวณความเร็วการผลิตที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน

$$\text{Takt Time (T/T)} = \frac{\text{เวลาในการผลิต}}{\text{เป้าหมายในการผลิต}}$$

$$\text{Takt Time (T/T)} = \frac{\text{เวลาในการผลิต}}{\text{เป้าหมายในการผลิต}}$$

$$= \frac{28800 \text{ วินาที/วัน}}{128 \text{ คัน/วัน}}$$

$$= 225 \text{ วินาที/คัน}$$

2.3 ผลผลิตภาพ (Productivity)

จากการศึกษาหาผลผลิตภาพ (Productivity) ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในการบริหารจัดการต้นทุนทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น วัตถุดิบ เวลา และบุคลากร งานวิจัยนี้ทำการศึกษาศึกษาเพื่อศึกษาความคุ้มค่าของการใช้ทรัพยากรในการทำการผลิตรถยนต์ต่อคัน ต่อชั่วโมงทำงาน และต่อพนักงานในการทำงาน

กำหนดให้ - เวลาในการผลิต 1 วันของบริษัทกรณีศึกษาเท่ากับ 8 ชั่วโมง
- เป้าหมายในการผลิต 1 วัน เท่ากับ 128 คัน

$$\text{Productivity} = \frac{\text{ปริมาณที่ผลิตต่อวัน}}{\text{จำนวนพนักงาน} \times \text{เวลาที่ใช้ทำงาน}}$$

$$= \frac{128 \text{ คันต่อวัน}}{1 \text{ คน} \times 8 \text{ ชั่วโมงต่อวัน}}$$

$$= 16 \text{ คันต่อชั่วโมงแรงงาน}$$

2.4 ประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบ (E_b)

จากการศึกษาเวลาการทำงานทั้งหมด รอบเวลาการผลิต ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาศึกษาประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบปัจจุบัน สามารถคำนวณประสิทธิภาพสายการ ประกอบได้ดังนี้

กำหนดให้ - ก่อนการปรับปรุง เวลาการทำงานทั้งหมด 2,185.23 วินาที
- ก่อนการปรับปรุง รอบเวลาการผลิตที่มากที่สุด 349.66 วินาที
- หลังการปรับปรุง เวลาการทำงานทั้งหมด 2,066.76 วินาที
- หลังการปรับปรุง รอบเวลาการผลิตที่มากที่สุด 175 วินาที
- จำนวนสถานีงาน 14 สถานี

สูตรคำนวณ

$$Eb = \frac{\text{เวลาทำงานทั้งหมด}}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{รอบเวลาการผลิตที่มากที่สุด}} \times 100$$

$$\begin{array}{ll} \text{ก่อนการปรับปรุง} & \text{หลังการปรับปรุง} \\ \frac{2,185.23}{14 \times 349.66} \times 100 & \frac{2,066.76}{14 \times 175} \times 100 \\ = 44.64\% & = 84.36\% \end{array}$$

2.5 ค่าการเสียสมดุลของสายการประกอบ (d)

จากการศึกษาประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบ ทำให้ทราบถึงค่าการเสียสมดุลของสายการประกอบ

สามารถคำนวณได้ดังนี้

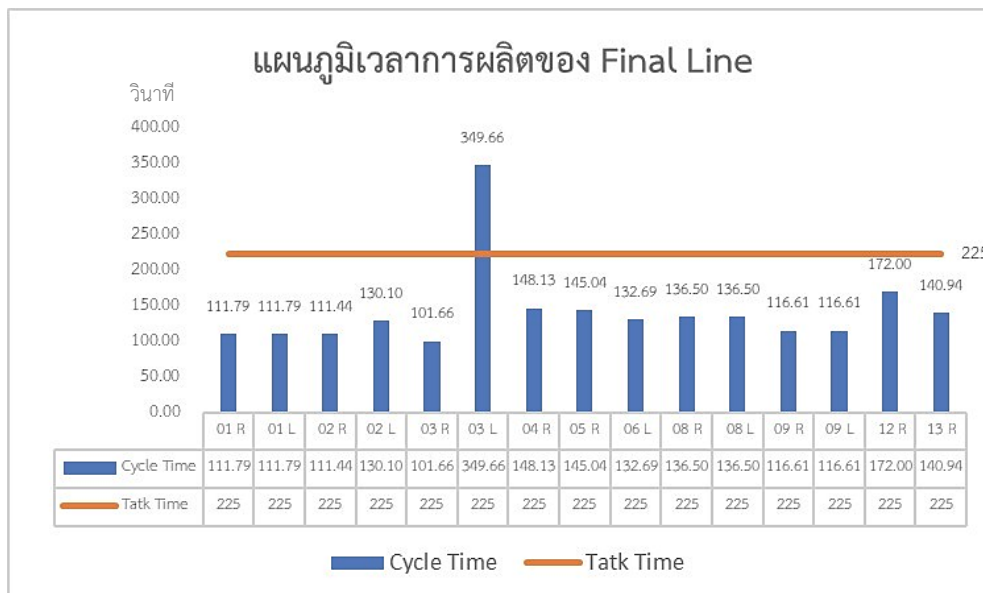
สูตรคำนวณก่อนการปรับปรุง

$$\begin{aligned} d &= 100\% - Eb \\ &= 100\% - 44.64\% \\ &= 55.36\% \end{aligned}$$

สูตรคำนวณหลังการปรับปรุง

$$\begin{aligned} d &= 100\% - Eb \\ &= 100\% - 84.36\% \\ &= 15.64\% \end{aligned}$$

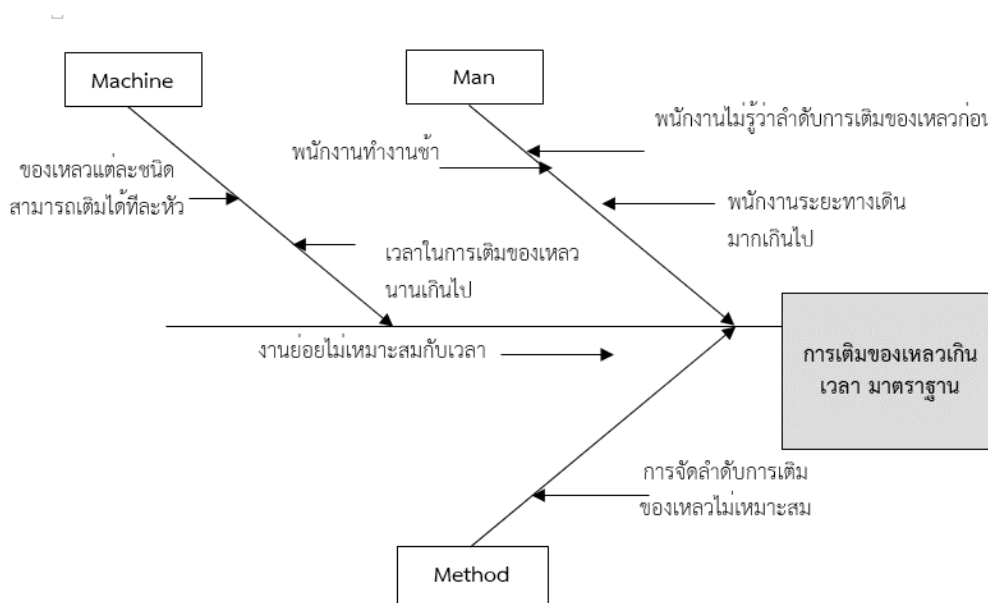
จากการศึกษาเวลาและสมดุลการประกอบสถานีการประกอบ Final Line ทำให้ทราบว่าความเร็วการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เท่ากับ 225 วินาทีต่อสถานี มีรอบเวลาการทำงานมากที่สุดของกระบวนการเท่ากับ 349.66 วินาที ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีประสิทธิภาพความสมดุลของสายการประกอบอยู่ที่ 44.64% และมีค่าการเสียสมดุลของสายการประกอบเท่ากับ 55.36% แสดงการศึกษาเวลาของสถานีการประกอบ Final Line ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 : เวลาในการทำงานของไลน์การผลิต Final Line

ที่มา: จากกระบวนการผลิตโรงงานกรณีศึกษา

จากการศึกษาเวลาในการทำงานของกระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้าของส่วน Final Line พบว่า กระบวนการเติมของเหลวมีรอบความเร็วการผลิตเกินเวลามาตรฐานของสถานีงาน 03L สถานีการเติมของเหลว เนื่องจากการเติมของเหลวของยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีตำแหน่งการเติม 5 ตำแหน่ง ซึ่งรถรุ่นอื่น ๆ มีเติมของเหลว 3 ตำแหน่ง จึงทำให้เกิดปัญหาการทำงานเกินเวลามาตรฐานของสถานีการเติมของเหลว (Filling Over Takt Time) ผู้วิจัยได้นำปัญหาดังกล่าวมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาการเติมของเหลวเกินเวลามาตรฐาน แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5: แผนภาพแสดงปัญหาการเติมของเหลวเกินเวลามาตรฐาน
ที่มา: จากการเก็บข้อมูลของผู้วิจัย

จากภาพที่ 5 พบว่าปัญหาการเติมของเหลวนานเกินเวลามาตรฐานมีสาเหตุเกิดจากไม่มีมาตรฐานในการปรับค่าการเติมของเหลวให้เหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้า พนักงาน (Man) ทำงานช้าและไม่รู้ลำดับการเติมของเหลว กระบวนการทำงาน (Method) ปัญหาที่พบคือการจัดลำดับงานย่อยไม่เหมาะสมกับเวลา โดยผู้วิจัยกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: แนวทางการแก้ไขปัญหา

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
งานย่อยไม่เหมาะสมกับเวลา	ใช้หลักการ ECRS ในการแก้ปัญหา
การจัดลำดับการเติมชนิดของเหลวไม่เหมาะสม	ใช้หลักการ ECRS ในการแก้ปัญหา
ไม่มีมาตรฐานในการปรับค่าการเติมของเหลวให้เหมาะสม	ใช้หลักการ One Way ANOVA ในการแก้ปัญหา

ที่มา: ผู้วิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานด้วยการใช้หลักการ ECRS

1.1 งานย่อยไม่เหมาะสมกับเวลา

แนวทางในการปรับปรุงการทำงานจะนำหลักการทฤษฎีการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวมาใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยจะพิจารณาขั้นตอนงานย่อยทุกกิจกรรมในสถานีนงาน ซึ่งจะทำให้เห็นถึงเวลาที่กิจกรรมในแต่ละสถานีนงานใช้เวลาต่างกัน และจัดเรียงลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม การจัดสมดุลการผลิตของสายการประกอบ Final Line สถานีนงานที่ 3 ผังซ้ายจะอาศัยหลักการ ECRS การจัดเรียงใหม่ (Rearrange) ย้ายงานทำก่อน-หลังไปสถานีนงานอื่นจำนวน 5 สถานี ดังนี้ สถานีนงานที่ 02 สถานีนประกอบพวงมาลัย สถานีนงานที่ 3 สถานีเดิมของเหลว สถานีนงานที่ 4 สถานีลงโปรแกรมในรถ (ECOS1) สถานีนงานที่ 5 สถานีประกอบแผงฝาครอบท้ายรถ สถานีนงานที่ 6 สถานีเติมน้ำมันเชื้อเพลิง รายละเอียดดังตารางที่ 4 ขั้นตอนการจัดงานย่อยใหม่ และตารางที่ 5 ขั้นตอนการทำงานก่อน-หลังปรับปรุง

ตารางที่ 4: ขั้นตอนการจัดงานย่อยใหม่ของสถานีนงานที่ 3 ผังซ้าย

ขั้นตอนที่โยกย้ายการทำงาน	หมายเหตุ
2. ประกอบฝาครอบเครื่องยนต์ (Cover Engine)	ย้ายไปสถานีนงานที่ 6
3. เปิดฝาน้ำห้องเครื่องทั้ง 4 ฝา	ย้ายไปสถานีนงานที่ 2 ผังขวา
4. เสียบปลั๊กสาย OBD	ย้ายไปสถานีนงานที่ 3 ผังขวา
11. เดินมาแสกน VIN	ย้ายไปสถานีนงานที่ 3 ผังขวา
14. เปิดฝาน้ำยาหล่อเย็นแบตเตอรี่	ย้ายไปสถานีนงานที่ 2 ผังซ้าย
17. ปิดฝาน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์	ย้ายไปสถานีนงานที่ 5
18. ปิดฝาน้ำยาหล่อเย็นมอเตอร์	ย้ายไปสถานีนงานที่ 5
27. ปิดฝาน้ำยาแอร์และน้ำมันเบรก	ย้ายไปสถานีนงานที่ 5
28. ถอดปลั๊กสาย OBD	ย้ายไปสถานีนงานที่ 4
30. ปิดฝาน้ำยาหล่อเย็นแบตเตอรี่	ย้ายไปสถานีนงานที่ 5

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 5: ขั้นตอนการทำงานก่อน-หลังปรับปรุง

สถานี	ก่อนปรับปรุง						หลังปรับปรุง					
	○	➡	□	◇	▽	รวม	○	➡	□	◇	▽	รวม
สถานีนงานที่ 02L	10	9	1	-	-	130.10	11	9	1	-	-	134.60
สถานีนงานที่ 02R	8	7	1	-	1	111.44	9	7	1	-	1	114.16
สถานีนงานที่ 03R	11	3	2	-	-	101.66	14	3	2	-	-	124.14
สถานีนงานที่ 04R	23	2	2	4	3	296.29	24	2	2	4	3	303.30
สถานีนงานที่ 05R	11	12	1	-	-	145.04	13	12	1	-	-	166.67
สถานีนงานที่ 06L	17	19	-	-	1	132.69	19	19	-	-	1	146.19

ที่มา: ผู้วิจัย

จากตารางที่ 5 ขั้นตอนการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง พบว่า สถานีงานที่ 2 ผึ่งซ้าย มีขั้นตอนปฏิบัติเพิ่มขึ้น 1 ขั้นตอน มีเวลาการทำงานหลังปรับปรุงรวมเท่ากับ 134.60 วินาที สถานีงานที่ 2 ผึ่งขวา มีขั้นตอนปฏิบัติเพิ่มขึ้น 1 ขั้นตอน มีเวลาการทำงานหลังปรับปรุงรวมเท่ากับ 114.16 วินาที สถานีงานที่ 3 ผึ่งขวา มีขั้นตอนปฏิบัติเพิ่มขึ้น 3 ขั้นตอน มีเวลาการทำงานหลังปรับปรุงรวมเท่ากับ 124.14 วินาที สถานีงานที่ 4 ผึ่งขวา มีขั้นตอนปฏิบัติเพิ่มขึ้น 1 ขั้นตอน มีเวลาการทำงานหลังปรับปรุงรวมเท่ากับ 303.30 วินาที สถานีงานที่ 5 ผึ่งขวา มีขั้นตอนปฏิบัติเพิ่มขึ้น 2 ขั้นตอน มีเวลาการทำงานหลังปรับปรุงรวมเท่ากับ 166.67 วินาที และสถานีงานที่ 6 ผึ่งซ้าย มีขั้นตอนปฏิบัติเพิ่มขึ้น 2 ขั้นตอน มีเวลาการทำงานหลังปรับปรุงรวมเท่ากับ 146.19 วินาที

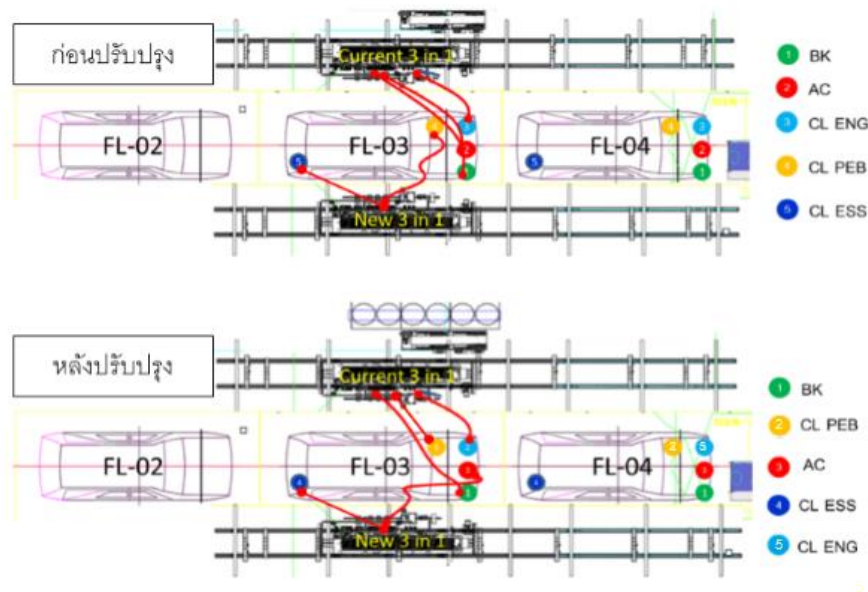
1.2 การจัดลำดับการเติมชนิดของเหลวไม่เหมาะสม

ปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการประกอบสถานีงานที่ 3 ผึ่งซ้าย โดยการใช้หลักการ ECRS การจัดเรียงใหม่ (Rearrange) จากการศึกษาเวลาการทำงานร่วมกันของคนและเครื่องจักรของสถานีที่ 3 ผึ่งซ้าย พบว่าการเติมของเหลว (Filling Machine) ใช้เวลาทำงานสิ้น 349.66 วินาที โดยคนทำงานร่วมกับเครื่องจักรด้านซ้ายใช้เวลาการทำงาน 160 วินาที และคนทำงานร่วมกับเครื่องจักรด้านขวาใช้เวลาการทำงาน 165 วินาที นอกจากนั้นจะเป็นเวลาว่างงานถึง 24.66 วินาที เนื่องจากไม่มีลำดับการเติมของเหลวที่เหมาะสม รวมถึงการรอกการเติมของเหลวให้ได้ปริมาตรที่กำหนด ผู้วิจัยจึงต้องจัดเรียงลำดับการเติมของเหลวใหม่รวมกับการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรการเติมของเหลว โดยลำดับการเติมชนิดของเหลวใหม่มีรายละเอียดดังนี้

- 1) เติมน้ำมันเบรก โดยใช้เครื่องเติมของเหลวด้านซ้ายในการเติมน้ำมันเบรก
- 2) เติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยใช้เครื่องเติมของเหลวด้านซ้ายในการเติมน้ำยาหล่อเย็นโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน
- 3) เติมน้ำยาแอร์ โดยใช้เครื่องเติมของเหลวด้านขวาในการเติมน้ำยาแอร์
- 4) การเติมน้ำยาหล่อเย็นของแบตเตอรี่ โดยใช้เครื่องเติมของเหลวด้านขวาในการเติมน้ำยาหล่อเย็นของแบตเตอรี่
- 5) เติมน้ำยาหล่อเย็นของเครื่องยนต์ โดยใช้เครื่องเติมของเหลวด้านซ้ายในการเติมน้ำยาหล่อเย็นของเครื่องยนต์ แสดงดังภาพที่ 6

2. การปรับค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ของเครื่องจักรการเติมของเหลวโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA)

จากการศึกษาความดันของเครื่องปั๊มในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำยาหล่อเย็นสำหรับเครื่องยนต์ น้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน และน้ำยาหล่อเย็นสำหรับแบตเตอรี่ ชาร์จ ซึ่งมีผลต่อเวลาของการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด ที่ปริมาตรของน้ำยาหล่อเย็นคงที่ เท่ากับ 5000 ml ซึ่งปัจจุบันการเติมน้ำยาหล่อเย็นที่โรงงานกรณีศึกษาจะใช้ที่ความดันที่ 1400 mbar, 1200 mbar และ 1100 mbar โดยการกำหนดค่าความดันในการเติมสารหล่อเย็นยังไม่มีมาตรฐานในการปรับค่า พนักงานจึงปฏิบัติตามประสบการณ์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความดันที่ส่งผลต่อเวลาในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด โดยทดสอบกับยานยนต์ไฟฟ้า 20 คัน ข้อมูลตัวอย่างการทดสอบของการเติมน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์ดังตารางที่ 6



ภาพที่ 6 : ลำดับการเติมของเหลวก่อนและหลังปรับปรุง สถานีที่ 3 ฟังซ้าย
ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 6: ข้อมูลการทดลองของการเติมน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์

ลำดับ	ความดัน (mbar)			เวลา	ลำดับ	ความดัน (mbar)			เวลา
	1400	1200	1100			1400	1200	1100	
1	95.5	86.5	82	วินาที	11	96.1	85.1	81.5	วินาที
2	95.3	85.2	82.8	วินาที	12	96.4	85.5	82.1	วินาที
3	95.6	86.6	82.1	วินาที	13	95.9	85.7	81.9	วินาที
4	93.3	85.5	82.7	วินาที	14	96	86.2	81.4	วินาที
5	99	86	81.8	วินาที	15	96.3	86.5	82.1	วินาที
6	96.1	87.1	82.5	วินาที	16	96.5	85.5	81.8	วินาที
7	96.3	86.1	82.6	วินาที	17	96.4	85.3	82.3	วินาที
8	96.6	86.8	81.8	วินาที	18	96.3	86.1	82.1	วินาที
9	96.3	85.9	81.7	วินาที	19	96.2	86.4	82	วินาที
10	96.8	86.4	82.4	วินาที	20	95.6	86.4	82.3	วินาที

ที่มา: ผู้วิจัย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อศึกษาระดับความดันปั๊มในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด โดยใช้โปรแกรม Minitab ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีสมมติฐานการทดลองได้ดังนี้

$$H_0: \mu_{1400} = \mu_{1200} = \mu_{1100}$$

(ความดันของปั๊มไม่มีผลต่อเวลาในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด)

$$H_1: \mu_{1400} \neq \mu_{1200} \neq \mu_{1100}$$

(ความดันของปั๊มมีผลต่อเวลาในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด)

แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 7 - ตารางที่ 9

ตารางที่ 7: ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
ความดันการเติมน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์	2	2094.07	1047.04	2145.65	0.000
Error	57	27.82	0.49		
Total	59	2121.89			

S = 0.6986 R-Sq = 98.69% R-Sq(adj) = 98.64%

ตารางที่ 8: ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
ความดันการเติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน	2	2650.26	1325.13	36917.07	0.000
Error	57	2.05	0.04		
Total	59	2652.30			

S = 0.1895 R-Sq = 99.92% R-Sq(adj) = 99.91%

ตารางที่ 9: ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
ความดันการเติมน้ำยาหล่อสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จ	2	298.70	149.35	1548.48	0.000
Error	57	5.498	0.096		
Total	59	304.19			

S = 0.3106 R-Sq = 98.19% R-Sq(adj) = 98.13%

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของระดับความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิดมีผลต่อเวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์หาระดับความดันปัมที่เหมาะสมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี Response Optimizer

2.1 การกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสม (Response Optimization)

การหากระดับปัจจัยที่เหมาะสมของระดับความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็น 3 ชนิด คือน้ำยาหล่อเย็นสำหรับเครื่องยนต์ น้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน และน้ำยาหล่อเย็นสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จ ที่มีผลต่อเวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็น ในการปรับตั้งหาค่าระดับปัจจัยจะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab โดยมีเป้าหมาย (Goal) คือ ใช้เวลาในการเติมน้อยที่สุด ซึ่งจะคำนวณค่าระดับความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นที่เหมาะสมที่สุดดังตารางที่ 10 – ตารางที่ 12

ตารางที่ 10 : การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์

Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
ปริมาณของเสีย	Minimum	-	81.4	99	1	1

Goalball Solution ความดันการเติมน้ำยาหล่อเย็นเครื่องยนต์ = 1100

Predicted Response เวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็น = 82.10, desirability = 0.9605

Composite Desirability = 0.9605

ตารางที่ 11: การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน

Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
ปริมาณของเสีย	Minimum	-	65.7	82.5	1	1

Goalball Solution ความดันการเติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน = 1100

Predicted Response เวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็น = 66.06, desirability = 0.9786

Composite Desirability = 0.9786

ตารางที่ 12: การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จ

Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
ปริมาณของเสีย	Minimum	-	76.13	82.9	1	1

Goalball Solution ความดันการเติมน้ำยาหล่อเย็นสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จ = 1100

Predicted Response เวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็น = 76.48, desirability = 0.9481

Composite Desirability = 0.9481

จากการวิเคราะห์ระดับปัจจัยสรุปได้ว่าควรปรับค่าความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นที่ 1100 mbar จะส่งผลต่อเวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็นของทั้ง 3 ชนิดน้อยที่สุด คือ เวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็นสำหรับเครื่องยนต์ใช้เวลา 82.10 วินาที เวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนใช้เวลา 66.06 วินาที และเวลาการเติมน้ำยาหล่อเย็นสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จใช้เวลา 76.48 วินาที หลังปรับปรุงการจัดลำดับการเติมชนิดของเหลว และปรับค่าความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็นของสถานีที่ 3 ผังสาย ที่ 1100 mbar โดยนำผลการวิเคราะห์ไปทดสอบการทำงานของสถานีการเติมของเหลว พบว่า การจัดเรียงลำดับการเติมของเหลวใหม่ร่วมกับปรับค่าความดันปัมในการเติมน้ำยาหล่อเย็น ใช้เวลาทำงานสั้น 175 วินาที โดยคนทำงานร่วมกับเครื่องจักรด้านซ้ายใช้เวลาการทำงาน 157 วินาที และคนทำงานร่วมกับเครื่องจักรด้านขวาใช้เวลาการทำงาน 107 วินาที

สรุป

จากการศึกษากระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้าของสายการประกอบในส่วนของ Final Line บางกระบวนการประกอบมีรอบความเร็วการผลิต (Takt Time) เกินเวลามาตรฐาน จากการศึกษาลักษณะการทำงานของแต่ละสถานีงานในการประกอบยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 12 สถานีงาน พบว่า สถานีงานที่มีรอบเวลาการ

ประกอบยานยนต์ไฟฟ้ามากที่สุด คือ สถานีงานที่ 3 การเติมของเหลวฝั่งซ้าย โดยสาเหตุของปัญหาเกิดจากการทำงานย่อยไม่เหมาะสม การจัดลำดับการเติมของเหลวไม่เหมาะสม และเวลาในการเติมของเหลวนานเกินไป จึงทำการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการประกอบยานยนต์ไฟฟ้าและใช้หลักการ One Way ANOVA รวมถึงวิเคราะห์ด้วย Response Optimizer ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรในกระบวนการการเติมของเหลวที่เหมาะสม

ผลการศึกษาพบว่า สถานีงานที่ 3 ฝั่งซ้ายสามารถปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยการลดงานย่อยใหม่ การจัดเรียงลำดับการเติมของเหลวใหม่ และการปรับค่าความดันของเครื่องปั๊มในการเติมน้ำยาหล่อเย็น คือ การเติมน้ำยาหล่อเย็นสำหรับเครื่องยนต์ การเติมน้ำยาหล่อเย็นของโมดูลควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน และการเติมน้ำยาหล่อเย็นสำหรับแบตเตอรี่ชาร์จที่ 1100 mbar ทำให้สามารถผลิตได้ทันรอบเวลาผลิต โดยสถานีงานที่ 3 ฝั่งซ้ายจากเดิมเวลามาตรฐานเท่ากับ 349.66 วินาที ลดลงเหลือ 175 วินาที ประสิทธิภาพสมดุลการประกอบเดิมเท่ากับ 44.64% เพิ่มขึ้นเป็น 84.36% และค่าการเสียสมดุลจากเดิม 55.36% ลดลงเหลือ 15.64%

เอกสารอ้างอิง

- ชลิดา ชาญวิจิตร และ ญัฐภูมิ ว่องทรัพย์ทวี. (2563). การจัดสมดุลการผลิตเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิตรถยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์. ใน *นวัตกรรมงานวิจัยในยุค 5.0. การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2563 ครั้งที่ 7* (น.281-288)
- นพดล ศรีพุทธา, จิตตานันท์ โฆษิตวัฒน์ และดอน แก้วดก. (2563). การลดความสูญเปล่าในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ผงซักฟอกด้วยการใช้เทคนิค ECRS. ใน *Production Technology and Management for Improving Smart Farming. การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ 2020 ครั้งที่ 5* (น.190-196).
- สมปรารถนา สายสงวนทรัพย์. (2560). การปรับปรุงกระบวนการด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษากระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องวงจรปิด [ค้นคว้าอิสระมหาบัณฑิต]. TU Digital Collections. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:126648
- สรณ์ศิริ เรืองโลก. (2560). การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตสมอลส์แอร์ทรีคเบรกเกอร์ [ค้นคว้าอิสระมหาบัณฑิต]. TU Digital Collections. http://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:126639

การลดเวลาการหยิบวัตถุดิบภายในคลังสินค้าไปยังแผนการผลิต โดยวิธีการจำลอง
สถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim
REDUCTION PICKING TIME OF RAW MATERIAL WITHIN THE WAREHOUSE BY
FLEXSIM SIMULATION SOFTWARE

ภักดี ใจเชื้อ^{1*}, ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร²
Pakdee Jaisue^{1*}, Paitoon Sirioran²

^{1,2}คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2}Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding author, E-mail: pakdeejai@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อปรับปรุงและลดเวลาการทำงานของการทำงานการหยิบวัตถุดิบเมื่อมีการเบิก-จ่าย วัตถุดิบจากคลังสินค้าไปยังแผนการผลิตโดยใช้หลักการวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why-Why Analysis และการใช้โปรแกรม Flexsim ในการจำลองสถานการณ์แนวทางการแก้ไขปัญหาทั้ง 2 แบบคือ แผน A และแผน B โดยสร้างโมเดลต้นแบบที่มีเวลาการทำงานคล้ายคลึงกับการทำงานจริงมากที่สุดเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเปรียบเทียบเวลาที่ลดลงตามวัตถุประสงค์ เมื่อสร้างแบบจำลองที่ใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหา โมเดลต้นแบบ มีเวลาการทำงาน 12,551.41 วินาที มีจำนวนวัตถุดิบที่ต้องไปหยิบทั้งหมด 160 ชิ้น โมเดลแผน A สามารถลดเวลาการทำงานลงได้ 3,593.11 วินาที พื้นที่สำหรับการจัดเก็บวัตถุดิบจะกระจายอยู่ทั่วพื้นที่คลังทั้ง 7 Rack โดยแบ่งเป็นสัดส่วนเท่า ๆ กัน โมเดลแผน B เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดคือ 2969.6 วินาที พื้นที่ใช้วางสินค้าหรือวัตถุดิบใช้ 5 ชั้นวาง เวลาทำงานที่โปรแกรมจำลองออกมาได้ว่า โมเดลแผน A สามารถลดเวลาการทำงานได้มากกว่าแผน B แต่หากมองในมุมมองการนำไปปรับใช้งานจริงภายในคลังสินค้า แผน A มีการกำหนดพื้นที่กระจายทั่วคลัง กั้นพื้นที่ของสินค้าหรือวัตถุดิบประเภทอื่น ๆ ส่วนแผน B ที่ลดเวลาได้น้อยกว่าแผน A แต่มีการใช้พื้นที่ของชั้นวางน้อยกว่า

คำสำคัญ: ลดเวลาหยิบวัตถุดิบ คลังสินค้า วิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการ Why-Why โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim

ABSTRACT

The objective of this research is to improve and reduce the working time of raw material picking when disbursement and disbursement. The raw materials from the warehouse to the production plan using Why-Why Analysis principles and the Flexsim program to simulate the two problem-solving scenarios, Plan A and Plan B, and create a timely prototype. Working like a real one, it is used as a model to compare the time it takes to create a model that is used as a solution. The actual model had a working time of 12,540 seconds, and a total of

160 materials to be picked. Plan A model has a total run time of 3,593.11 seconds. Material storage space is spread across 7 tracks, divided equally. Model Plan B has run time of 2969.6 seconds, with 5 shelves used for inventory or raw materials. The Flexsim program simulates that Model A can reduce working time more than Plan B, but from the perspective of actual deployment within the warehouse, Plan A has a distribution area throughout the warehouse. Plan B takes up less time than Plan A but uses less shelf space.

Keywords: Time reduction, warehouse management, Why-Why Analysis, FlexSim Simulation Software

บทนำ

คลังสินค้าเป็นพื้นที่สำหรับจัดวาง จัดเก็บ โอนย้าย ทรัพยากรของบริษัทหรือโรงงานอุตสาหกรรม หน้าที่หลักคือ การเก็บรักษาสินค้าหรือวัตถุดิบก่อนถูกนำไปส่งต่อไปยังกระบวนการต่อไป หากเป็นวัตถุดิบก็จะถูกส่งต่อไปยังพื้นที่ของการผลิต หากเป็นสินค้าสำเร็จรูปก็จะถูกส่งต่อไปยังลูกค้า ซึ่งระยะเวลาที่สินค้าหรือวัตถุดิบถูกเก็บรักษาก่อนถูกส่งต่อไปจะต้องใช้ความเชี่ยวชาญในเรื่องของการจัดการคลังสินค้า

การจัดการสินค้าคงคลังมีความสำคัญต่อธุรกิจและภาคอุตสาหกรรมอย่างมากโดยเฉพาะในส่วนของอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลาที่เมื่อลูกค้าต้องการสินค้านั้น ๆ ซึ่งการผลิตจะสามารถผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการจะต้องมีทรัพยากรหรือวัตถุดิบเตรียมพร้อมอยู่เสมอ ซึ่งวัตถุดิบที่แผนงานผลิตนำมาเข้าสู่กระบวนการจะถูกจัดเก็บอยู่ภายในคลังสินค้า การจัดการคลังสินค้าที่ดีควรมีการจัดเก็บและมีการเบิกจ่ายสินค้าหรือวัตถุดิบให้กับลูกค้าทั้งภายนอก หรือลูกค้าภายในอย่างถูกต้องและรวดเร็ว เพื่อให้การดำเนินการของกิจการดำเนินไปอย่างราบรื่น ซึ่งการจัดการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับรายการสินค้าในคลัง ตั้งแต่รวบรวม จัดบันทึกสินค้ารับเข้า-จ่ายออก การควบคุมให้มีสินค้าคงเหลือในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้สินค้าที่มีอยู่ตรงตามความต้องการของลูกค้า หากไม่มีสินค้าเพียงพอจะทำให้เกิดความเสียหายแก่กระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้คนงานว่างงาน เครื่องจักรถูกปิด หรือผลิตไม่ทันคำสั่งซื้อของลูกค้าได้

ปฏิเสธไม่ได้เลยว่าบ่อยครั้งการผลิตสินค้าเกิดความล่าช้า ส่วนหนึ่งมาจากปัญหาการเบิกจ่ายวัตถุดิบ ซึ่งจากการศึกษาของโรงงานผลิตอาหาร ผู้วิจัยได้พบว่า ความผิดพลาดในการนับสินค้าคงเหลือและการบันทึกข้อมูลที่ถูกต้อง การจัดเก็บสินค้าที่ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย ไม่รวมประเภทสินค้าชนิดเดียวกันไว้ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน การเบิกจ่ายสินค้าให้กับแผนกผลิตเกิดความล่าช้า เนื่องจากไม่มีการบันทึกตำแหน่งการจัดเก็บของสินค้าที่รับเข้าในแต่ละวัน ซึ่งจะมีการบันทึกข้อมูลหนึ่งวันต่อสัปดาห์ทำให้ข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาการจัดเก็บสินค้าซึ่งการจัดเก็บในปัจจุบันไม่ได้มีการระบุตำแหน่งที่ชัดเจนเมื่อมีใบเบิกสินค้า ผู้ปฏิบัติงานค้นหาสินค้าเพื่อเบิกจ่ายเข้าสู่ฝ่ายผลิตใช้ระยะเวลาในการค้นหานั้นเกินความจำเป็น

งานวิจัยนี้ได้นำเอาเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาการตั้งคำถาม ทำไม-ทำไม หรือ Why-Why Analysis เพื่อวิเคราะห์และสืบค้นต้นตอของปัญหาที่เกิดขึ้นจากข้อร้องเรียนที่ได้รับ จากนั้นได้นำปัญหามาวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim เพื่อหาทางเลือกและแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่เกิดขึ้น

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้ในการศึกษาประเด็นปัญหาและเป็นแนวทางการค้นคว้าเป็นดังต่อไปนี้

คลังสินค้าของโรงงานผลิตบล็อกแก้ว

ชมุทธิ์ บันเทิงจิตร (2561) กระบวนการจัดเก็บถึงกระบวนการขนย้ายบล็อกแก้วออกจากคลังสินค้าเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดวางผังคลังสินค้าอย่างมีระบบและเพื่อลดเวลาในการขนย้ายบล็อกแก้วออกจากคลังสินค้าโดยในปัจจุบันใช้เวลา 0.7692 นาทีต่อการขนย้ายบล็อกแก้ว 1 พาเลท ซึ่งมากกว่าค่าดัชนีชี้วัดที่โรงงานตั้งเอาไว้ 0.6 นาที จากนั้นได้ดำเนินการโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบเอปซี มาช่วยในการจัดกลุ่มบล็อกแก้วตามปริมาณความต้องการขาย ทำการจำลองสถานการณ์ของผังคลังสินค้าแบบเก่าด้วยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim Simulation พบว่าใช้เวลา 0.75 นาทีต่อการขนย้ายบล็อกแก้ว 1 พาเลทหลังจากนั้นจึงออกแบบการจัดวางผังคลังสินค้าแบบใหม่ด้วยระบบการจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัวและการจัดวางผังสินค้าแบบเคลื่อนไหวยืดหยุ่นไว้ใกล้ประตูแล้วจึงทำการจำลองสถานการณ์ของคลังสินค้า และทำการการเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์ของคลังสินค้าแบบเก่ากับแบบใหม่พบว่า เวลาที่ใช้ในการขนย้ายบล็อกแก้วลดลงจาก 0.75 นาทีต่อพาเลทเหลือ 0.5455 นาทีต่อพาเลท หรือลดลง 0.2045 นาที คิดเป็นร้อยละ 27.27 ซึ่งอยู่ในค่าดัชนีชี้วัดที่โรงงานกำหนดไว้ ถ้าทางโรงงานนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้งานต่อไป ซึ่งอาจจะต้องมีการทดลองเพื่อปรับให้เข้ากับสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น

Tokgoz (2017) การศึกษาการจำลองสถานการณ์ โดยสร้าง 6 โมเดลตัวอย่าง สำหรับนักเรียนระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อศึกษาข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของตัวโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่ชื่อว่า Flexsim simulation เมื่อนักศึกษาได้ทดลองสร้างโมเดลตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่าข้อได้เปรียบของตัวโปรแกรมนั้นมีความเป็นมิตรและใช้งานง่าย สร้างความเข้าใจในการทำงานที่ไม่สามารถไปอยู่ในสถานการณ์จริงได้ เหมาะสมสำหรับใช้เพื่ออธิบายการทำงานและสร้างความคุ้นเคยก่อนที่นักศึกษาจะเข้าสู่ช่วงชั้นปีสุดท้ายของการเรียนในส่วนหัวข้อของเสีย งานวิจัยนี้ได้สรุปว่าความน่าเชื่อถือของตัวโปรแกรมนั้นไม่ได้ถูกต้องหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์เป็นข้อมูลที่ได้จากการจำลองในโปรแกรมซึ่งไม่รวม สภาพแวดล้อมภายนอกหรือสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น

แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

อลกรณ์ ฉัตรเมืองปัก และคณะ (2563, หน้า 211-219) การศึกษาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการทำงานของโรงงานผลิตกล่องกระดาษแห่งหนึ่ง โดยใช้เทคนิคในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้ทำการเก็บข้อมูลในการทำการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ และข้อมูลผังของโรงงานเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim โดยสร้างทางเลือกออกเป็น 3 แผนการเป็นแนวทางเพื่อใช้เปรียบเทียบหาแผนการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาจากผู้ปฏิบัติงาน นำมาวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการถาม ทำไม-ทำไม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ทางเลือกที่ 1 ที่ใช้การเพิ่มผู้ปฏิบัติงานเข้าไปช่วยในกระบวนการเพิ่มอีก 1 คนจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นกว่าทางเลือกที่ 2 ที่ใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียงคนเดียว และทางเลือกที่ 3 ที่ใช้การจัดหลักการจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) โดยการเปลี่ยนตำแหน่งจุดตรวจสอบรอยตัดกับจุดจัดเก็บสินค้าเพื่อให้ทำงานได้สะดวกมากขึ้นและมีระยะทางในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบสั้นลง

ซึ่งก่อนจะสามารถนำข้อมูล เข้าสู่โปรแกรมจำลองสถานการณ์ ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม ปัญหาการทำงานจากผู้ปฏิบัติงาน และวิธีการทำงานได้นำเอาข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการ ทำไม-

ทำไม (Why-Why Analysis) เพื่อหาจุดเริ่มต้นของปัญหาที่เกิดขึ้นและนำไปสู่แนวทางในการวางแผนเพื่อเสนอแนวความคิดการปรับปรุง และแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพมากที่สุด

จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์นันท และคณะ (2562, หน้า 36-45) ได้ศึกษาการลดเวลาในการหยิบสินค้าตามใบสั่งขาออกโดยการปรับปรุงตำแหน่งการจัดเก็บสินค้า โดยเรียงตามยอดขายและจัดพื้นที่ใหม่เพื่อให้สามารถหยิบสินค้าได้สะดวกมากขึ้นในลักษณะจัดเรียงสินค้าเป็นสองแถวหันหลังติดกันตามลำดับอักษร และกำหนดพื้นที่วางเพื่อให้รถโฟล์คลิฟสามารถเข้าไปตักสินค้าได้แม้สินค้าจะอยู่ด้านในสุด

$$\text{สูตรการคำนวณประสิทธิภาพที่ใช้คือ} = \frac{\text{เวลาทำงานก่อนปรับปรุง} - \text{เวลาทำงานหลังปรับปรุง}}{\text{เวลาทำงานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

จากที่ได้ทำการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปทฤษฎีที่จะนำไปใช้ได้ดังนี้

การจัดการคลังสินค้า

นันทวรรณ สมศรี และ ศุภฤกษ์ เหล็กดี (2563) ได้ให้ความหมายของสินค้าคงคลังและการบริหารสินค้าคงคลังดังนี้ สินค้าคงคลังเป็นสินค้าที่เก็บรักษาไว้ในคลังเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ หรือขายต่อได้ในอนาคต ส่วนการบริหารคลัง เป็นการวางแผนและควบคุมสินค้าคงคลังในระดับ ปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อถึงจุดสั่งซื้อ หรือจุดที่ต้องสั่งซื้อ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลาและมีการ เสียค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง ในการจัดการ สั่งซื้อ คงคลังร่วมต้องต่ำที่สุด

Why-Why Analysis

ชนเนษฐ์ ศรีระอ และคณะ (2563, หน้า 14-23) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เป็นเรื่องที่จะเป็น เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหา และให้เข้าใจถึงการใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปัญหาจำเป็นจะต้องศึกษาทฤษฎีและบทความต่าง ๆ แต่สิ่งที่จำเป็นที่สุดคือ การเข้าไปศึกษาปัญหาจากสถานที่จริง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพแวดล้อมการทำงาน และเกิดความเข้าใจในปัญหา จะส่งผลให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะช่วยในการทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น รวมถึงสามารถคิดหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้น จากการนำเครื่องมือที่ชื่อว่า Why-Why Analysis มาช่วยวิเคราะห์ ปัญหาที่มันเกิดขึ้น โดยใช้ในการสร้างคำถามจนกว่าจะเข้าใจสาเหตุที่แท้จริงของปัญหานั้น

Flexsim Simulation

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยการเลียนแบบสถานการณ์การทำงานของระบบการทำงานรูปแบบต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ระบบการผลิตในอุตสาหกรรม การบริการ ระบบขนส่ง รวมไปถึงการสร้างแบบจำลองสายห่วงโซ่อุปทานขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องทราบถึงประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เมื่อทราบแนวทางแก้ไขแล้วก็สามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานได้ทันทีลงในตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น โดยที่ไม่ต้องปฏิบัติจริงเพื่อลดต้นทุน ระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในหลาย ๆ ด้าน

รายการตัวแบบ (Object) เป็นรูปแบบของคำสั่งภายในซอฟต์แวร์ที่ต้องศึกษาและทำความเข้าใจก่อนการนำโปรแกรมมาปรับใช้

จุดกำเนิดทรัพยากร (Source) ใช้สร้างการไหลของวัตถุ (Flow item) ไปยังวัตถุ (Object) หรือเครื่องจักรปลายทาง ซึ่งสามารถกำหนดการเข้าของการไหลของวัตถุได้ เช่น การนำเข้าของสินค้า, การนำเข้าของวัตถุดิบ

คิว (Queue) ใช้เก็บหรือพักวางวัตถุไว้จนกว่าวัตถุ (item) หรือเครื่องจักรปลายทางพร้อมรับวัตถุนั้น ๆ เข้าสู่กระบวนการ เช่น การวางวัตถุไว้หน้าเครื่องจักรเพื่อรอกระบวนการถัดไป

ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) ใช้เป็นตัวแทนของพนักงาน สามารถยกวัตถุดิบ ขนส่งวัตถุดิบจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ หรืองานอื่น ๆ ที่ใช้พนักงานในการปฏิบัติงาน

ชั้นวาง (Rack) พื้นที่วางสินค้าหรือวัตถุดิบที่มีระดับเป็นชั้น ๆ สามารถวางสินค้าซ้อนทับกันได้

การขนย้ายหรือขนส่ง (Transporter) ใช้สำหรับขนส่งสินค้าและวัตถุดิบ ตัวอย่างของตัวขนส่ง คือ โฟล์คลิฟท์, รถ AGV, ASRS (Automated Storage/Retrieval System) คือ ระบบจัดเก็บและเบิกจ่ายอัตโนมัติ

การกำหนดสีของวัตถุโดยใช้ Paint Slot Label คำสั่งการกำหนดลักษณะของวัตถุภายในโปรแกรมจำลองสถานการณ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดเวลาการหยิบวัตถุดิบภายในคลังสินค้า

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานของคลังสินค้า

จากการที่ได้ทำการศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบคลังสินค้าของบริษัท พบว่า มีชั้นวางวัตถุดิบทั้งหมด 7 ชั้นวาง (7 Rack) มีผังการจัดเก็บดังรูปที่ 3.1 ซึ่งแต่ละชั้นวางจะมีจำนวนช่องวางสินค้าแตกต่างกันดังนี้ Rack A เท่ากับ 15 ช่อง, Rack B เท่ากับ 15 ช่อง, Rack C เท่ากับ 15 ช่อง, Rack D เท่ากับ 18 ช่อง, Rack E เท่ากับ 18 ช่อง, Rack F เท่ากับ 18 ช่อง และ Rack G เท่ากับ 12 ช่อง ซึ่งแต่ละช่องวางสินค้า จะมีชั้นวางสินค้าอีก 4 ชั้น และชั้นวางพื้น 1 ชั้น ซึ่งรวมแล้วในแต่ละช่องจะวางวัตถุดิบได้ทั้ง 5 ชั้น

การบันทึกข้อมูลวัตถุดิบ

จากการศึกษาวิธีการในการเบิกจ่ายสินค้า พบว่า พนักงานจะดูข้อมูลสินค้าที่ฝ่ายผลิตต้องการจากใบบันทึกข้อมูลของสินค้า เพื่อดูรุ่นของสินค้า (LOT), วันที่ผลิต, ลำดับพาเลทที่ใช้วางวัตถุดิบ น้ำหนักของสินค้า เมื่อพนักงานจ่ายสินค้าหรือวัตถุดิบแล้วจะต้องบันทึกข้อมูลวันที่จ่าย เพื่อให้สามารถย้อนดูข้อมูลได้ว่าผู้ปฏิบัติงานได้ทำการเบิกจ่ายสินค้าออกจากคลังแล้วหรือไม่

เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลและจำลองสถานการณ์

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาด้วย Why-Why Analysis การตั้งคำถามเพื่อค้นหาปัญหาที่แท้จริงจากผู้ปฏิบัติงาน โดยเริ่มจากการหยิบยกข้อร้องเรียนจากหน่วยงานทางด้านฝ่ายผลิตที่มีจำนวนข้อร้องเรียนมากที่สุด จากนั้นสัมภาษณ์เชิงตั้งคำถามเพื่อค้นหาปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานพบเจอสรุปได้ดังนี้

คำถาม (Why 1) : ทำไมการผลิตถึงเกิดความล่าช้าบ่อยครั้งในกรณีที่ไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องจักรหยุดซ่อม (breakdown) และการขึ้นรูปแบบงานใหม่ (set-up) ของเครื่องจักร

คำตอบ: รอวัตถุดิบเข้ามาสู่กระบวนการ

คำถาม (Why 2) : ทำไมถึงต้องรอวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการ

คำตอบ: วัตถุดิบมาถึงเครื่องจักรช้า

คำถาม (Why 3) : แล้วทำไมวัตถุดิบมาถึงเครื่องจักรล่าช้า

คำตอบ: คนที่ไปเบิกสินค้าใช้เวลาานาน

คำถาม (Why 4) : แล้วทำไมคนที่ไปเบิกสินค้าใช้เวลาานาน

คำตอบ: หาวัตุดิบไม่เจอในทันที ใช้เวลาหาวัตุดิบนาน

คำถาม (Why 5): ทำไมถึงใช้เวลาในการค้นหาวัตถุดิบนาน

คำตอบ: หาไม่เจอในทันทีเพราะไม่มีการระบุตำแหน่งของวัตถุดิบเมื่อนำสินค้าเข้ามาจัดเก็บพร้อมกับไม่มีการบันทึกลงในใบบันทึกข้อมูลของวัตถุดิบและไม่มีการบันทึกข้อมูลว่าวัตถุดิบที่เข้าสู่ชั้นวางอยู่ตรงจุดไหนของพื้นที่คลัง

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเวลาการค้นหาวัตถุดิบของผู้ปฏิบัติงาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีระยะเวลาในการเดินค้นหาสินค้าไม่เป็นหลักแหล่ง อีกทั้งใช้ประสบการณ์และความจำเพื่อจดจำว่ามีสินค้าอยู่ส่วนใดของพื้นที่จัดเก็บเป็นผลให้ในบางครั้งเกิดความผิดพลาดและใช้เวลาค้นหาวัตถุดิบนานเกินไป จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการค้นหาสินค้าของผู้ปฏิบัติงานดังตารางที่ 1

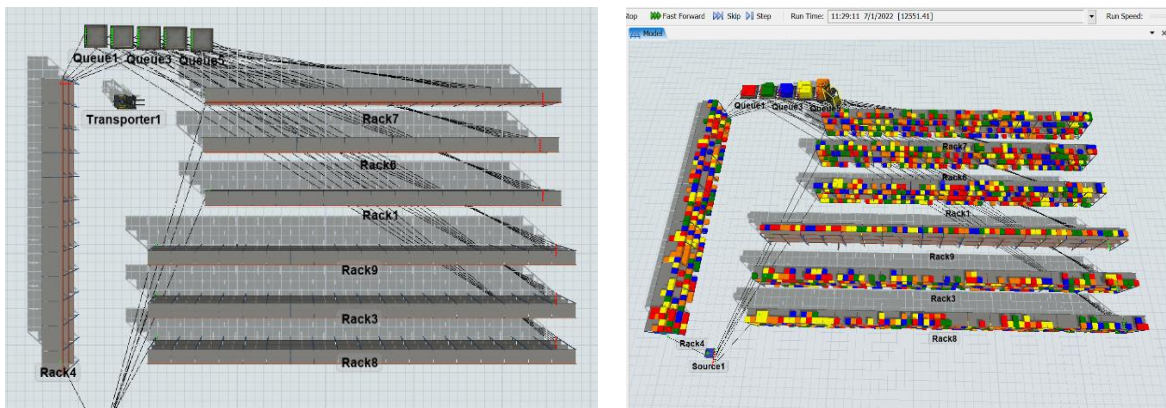
ตารางที่ 1: ข้อมูลจำนวนสินค้า เวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและกำหนดสีวัตถุดิบ

จำนวนวัตถุดิบ (ชิ้น)	เวลาทำงาน (นาที)	เวลาทำงาน (วินาที)	กำหนดสีวัตถุดิบ
10	18	1080	ส้ม
20	27	1620	เหลือง
30	33	1980	น้ำเงิน
40	48	2880	เขียว
60	83	4980	แดง
total	209	12540	-

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า เวลาเฉลี่ยที่ผู้ปฏิบัติงานใช้เวลาในการค้นหาสินค้าขึ้นอยู่กับจำนวน เวลาที่ใช้มีความแตกต่างกันไป และเพื่อให้ง่ายต่อการนำข้อมูลป้อนเข้าสู่โปรแกรมจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสีของวัตถุดิบออกเป็น 5 สี ตามปริมาณที่ทำการค้นหาซึ่งจะสมมุติเป็นประเภทของสินค้า

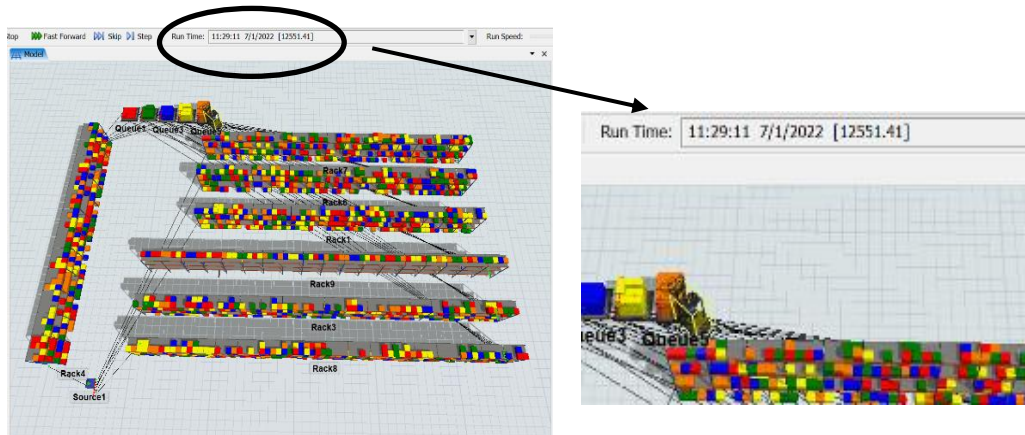
จำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim

สร้างโมเดลเลียนแบบรูปแบบของคลังสินค้าจากข้อมูลพื้นฐานซึ่งประกอบไปด้วย Rack และ operator และใส่ค่าข้อมูลจำนวนสินค้าลงใน Object ที่ชื่อว่า Source เพื่อจำลองสถานการณ์ให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ซึ่งการเบิก-จ่าย จะใช้รหัสบาร์โค้ดเป็นตัวขนส่งไปยังจุดรับ-ส่งวัตถุดิบหรือ Queue ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: รูปแบบโมเดลจากโปรแกรมและการจัดวางวัตถุแบบ Random

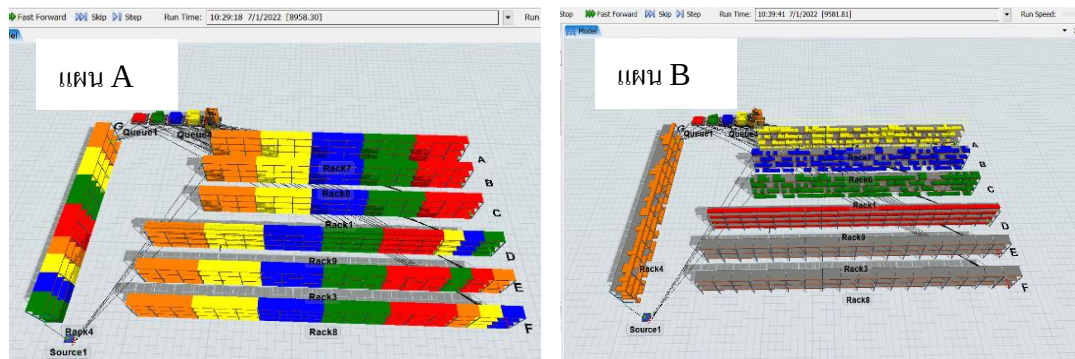
จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าโมเดลที่มีการตั้งค่าในรูปแบบที่คล้ายคลึงกับปัจจุบันจะถูกเรียกว่าการวางสินค้าแบบ Random โดยมีสินค้าและวัตถุวางอยู่ภายในคลังสินค้าที่ไม่มีการระบุตำแหน่งของวัตถุไว้อยู่จุดใดของชั้นวาง ซึ่งชั้นงานที่มีความหลากหลายสีส่นจะแทนวัตถุที่กระจายอยู่ทั่วบริเวณคลัง



ภาพที่ 2: สร้างแบบจำลองสภาพปัจจุบันภายในคลังวัตถุ

จากภาพที่ 2 สร้างแบบจำลองสภาพปัจจุบันภายในคลังวัตถุ เป็นการสร้างแบบจำลองในลักษณะสุ่มหรือแบบ Random เพื่อใช้แทนสภาพปัจจุบันของการจัดเก็บวัตถุภายในคลังสินค้า โดยอ้างอิงจากข้อมูลการวิเคราะห์ปัญหาจากผู้ปฏิบัติงานไม่ทราบตำแหน่งแน่นอนของวัตถุที่ต้องการ อีกทั้งผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาภายในโปรแกรมจำลองสถานการณ์ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งเวลาที่ผู้ปฏิบัติงานใช้ค้นหาสินค้าตามจำนวนที่กำหนดในโปรแกรมคือ 12,551.41 วินาที จากข้อมูลตารางที่ 1 เวลาที่ผู้ปฏิบัติงานใช้ค้นหาวัตถุในสถานการณ์ปัจจุบันคือ 12,540 วินาที

เมื่อได้โมเดลสำหรับที่มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับสภาพปัจจุบันแล้ว ผู้วิจัยจึงได้สร้างโมเดลขึ้นมาอีก 2 แบบ โดยเรียกว่า แผน A และ แผน B เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการแก้ไขโดยยึดหลักการจากปัญหาเรื่องของพนักงานใช้เวลาค้นหาวัตถุล่าช้าเพราะไม่มีการระบุตำแหน่งของวัตถุลงในใบบันทึกข้อมูลของวัตถุและไม่มีการบันทึกข้อมูลว่าวัตถุที่เข้าสู่ชั้นวางอยู่ตรงจุดไหนของพื้นที่คลัง ดังนั้นการวางแผนโมเดล A และ B จึงมีดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3: สร้างโมเดลแผนรูปแบบ A และรูปแบบ B

จากภาพที่ 3 จะเห็นว่าวัตถุที่ถูกกำหนดจะมีพื้นที่วางอยู่ทุกชั้นวาง จำนวนที่ถูกกำหนดให้ค้นหาและนำไปวางไว้ที่ Queue จะเท่ากับแผนแบบ Random

โมเดลแผน A คือ ทุกชั้นวางหรือ Rack จะต้องมียูนที่กำหนดครบทุกสีเพื่อใช้แทนแผนการจัดวางวัตถุในรูปแบบที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกค้นหาสินค้าและมีวัตถุที่ต้องการอยู่ทุกชั้นวาง

โมเดลแผน B คือ กำหนดชั้นวางใดชั้นวางหนึ่งเป็นพื้นที่ประจำของวัตถุนั้น ๆ โดยพื้นที่ของชั้นวางที่ใช้มีเพียง 5 ชั้นวางในกรณีที่มีวัตถุจำนวนไม่มากเท่าโมเดลรูปแบบที่ A

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โมเดลแผน Random ใช้เวลาทำงานที่ปรากฏในโปรแกรมคือ 12551.41 วินาทีหรือ 209 นาที ซึ่งหากเทียบกับข้อมูลเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาจะเท่ากันคือใช้เวลาทำงานทั้งหมด 209 นาที ซึ่งแน่นอนว่าผู้วิจัยจำลองโมเดลและตั้งค่าการทำงานให้มีเวลาไม่แตกต่างจากการทำงานจริงทดสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนจะนำไปเข้าสู่การจำลองด้วยแผนของโมเดล A และ โมเดล B

โมเดลแผน A เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดคือ 8,958.30 วินาที สามารถนำสินค้าทั้งหมดไปยังจุดที่ต้องการได้ พื้นที่สำหรับการจัดเก็บวัตถุจะกระจายอยู่ทั่วพื้นที่คลัง

โมเดลแผน B เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดคือ 9,581.81 วินาที โดยมีเงื่อนไขการเบิกจ่ายวัตถุเหมือนกันกับโมเดลแผนงาน Random และ โมเดลแผน A แตกต่างกันที่พื้นที่ใช้วางสินค้าหรือวัตถุใช้เพียง 5 ชั้นวางเท่านั้น

ประสิทธิภาพเวลาการทำงาน เมื่อได้ผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ผู้วิจัยได้นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพเวลาการทำงาน ซึ่งเปรียบเทียบกับเวลาการทำงานของ โมเดลแผนแบบ Random ดังนี้

$$= \frac{\text{เวลาทำงานก่อนปรับปรุง} - \text{เวลาทำงานหลังปรับปรุง}}{\text{เวลาทำงานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

จากผลการจำลองและการคำนวณประสิทธิภาพเวลาการทำงาน ผู้วิจัยได้จัดทำตารางเปรียบเทียบเพื่อให้ความแตกต่างได้ชัดเจนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: เปรียบเทียบเวลาและประสิทธิภาพการทำงานแต่ละโมเดล

Medel Name	เวลาทำงาน (วินาที)	เวลาที่ลดลง (วินาที)	ประสิทธิภาพการทำงาน %
แผนแบบ Random	12,551.41	-	
แผน A	8,958.30	3,593.11	28.6%
แผน B	9,581.81	2,969.6	23.6%

สรุป

ผลจากการศึกษาเรื่องการลดเวลาการหยิบวัตถุดิบภายในคลังสินค้าไปยังแผนการผลิต ผู้วิจัยได้สร้างโมเดลต้นแบบที่มีเวลาการทำงานเหมือนกับการทำงานจริง เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเปรียบเทียบหาเวลาที่ลดลงเมื่อสร้างแบบจำลองที่ใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาขึ้นมา 2 แบบคือ

โมเดลแผน A สามารถลดเวลาการทำงานลงได้ 3,593.11 วินาทีหรือ 59.8 นาที จำนวนวัตถุดิบที่ต้องการเบิก - จ่ายคือ 160 ชิ้น พื้นที่สำหรับการจัดเก็บวัตถุดิบจะกระจายอยู่ทั่วพื้นที่คลังทั้ง 7 Rack โดยแบ่งเป็นสัดส่วนเท่า ๆ กัน

โมเดลแผน B เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดคือ 2969.6 วินาทีหรือ 49.49 นาที จำนวนวัตถุดิบที่เบิก - จ่ายคือ 160 ชิ้น พื้นที่ใช้วางสินค้าหรือวัตถุดิบใช้ 5 ชั้นวาง

สามารถสรุปจากเวลาทำงานที่โปรแกรมจำลองออกมาได้ว่า โมเดลแผน A สามารถลดเวลาการทำงานได้มากกว่าแผน B แต่หากมองในมุมมองการนำไปปรับใช้งานจริงภายในคลังสินค้า แผน A มีการกำหนดพื้นที่กระจายทั่วคลัง กั้นพื้นที่ของสินค้าหรือวัตถุดิบประเภทอื่น ๆ ส่วนแผน B ที่ลดเวลาได้น้อยกว่าแผน A แต่มีการใช้พื้นที่ของชั้นวางน้อยกว่า

จากข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมจำลองสถานการณ์ ไม่ได้ลำดับความสำคัญของสินค้า ปริมาณที่จัดเก็บ และพื้นที่เก็บรักษา เป็นการแบ่งตามความสะดวกของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องการจัดวางให้สินค้าหรือวัตถุดิบอยู่ใกล้จุดรับ-ส่ง

อย่างไรก็ตามแนวคิดแก้ไขจากแนวคิดในการแก้ปัญหานี้มาจากเวลาทำงานที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายในซอฟต์แวร์และข้อมูลจากคลังสินค้า ในกรณีศึกษาที่ป้อนเข้าสู่โมเดล ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนแม้ว่าเวลาที่จำลองออกมาแล้วจะไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์นนท์, ประจวบ กล่อมจิตร, สิทธิชัย แซ่เหล่ม, กัญญาภักดิ์ กุจิรพันธ์, ธิเบศร์ เจริญนพกิจ และ ปัทมรา ยะหัตตะ. (2562). การลดเวลาในการหยิบสินค้าตามใบสั่งขาออก กรณีศึกษา: คลังวัสดุ กระเบื้องมุงหลังคา. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 5(2), 36-45
- ชนเนษฎ์ ศรีละออง, กรองแก้ว ลำภูเงิน, จิรดา คลาดโรด, กฤติธิ์ มุกดาสนิท, จารุวรรณ จีระออน และ จิระศักดิ์ จันทร์หอม. (2563). การศึกษาเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยในกระบวนการผลิตด้วยการฝึกอบรมโดยใช้หลักการ Why – Why Analysis และหลักการ ECRS กรณีศึกษา บริษัท ยาคุลท์ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *วารสารการบริหารและจัดการ*, 10(1), 14-23
- ชมพูมัย บรรเทงจิตร. (2561). การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ในการออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อลด

- เวลาในการขนถ่ายวัสดุ. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 8(3), 1-14
- นันทวรรณ สมศรี และ ศุภฤกษ์ เหล็กดี. (2563). *การลดต้นทุนสินค้าคงคลังด้วยวิธี ABC – FSN analysis กรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร* [วิทยานิพนธ์ปริญญา]. วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก, ประจวบ กล่อมจิตร, ชลาลัย วงเวียน, และ นรา สมัตถภาพงศ์. (2563). การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim กรณีศึกษา: โรงงานผลิตกล่องกระดาษแห่งหนึ่ง. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 4* (น. 211-219). <http://www.rdi.rmutsb.ac.th/2011/digipro/ruscon4/proceedings2.php>
- Tokgöz, E. (2017) *Industrial Engineering and Simulation Experience Using Flexsim Software*. *ASEE Computers in Education Journal*, 8(4), 1-6

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับแรงดันและแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว STUDY OF FACTORS AFFECTING PRESSURE AND SHOCK LOAD OF BOLT IN RIFLE

เบญจา สุนทรเสถียร¹, พลศักดิ์ เลิศหิรัญปัญญา^{2*}
Benja Soontornsathien¹, Phonsak Lerthiranpanya^{2*}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^{1,2}Department of Production Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

*Corresponding author, E-mail: phonsak.ler@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ชิ้นส่วนลูกเลื่อน ถือเป็นชิ้นส่วนสำคัญสำหรับอาวุธปืนเล็กยาว ซึ่งจะต้องสามารถทนแรงดันและแรงกระแทกจากการใช้งานอาวุธปืน ดังนั้นวัสดุและความแข็งหลังชุบของวัสดุจึงควรมีความสามารถในการรับแรงทั้งสองได้เป็นอย่างดี การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของตัวแปรที่ส่งผลต่อการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เป็นปัจจัยส่งผลต่อการรับแรงดันและการรับแรงกระแทก และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกจากตัวแปรที่ส่งผลต่อการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว โดยตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบประกอบด้วย ตัวแปรชนิดของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กเกรด SKD61 SKD11 และ SCM440 และตัวแปรค่าความแข็งหลังชุบ 3 ระดับ ได้แก่ 51 HRC 54 HRC และ 57 HRC ทำการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Full factorial design โดยใช้วิธีการยิงทดสอบด้วยปืนเล็กยาวขนาดลำกล้องยาว 20 นิ้ว ใช้กระสุนขนาด 5.56 มิลลิเมตร จำนวนครั้งละ 30 นัด และรวบรวมผลเก็บค่าแรงดันและค่าแรงกระแทกจนครบทุกเงื่อนไขของจำนวนซ้ำการทดลอง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผลผลการทดลองพบว่า ตัวแปรชนิดของวัสดุและค่าความแข็งหลังชุบไม่มีอิทธิพลร่วมกัน และมีเพียงอิทธิพลของค่าความแข็งหลังชุบที่มีผลต่อการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งพบว่า วัสดุเหล็กเกรด SKD61 ที่ค่าความแข็งหลังชุบระดับ 57 HRC เป็นเงื่อนไขในการผลิตลูกเลื่อนที่รับค่าแรงดันและแรงกระแทกได้สูงที่สุด จากผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการผลิตลูกเลื่อนเพื่อลดต้นทุนและลดระยะเวลาในการผลิตที่เกิดจากการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ รวมถึงสามารถนำแบบแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลไปใช้กับการศึกษา ทดลอง ชิ้นส่วนลูกเลื่อนปืนประเภทอื่น ๆ

คำสำคัญ: ค่าความแข็งหลังชุบ แรงกระแทก แรงดัน วัสดุ อาวุธ

ABSTRACT

Bolt was an important part for rifles which must be able to withstand pressure and shock from using firearms. Therefore, material and hardness after plating must be able to withstand both forces very well. This research had the objective to study joint influence of variables that affected the bearing value for pressure and force of bolts in rifles and studied

the influence of variables that affected the load of pressure and shock and compared the difference of the load value of pressure and shock from the variables that affected the load value of pressure and shock of bolts in rifles. The independent variable used in the comparison study consisted of 3 types of materials including iron grade of SKD61, SKD11 and SCM440 and variables after plating in 3 levels including 51 HRC, 54 HRC and 57 HRC. The test was according to the test plan of Full factorial design by using the method of firing test by a rifle with 20-inch barrel and ammunition of 5.56 mm for 30 rounds each and gathered the result of pressure and shock value in every condition of test repeating number and then the results were analyzed. From the test result, it was found that the variable of material type and hardness after plating had not joint influence and there was only the influence of hardness after plating that affected different load value of pressure and shock with statistical significance at the level of 0.05. It was found that iron material grade SKD 61a the hardness value after plating of 57 HRC was the condition in producing bolts that could take the maximum pressure and shock. From the research, it could be used as reference data in producing bolts to reduce the cost and time for production from importing materials from another country and the test plan and result analysis could be used with study and test of bolts in other types of firearms.

Keywords: hardness after plating, impact, pressure, material, weapon

บทนำ

เนื่องด้วยในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตอาวุธ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาวุธประเภทปืนที่เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นภายในประเทศไทย (วัชชีรานนท์ ทองเทพ, 2562) และยังได้รับความสนใจและการสนับสนุนงบประมาณจากทางภาครัฐที่เพิ่มขึ้นในทุกปี (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) เพื่อผลิตอาวุธยุทธโธปกรณ์ทางการรบขึ้นภายในประเทศเอง เพื่อลดการนำเข้าของอาวุธยุทธโธปกรณ์จากต่างประเทศ ที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงและใช้เวลาในการนำเข้ามาภายในประเทศค่อนข้างมาก อีกทั้งยังเป็นการแสดงออกเชิงสัญลักษณ์ถึงขีดความสามารถของกองทัพไทย ซึ่งหน่วยงานทางภาครัฐที่รับผิดชอบโดยตรงในการผลิตอาวุธต้นแบบ คือ โรงงานต้นแบบการวิจัยพัฒนาอาวุธ ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร (รง.ตวพ.ศอว.ศอพท.) โดยทางหน่วยงานได้มีโครงการผลิตอาวุธต้นแบบ ประเภท ปืนเล็กยาว หรือปืนไรเฟิล

ปืนเล็กยาว เป็นอาวุธปืนที่มีขนาดยาว ถูกออกแบบมาเพื่อการยิงทำลายเป้าหมายที่อยู่ในระยะไกล โดยเฉพาะ โดยจะมีพานท้ายสำหรับใช้ประตักรองไหล่ เพื่อช่วยในการเล็งเป้าหมาย ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีบริษัทภายในประเทศที่สามารถผลิตขึ้นมาได้และผ่านการรับรองจากทางภาครัฐ ทำให้จะต้องสั่งซื้อปืนเล็กยาว มาจากต่างประเทศ ทำให้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงทั้งในเรื่องการจัดซื้อ การซ่อมบำรุง และการจัดหาอะไหล่มาทดแทน จึงจำเป็นจะต้องผลิตเองโดยผ่านทางโครงการของทางภาครัฐ เพื่อให้ง่ายต่อการผลิตและการดำเนินการทดสอบ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลของปืนเล็กยาว (Rifle) พบว่ามีชิ้นส่วนที่สำคัญต่อระบบกลไกการทำงานของปืนหลายชิ้นไม่ว่าจะเป็น ชิ้นส่วนโครงนำลูกเลื่อน (Bolt Carrier) ลูกเลื่อน (Bolt Body) ก้านกระทุ้ง (Guide Rod) เป็นต้น ที่จะต้องรับแรงดันและรับแรงกระแทก โดยชิ้นส่วนที่รับแรงกระแทกและแรงดัน

มากที่สุดคือ ลูกเลื่อน เพราะเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ป้อนลูกกระสุนเข้าไปในรังเพลิงของลำกล้องปืน และเป็นชิ้นส่วนที่ต้องรับแรงดันจากการระเบิดของกระสุน และรับแรงกระแทกจากการที่ปลอกกระสุนถอยกลับมากที่สุดของชิ้นส่วนทั้งหมด ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความทนทานและอายุการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะชนิดของวัสดุและค่าความแข็งหลังชุบที่เลือกใช้ (Glen D. Zediker, 2018) ซึ่งวัสดุที่ใช้ผลิตต้องทำการส่งนำเข้ามาจากต่างประเทศทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่ค่อนข้างสูง ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการจัดส่งให้ลูกค้าตามสัญญา ในส่วนของค่าความแข็งหลังชุบมีผลต่อความทนทานและอายุการใช้งานของชิ้นส่วน โดยมีค่าความแข็งตามมาตรฐานต้องไม่ต่ำกว่า HR15N89/90.5 หรือคือ 58 – 60 HRC (Eugene Stoner, 1970)

ดังนั้น หากสามารถจัดหาวัสดุที่อยู่ในประเทศที่สามารถนำมาใช้ได้โดยมีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างและสามารถชุบได้ค่าความแข็งตามมาตรฐานมาใช้ทดแทนจากวัสดุที่นำเข้าจากต่างประเทศ ย่อมสามารถช่วยในเรื่องของการจัดซื้อที่ทำได้โดยง่าย ต้นทุนการผลิตให้ลดลง ลดระยะเวลาการผลิตให้รวดเร็วมากยิ่งขึ้นและยังลดค่าใช้จ่ายในการทำการวิจัย ทดลองและพัฒนาเพื่อนำไปผลิตจริงได้ แต่อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้วัสดุภายในประเทศยังคงมีความจำเป็นจะต้องมีการศึกษาและการทำการทดลองเพื่อให้ทราบว่าวัสดุภายในประเทศที่นำมาศึกษา มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาทดแทนวัสดุที่นำเข้ามาและใช้ผลิตตามมาตรฐาน และสามารถชุบจนได้ค่าความแข็งตามต้องการ เพื่อให้เกิดความทนทานต่อแรงดันและแรงกระแทกได้เท่ากับหรือมากกว่ามาตรฐานหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาอิทธิพลของวัสดุและค่าความแข็งหลังชุบเพื่อที่จะศึกษาผลกระทบที่เกิดจากวัสดุที่นำมาวิจัย ผลกระทบของค่าความแข็งหลังชุบของวัสดุ แต่ละชนิดและนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับแรงดันและแรงกระแทก เพื่อนำมาใช้ประกอบการเลือกวัสดุที่จะนำมาทดแทนวัสดุจากต่างประเทศและอ้างอิงในกระบวนการผลิต รวมถึงนำไปปรับใช้กับการผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ และปืนประเภทอื่น ๆ ได้

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับการใช้ในการศึกษา การทดลอง และการวิเคราะห์ โดยมีประเด็นการค้นคว้า ดังต่อไปนี้

แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานจลน์

พลังงานจลน์ คือ พลังงานของการเคลื่อนที่ เปรียบเทียบว่า ถ้ารถวิ่งด้วยความเร็ว 5 mph ชนกับกำแพงรถจะยังไม่พังเพราะพลังงานจลน์ยังมีอยู่น้อยอยู่แต่ถ้าวิ่งเข้าชนด้วยความเร็ว 40 mph รถน่าจะพังเพราะพลังงานจลน์มีมากขึ้น พลังงานจลน์เหมือนพลังงานศักย์ตรงน้ำหนักของวัตถุยิ่งมากพลังงานทั้งสองจะยิ่งมากขึ้นตาม ส่วนที่พลังงานจลน์แตกต่างกับพลังงานศักย์ตรงยิ่งการเคลื่อนที่เร็วมากพลังงานจลน์ก็จะยิ่งมากขึ้นตาม (จรัส บุญยธรรม, 2543, หน้า 7)

สูตรของพลังงานจลน์คือ $KE = mv^2 / 2$

โดยที่ KE = พลังงานจลน์ มีหน่วยเป็นจูล (J)

m = มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

v = อัตราเร็วของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

มาโนช ด้านพจน์ (2561) ได้ให้ความหมายไว้ว่า พลังงานจลน์ เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่เนื่องจากมีแรงมากระทำต่อวัตถุและมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอัตราเร็วของวัตถุเคลื่อนที่ พลังงานจลน์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ เช่น

พลังงานลม ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคอากาศ เป็นสภาพของลมพัด พลังงานลมที่แรงมากสามารถหมุนกังหันลมได้

พลังงานคลื่น คลื่นในทะเล และมหาสมุทร ปกติเกิดจากลม ในบางครั้งเกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก เช่น แผ่นดินไหว พลังงานคลื่น สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

พลังงานน้ำ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ เช่น การไหลของกระแสน้ำ การไหลของน้ำตก และการเกิดคลื่นน้ำ พลังงานน้ำที่แรงมากเพียงพอสามารถหมุนกังหันน้ำได้

พลังงานเสียง ทำให้อนุภาคของอากาศเคลื่อนที่เป็นส่วนอัด ส่วนขยาย ความถี่ของส่วนอัดและส่วนขยายที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดังและลักษณะเสียงจากแหล่งกำเนิด เสียงเมื่อเดินทางมาถึงหูมนุษย์ ทำให้เยื่อแก้วหูเกิดการสั่นและเปลี่ยนพลังงานเสียง ให้กลายเป็นพลังงานกล อวัยวะภายในหูเปลี่ยนพลังงานกลเป็นกระแสประสาท แล้วส่งไปยังสมองแปลความออกมาเป็นเสียง

นิยามการเกิดพลังงานจลน์ ได้ คือ งานที่วัตถุเคลื่อนที่แปรผันตรงกับกำลังสองของอัตราเร็วและมวลของวัตถุเคลื่อนที่ได้ออกมาเป็นสูตร $E_k = 1/2 (mv^2)$

โดยที่ E_k = พลังงานจลน์ มีหน่วยเป็นจูล (J)

m = มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

v = อัตราเร็วของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

แนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบ

ทัศนชัย ผ่องผาย และ ทวีภัทร บุณยธิต (2551) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การจำลองสถานการณ์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของการกระแทกจากกระสุนปืน: กรณีศึกษา กระสุน 9 มม. Parabellum กับ เหล็กกล้า เกรด AISI1008, อะลูมิเนียม เกรด AA1100 ความหนา 2, 4 และ 6 มิลลิเมตร และอะลูมิเนียม เกรด AA5083 ความหนา 4 มิลลิเมตร พบว่า การปะทะของกระสุนปืนโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นการกระแทกของวัตถุที่มีมวลต่ำแต่มีความเร็วสูง การวิเคราะห์การปะทะกันของกระสุน (Ballistic Impact) สามารถทำได้โดยพิจารณาพลังงานการกระแทกจะถูกแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ของเป่ากระแทบ โดยวิธีการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การทำการทดลองทางกายภาพ และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลการทดลองทางกายภาพพบว่า แผ่น AA1100 ที่ทุก ๆ ความหนาจะทะลุทั้งหมด ส่วนแผ่น AISI1008 และ AA5083 เกิดการเปลี่ยนรูปแต่ไม่ทะลุ และแผ่น AISI1008 ที่ความหนา 6 มิลลิเมตร แสดงประสิทธิภาพในการต้านทานการเจาะทะลุและมีความสามารถในการสะท้อนพลังงานที่มาจากการกระแทกของกระสุนได้ดีที่สุดในการทดสอบนี้ ในการทดสอบนี้ได้จำลองกระสุนออกเป็น 2 กรณี คือ ลูกกระสุนแบบแข็งเกร็งและลูกกระสุนแบบเปลี่ยนรูปได้ ในการจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ความเร็วเริ่มต้นระหว่าง 100-200 เมตร ต่อวินาที ผลการจำลองสถานการณ์นี้พบว่าความเร็วเริ่มต้นของลูกกระสุนในแบบจำลองมีอิทธิพลต่อความแม่นยำของการพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญ และการสร้างแบบจำลองลูกกระสุนให้เป็นแบบเปลี่ยนรูปได้ให้ผลพยากรณ์ที่ดีกว่าแบบจำลองวัตถุแข็งเกร็ง

Sulekha Rakshit et al. (2563) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบ การวิเคราะห์ และการผลิตเข็มแทงขนวนของปืนเล็กยาวรุ่น AR-15 เป็นการทดลองและวิเคราะห์เกี่ยวกับชิ้นส่วน เข็มแทงขนวน (Firing Pin) โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1. ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ทำเข็มแทงขนวน ของปืน AR-15

ที่ส่งผลต่อแรงยึดของปืน และ 2. ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะของเข็มแทงขนวน ของปืน AR-15 ที่ส่งผลต่อแรงยึดของปืน ผลการวิจัยพบว่า วัสดุที่แตกต่างกันมีผลต่อแรงยึดของปืน โดยวัสดุที่เป็นไทเทเนียมจะมีน้ำหนักที่เบากว่า วัสดุที่เป็นสแตนเลส และรูปทรงที่แตกต่างกันเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อแรงยึดของปืน โดยรูปทรงหัวมวนจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่า แต่มีความมั่นคงมากกว่า รูปทรงที่ทำการลมนุ่ม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอิทธิพลร่วมของตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว
2. ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่เป็นปัจจัยส่งผลต่อค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว
3. เปรียบเทียบความแตกต่างของการรับแรงดันและการรับแรงกระแทกจากตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้การทดสอบแบบ Full factorial design โดยมีตัวแปรในการศึกษาดังนี้

ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระประกอบด้วยชนิดของวัสดุที่ใช้ในผลิตลูกเลื่อน จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กเกรด SKD61, SKD11 และ SCM440 ตัวแปรค่าความแข็งหลังชุบ จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 51 HRC 54 HRC และ 57 HRC

ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามประกอบด้วย ค่าการรับแรงดัน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว: psi) และค่าการรับแรงกระแทกซึ่งอยู่ในรูปแบบของพลังงานจลน์ (จูล: J)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตารางบันทึกผลการทดลองเพื่อเก็บค่าแรงดันและค่าแรงกระแทก
2. ลูกเลื่อน ที่ทำการผลิตจากวัสดุ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กเกรด SKD61, เกรด SKD11 และเกรด SCM440 และทำการชุบแข็ง จำนวน 3 ค่า ได้แก่ 51 HRC 54 HRC และ 57 HRC ทั้งหมดจำนวน 27 ชิ้น
3. ปืนเล็กยาว ขนาดลำกล้อง 20 นิ้ว จำนวน 1 กระบอก
4. กระสุนปืน ขนาด 5.56 จำนวน 810 นัด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการให้ได้มาซึ่งค่าแรงดันและค่าแรงกระแทก มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลทางการทดลองดังนี้

1. ทำการสุ่มลำดับการทดลอง เพื่อเลือกเงื่อนไขในการทดลอง
2. นำลูกเลื่อนมาประกอบเข้ากับปืนเล็กยาว ขนาดลำกล้อง 20 นิ้ว และบรรจุกระสุนเข้า แม็กกาซีนจำนวน 30 นัด เพื่อเตรียมยิงทดสอบ
3. ทำการทดสอบการยิงจำนวน 30 นัดต่อเนื่องเพื่อเก็บรวบรวมผลการทดลอง โดยในการทดลองยิงแต่ละครั้งจะทำการพักอาวุธปืนเพื่อลดอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) โดยในแต่ละเงื่อนไขในการทดลองจะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และทำการทดลองจนครบทุกเงื่อนไขของการทดลอง

4. รวบรวมผลการทดลองค่าแรงดันจากอุปกรณ์วัดค่าแรงดันและค่าแรงกระแทกโดยนำค่าความเร็วของกระสุนไปคำนวณหาค่าแรงกระแทกตามสูตรการวัดค่าพลังงานจลน์

5. นำค่าแรงดันและค่าแรงกระแทก บันทึกลงตารางบันทึกค่าแรงดันและค่าแรงกระแทก เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง

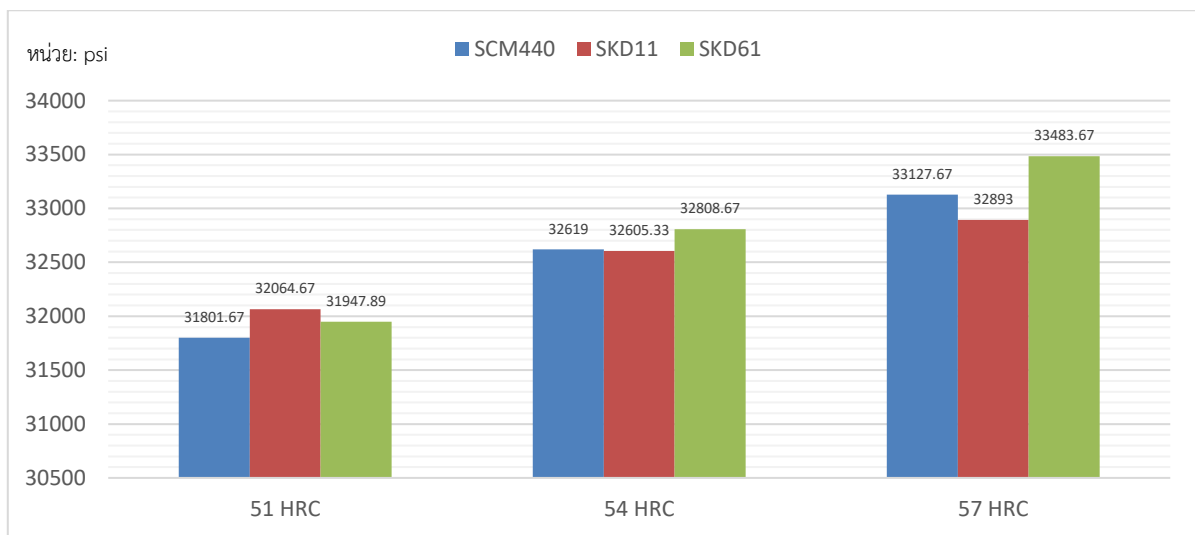
การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ผลแบบ Two-way ANOVA และ Multiple Comparison โดยใช้วิธีทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference, LSD

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการดำเนินการทดลองและการวิเคราะห์ผลข้อมูลมีผลการทดลองออกเป็นดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยวัสดุและค่าความแข็งหลังชุบต่อค่าการรับแรงดัน



ภาพที่ 1: แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าแรงดันของแต่ละค่าความแข็งหลังชุบ และชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตลูกเลื่อน

จากภาพที่ 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยค่ารับแรงดันโดยแบ่งตามระดับค่าความแข็งหลังชุบในแต่ละชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตลูกเลื่อนของอาวุธปืนเล็กยาว

ตารางที่ 1: ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงดัน

แหล่งของความแปรปรวน	Sum of Squares	DF	Mean Squares	F	Sig
ค่าความแข็งหลังชุบ	6903760.889	2	3451880.444	14.495*	0.000*
วัสดุ	312011.556	2	156005.778	0.665	0.531
ค่าความแข็งหลังชุบ * วัสดุ	400339.556	4	100084.889	0.420	0.792
Error	4286428.667	18	238134.926		
Total	2.8570E+10	27			

หมายเหตุ * หมายถึง ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยแรงดันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบกับปัจจัยวัสดุไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($\text{sig} = 0.792$) ต่อการส่งผลต่อค่าการรับแรงด้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ในส่วนของปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบ พบว่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าการรับแรงด้นที่แตกต่างกัน ($\text{sig}=0.000$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference, LSD ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 2

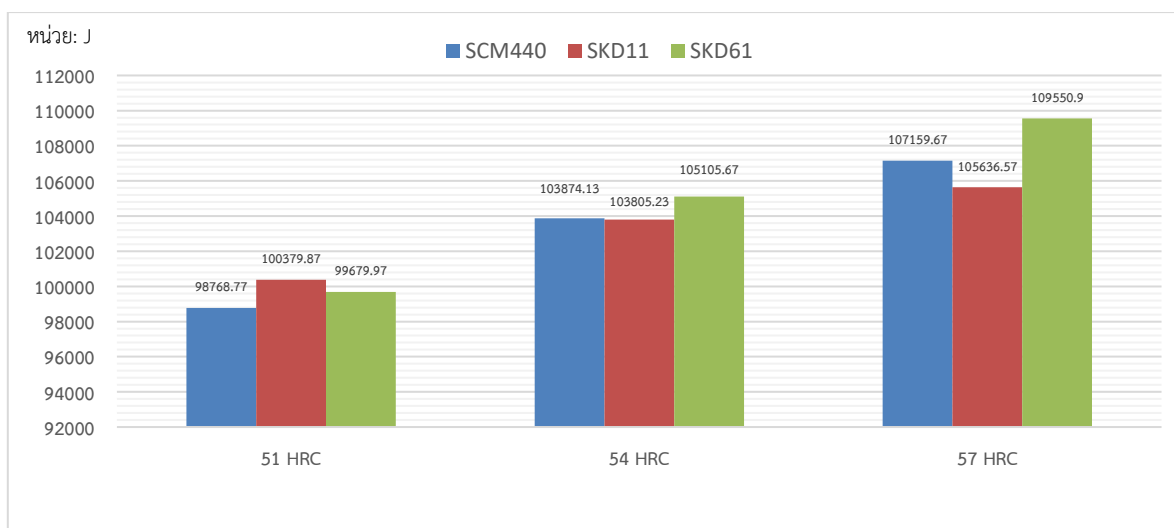
ตารางที่ 2: ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าแรงด้นจากปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบของวัสดุ

ค่าความแข็งหลังชุบของวัสดุ	51 HRC	54 HRC	57 HRC
51 HRC	-	-739.78*	-1230.22*
54 HRC	739.78*	-	-490.44*
57 HRC	1230.22*	490.44*	-

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าเฉลี่ยแรงด้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 แสดงผลความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าแรงด้นจากปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบทุกระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. ผลการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยวัสดุและค่าความแข็งหลังชุบต่อค่าการรับแรงกระแทก



ภาพที่ 2: แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบของค่าแรงกระแทกของแต่ละค่าความแข็งหลังชุบและชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตลูกเลื่อน

จากภาพที่ 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยค่ารับแรงด้นโดยแบ่งตามระดับค่าความแข็งหลังชุบในแต่ละชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตลูกเลื่อนของอาวุธปืนเล็กยาว

ตารางที่ 3: ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความแปรปรวน	Sum of Squares	DF	Mean Squares	F	Sig
ค่าความแข็งหลังชุบ	279779066.0	2	139889533.0	14.086*	0.000*
วัสดุ	13647079.85	2	6823539.927	0.687	0.516
ค่าความแข็งหลังชุบ * วัสดุ	16841093.13	4	4210273.283	0.424	0.789
Error	178759681.7	18	9931093.426		
Total	2.912E+11	27			

หมายเหตุ * หมายถึง ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยแรงกระแทกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบกับปัจจัยวัสดุไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (sig = 0.789) ต่อการส่งผลต่อค่าการรับแรงกระแทกที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ในส่วนของปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบ พบว่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าการรับแรงกระแทกที่แตกต่างกัน (sig=0.000) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของ Fisher's Least Significant Difference, LSD ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความแข็งหลังชุบของวัสดุ

ค่าความแข็งหลังชุบของวัสดุ	51 HRC	54 HRC	57 HRC
51 HRC	-	-4652.14*	-7839.51*
54 HRC	4652.14*	-	-3187.37*
57 HRC	7839.51*	3187.37*	-

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าเฉลี่ยแรงกระแทกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 แสดงผลความแตกต่างรายคู่ พบว่า ค่าแรงกระแทกจากปัจจัยค่าความแข็งหลังชุบทุกระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุป

ผลจากการวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับแรงดันและแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว สามารถสรุปได้ดังนี้

ในการศึกษาอิทธิพลร่วมของตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกของชิ้นส่วนลูกเลื่อนในอาวุธปืนเล็กยาว พบว่า ปัจจัยวัสดุและค่าความแข็งหลังชุบไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ต่อการส่งผลต่อค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในส่วนของอิทธิพลของปัจจัยหลักพบว่าในส่วนของตัวแปรวัสดุเป็นปัจจัยที่ไม่ได้ส่งผลต่อค่าแรงดันและค่าแรงกระแทกที่แตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากวัสดุที่นำมาทดลองมีส่วนผสมทางเคมีที่ใกล้เคียงกันคือ มีธาตุแมงกานีส (Mn) ที่ระดับ 0.4-0.8% และธาตุฟอสฟอรัส (P) ที่ระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3% ที่ส่งผลต่อความแข็งแรง และความสามารถในการชุบแข็งซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีเรื่องอิทธิพลของธาตุเจือปนของสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

(2554) แต่ในส่วนของการปัจจัยค่าความแข็งแรงหลังชุบเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทั้งค่าการรับแรงดันและค่าการรับแรงกระแทกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยจากการเปรียบเทียบรายคู่ของข้อมูลของระดับค่าความแข็งแรงหลังชุบ พบว่าระดับค่าความแข็งแรงหลังชุบทุกคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากเมื่อนำเหล็กเกรด SKD61 ไปชุบแข็งที่ระดับ 57 HRC จะพบว่ามีโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์มากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maziar Ramezani et al. (2558) ได้ทำการการประเมินการแพร่กระจายของคาร์บอนในการอบชุบเหล็กกล้าเครื่องมือ H13 หรือคือ SKD61 ภายใต้สภาวะอากาศที่แตกต่างกันแล้วพบว่า การอบชุบด้วยวิธีการ คาร์บูไรซิง (Carburizing) เมื่อปล่อยให้เหล็ก SKD61 เย็นตัวลงในเตาอบชุบด้วยระยะเวลาหนึ่ง การเกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ จะหยุดลงที่ระดับความแข็ง 57 HRC และที่ค่าการชุบแข็งที่สูงจะสามารถรับแรงดันได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีเรื่องเหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลักของสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (2554)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ลูกเลื่อนที่ผลิตด้วยวัสดุเหล็กเกรด SKD61 ที่มีค่าความแข็งแรงหลังชุบ 57 HRC เป็นลูกเลื่อนที่รับค่าแรงดันและค่าแรงกระแทกได้สูงที่สุด โดยสามารถรับแรงดันได้ที่ 33,483.67 psi และรับค่าแรงกระแทกได้ที่ 109,550.90 J

เอกสารอ้างอิง

- จรัส บุญยธรรมา. (2543). *บทเรียนออนไลน์ เรื่อง ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ภาคกลศาสตร์*. Rmutphysics.
<http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/fpte/fptethai7.htm>.
- ทัศนชัย ผ่องผายและทวิภัทร์ บุณยธิตี. (2551). การจำลองสถานการณ์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของการกระแทกจากกระสุนปืน: กรณีศึกษา กระสุน 9 มม. Parabellum กับ AISI1008, AA1100 และ AA5083. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 34(4), 823-845.
- มานิช ด่านพณัง. (2561, 10 พฤษภาคม). *หน่วยที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน*. เว็บไซต์ เรียนรู้กับครูมานิช. Online. <https://sites.google.com/a/samakkhia.ac.th/krumanoch/hnwy-thi-2>
- วัชรินานนท์ ทองเทพ. (2562, 1 ธันวาคม). *อาวุธ: ผู้ค้า-ผู้ผลิต ไทย-เทศ เห็นโอกาสเติบโตสูงในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในภูมิภาค แม้เศรษฐกิจจะชะลอตัว บทความแปลจาก Global Data เรื่อง อนาคตของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย - จุดดึงดูดทางการตลาด ภูมิทัศน์การแข่งขัน และการคาดการณ์ถึงปี 2014 (Future of the Thai Defense Industry - Market Attractiveness, Competitive Landscape and Forecasts to 2024)*. *บทความสำนักข่าวบีบีซี(BBC News) ไทย*. <https://www.bbc.com/thai/thailand-50582558>.
- สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. (2554, 10 กันยายน). *อิทธิพลของธาตุเจือปน. มาตรฐานและสมบัติของเหล็กกล้าที่ใช้ในงานในอุตสาหกรรม*. <https://www.scribd.com/document/481775379/IRON-STEEL-MTECH-pdf>.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). *แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ส่วนที่ 2 ประเด็นความมั่นคง*. สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- Eugene Stoner. (1970). *M16 Drawing Set*. Scribd.
<https://www.scribd.com/document/132913635/M16-Drawing-Set>
- Glen Zediker. (2018, 1 January). *Book: America's Gun: The Practical AR15*. Zediker Publishing.



Maziar Ramezani et al. (2558). Evaluation of carbon diffusion in heat treatment of H13 tool steel under different atmospheric condition. *Journal of Materials Research and Technology*. 4(2). 114-125. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785414001033>

Sulekha Rakshit et al. (2563). *Design Analysis and Manufacturing of AR-15 firing pin*. Department of Mechanical engineering at Indian Institute of engineering science and technology. https://www.researchgate.net/publication/343650453_Design_Analysis_and_Manufacturing_of_AR15_Firing_Pins_DESIGN_ANALYSIS_AND_MANUFACTURING_OF_AR-15_FIRING_PINS_A_Report_on_MINI_PROJECT-2.

การออกแบบเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ กรณีศึกษาโรงงานผลิต ผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติก

DESIGNING A BENCHMARK FOR ACCEPTANCE SAMPLING: A CASE STUDY OF A PLASTIC BOTTLE MANUFACTURING PLANT

อดิศักดิ์ วงศ์ดียิ่ง^{1*}, บุษบาวรรณ มะลิทอง²
Adisak wongdeeying^{1*}, Butsabawan Malithong²

^{1,2}คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2}Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding author, E-mail: pimadisak@gmail.com

บทคัดย่อ

จากปัญหาการเพิ่มขึ้นของจำนวนข้อร้องเรียน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบเกณฑ์มาตรฐานสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plan) เพื่อลดจำนวนของเสียที่จะส่งมอบแก่ลูกค้า ซึ่งปัญหาที่พบ คือ มาตรฐานการสุ่มตรวจในปัจจุบันยังไม่สามารถสกัดของเสียออกไปส่งลูกค้าได้ส่งผลให้เกิดจำนวนข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่มากขึ้น ทำให้ต้นทุนผู้ผลิตเพิ่มขึ้นจากการชดเชยค่าเสียหาย ดังนั้น ผู้วิจัยออกแบบเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับมาใช้ในการแก้ปัญหา

ผลการศึกษาพบว่า ลูกค้ากลุ่มผู้ค้าคนกลางให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 มาตรฐาน MIL-STD-105E โดยใช้แผนการชักตัวอย่างเชิงเดียว ระดับ General II AQL ที่ 0.65 ซึ่งจะได้ค่าขีดจำกัดคุณภาพการส่งออกเฉลี่ย (AOQL) ของกลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไปและเวชภัณฑ์อยู่ที่ 0.055 และกลุ่มฝาอยู่ที่ 0.094 สำหรับลูกค้ากลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ให้ใช้แผนการชักตัวอย่างที่ 2 AOQL โดยการกำหนด AOQL ที่ 0.005 โดยเลือกจำนวนตัวอย่าง เมื่อมีค่าจำนวนตรวจสอบโดยเฉลี่ย (ATI) น้อยที่สุด ยกเว้นกรณีสินค้าประเภทฝาให้ใช้แผนที่ 1 ในการสุ่มตรวจสอบเนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีหน่วยงานประกอบ ซึ่งทำหน้าที่ประกอบและตรวจสอบฝา 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการคาดการณ์พบว่าเมื่อพิจารณาโอกาสที่เกิดมูลค่าความเสียหายของปี 2565 จะมีค่าอยู่ที่ 2,500,000 บาทต่อปี ลดลงจากโอกาสที่จะเกิดมูลค่าความเสียหายในปี 2564 4,300,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 63.24

คำสำคัญ: การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ขีดจำกัดคุณภาพการส่งออกเฉลี่ย ระดับคุณภาพที่ยอมรับได้

ABSTRACT

The researcher investigates of growing complaints about bouncing the products because of quality. that use sampling methods that are inconsistent with customer requirements The purpose of this research was design benchmarks for acceptance sampling plans to the reduce waste of produces that customer return the problem is the current

standard of random checks is still unable to separate waste for delivery to customers. This increases the manufacturer's cost of indemnification.

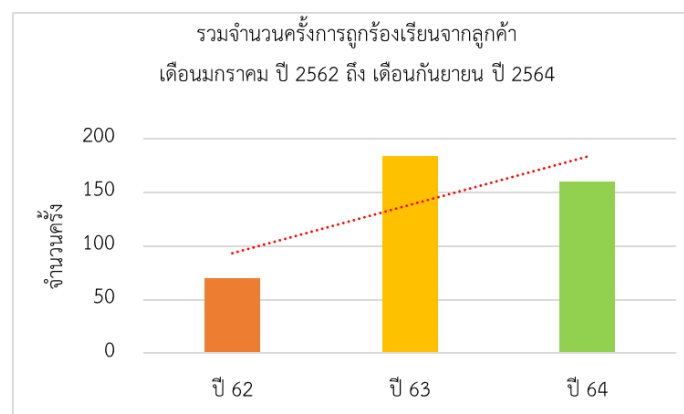
The results of the study found that Intermediary customers use Sampling Plan 1, MIL-STD-105E standard, using General II AQL Level Single Sampling Plan of 0.65, which will receive Average Export Quality Limit (AOQL) of the general package group at 0.055 and capitalization at 0.094 for industrial customers. Using Sampling Plan 2, AOQL, setting the AOQL to 0.005, selecting the number of samples. When the average number of checks (ATI) is lowest, except in bottle cap products, use plan 1 for random checks. Because the case study factory has an assembly unit that acts as a 100 percent assembly and inspection of the lid, it is expected that when considering the chance of damage in 2022, it will be worth 2,500,000 baht per year, reduced from the chance of damage in 2021 4.3 million baht per year. or 63.24%

Keywords: Acceptance Sampling, Plan Average Outgoing Quality, Limit Acceptable Quality Limit

บทนำ

ผลจากการฟื้นตัวของเศรษฐกิจไทยและโลกทำให้ผู้ประกอบการมีการปรับตัวทั้งในด้านของวัสดุและเทคโนโลยี ทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการให้ทันต่อการส่งมอบ และพัฒนาให้มีการขนส่งที่ดี ทันต่อเวลา การส่งมอบ โดยขึ้นอยู่กับประเภทที่ผลิต เช่น โรงงานฉีดพลาสติก โรงงานเป่าถุงพลาสติก โรงงานเป่าขวดพลาสติก โรงงานหล่อพลาสติก รวมถึงโรงงานกรณีศึกษาที่ปัจจุบันที่การขยายกำลังการผลิตเพื่อผลักดันให้องค์กรก้าวเข้าสู่ตลาดโลก โดยคุณภาพสินค้าที่ส่งออกไปสู่ตลาดเป็นเรื่องสำคัญอันดับหนึ่งสำหรับโรงงาน เพราะส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือที่ลูกค้าจะมีต่อผู้ผลิต และมีผลต่อการตัดสินใจในการสั่งซื้อสินค้าในล็อตต่อไปด้วย (อภิญา ขุนทอง, 2564)

จากการศึกษาจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้าในสินค้าประเภทต่าง ๆ ของโรงงานกรณีศึกษา ภายในเดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน ปี 2564 พบว่าแนวโน้มการร้องเรียนสินค้าที่สูงมากขึ้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: รวมจำนวนครั้งการถูกร้องเรียนเดือน ม.ค. 2562 - มิ.ย. 2564

เมื่อทำการตรวจสอบปัญหาข้อร้องเรียน จะพบว่าปัญหาจากคุณภาพของสินค้าที่นำส่งแก่ลูกค้า ปัญหาที่พบ เช่น คอขวดเบี้ยว ขวดบวม และขวดสีจาง ซึ่งทุกปัญหานั้นเป็นปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งเกิดจากการตรวจสอบของเสียที่ไม่มีมาตรฐาน ดังนั้นการหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่ควรสนใจ อันดับต้น ๆ สำหรับโรงงานกรณีศึกษา ปัจจุบันยังมีการใช้การสุ่มตัวอย่างที่ไม่มีแบบแผน โดยมีการใช้สุ่มตัวอย่างระดับ GI ที่ระดับ AQL ที่ 2.5 กับทุกผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับลูกค้าบางกลุ่ม ซึ่งต้องการการสุ่มตัวอย่างที่มีแบบแผน เพื่อให้การตรวจสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ความเชื่อมั่นเชื่อถือของผู้ผลิต และเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ลูกค้า พร้อมทั้งลดค่าชดเชยของเสียที่เกิดกับลูกค้า ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดเพื่อออกแบบวิธีมาตรฐานในการใช้แผนการสุ่มเพื่อการตรวจสอบและลดของเสียที่จะส่งมอบให้แก่ลูกค้า

ทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดพื้นฐานในเรื่องการชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551, หน้า 235-302)

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพ การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นการตรวจสอบเพื่อรับหรือปฏิเสธวัตถุดิบที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิต หรือเพื่อการตัดสินใจส่งสินค้าไปให้ลูกค้า การตรวจสอบจะทำโดยวิธีการชักตัวอย่างจากของที่ส่งมา แล้วทำการตรวจสอบลักษณะคุณภาพตามที่กำหนด จากผลของการตรวจสอบตัวอย่างจึงตัดสินใจว่าจะยอมรับ หรือปฏิเสธวัตถุดิบทั้งหมด

การควบคุมคุณภาพ

ในการประกันคุณภาพที่ดีนั้น มีความจำเป็นต้องสร้างความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และการบริการอย่างครบวงจรชีวิต ซึ่งประกอบด้วย คุณภาพในการออกแบบ (Quality of Design) และคุณภาพของความถูกต้องในการผลิต (Quality of Conformance) สำหรับการควบคุมคุณภาพคุณภาพของความถูกต้องในการผลิตประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ

1. การควบคุมคุณภาพของกระบวนการ (Process Quality Control; PQC)
2. การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ (Acceptance Quality Control; AQC)

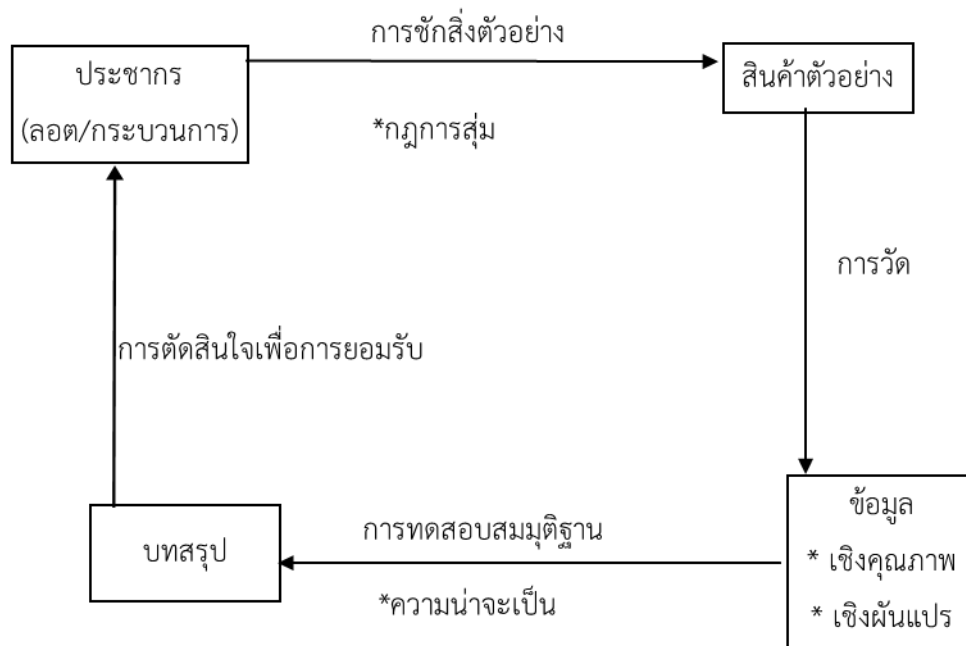
การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ (บริษัท ไทยเจริญเทค จำกัด, 2563)

ประเภทของการควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับจำแนกเป็น 4 ประเภท คือ

1. การตรวจสอบแบบ 100 % หมายถึง การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ละหน่วยทุกหน่วย
2. การตรวจสอบเป็นครั้งคราว (Spot-check Inspection) หมายถึง การตรวจสอบแบบเลือก ตามใจชอบโดยมิได้วางอยู่บนเกณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์
3. การให้คำรับรอง (Certification) หมายถึง การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับโดยการให้ วิศวกร หรือสถาบันที่ลูกค้าให้การยอมรับ
4. การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling) หมายถึงการตรวจสอบสิ่งตัวอย่าง (Sample) ที่เลือกขึ้นมาจากงานทั้งหมดโดยวิธีการทางสถิติด้วยกฎของความน่าจะเป็น (Probability)

การชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Minitab Block, 2564)

เทคนิคของการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เป็นเทคนิคที่อาศัยการประยุกต์หลักการทางสถิติและความน่าจะเป็นในการเลือกสิ่งตัวอย่างที่ต้องการตัดสินใจ (ทางสถิติ เรียกว่า ประชากร) และอาศัยการอนุมานทางสถิติ (Statistical Inference) แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2: การชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อออกแบบเกณฑ์มาตรฐานสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plan) เพื่อลดจำนวนของเสียที่จะส่งมอบแก่ลูกค้า

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยมีภาพรวมการทำงานของโรงงานกรณีศึกษา เป็นสายการผลิตแบบ Mass product (ครั้งละมาก ๆ) โดยต้องส่งมอบให้ตรงตามการนัดหมายของลูกค้าการตรวจสอบสินค้าก่อนการส่งมอบ (Final) โดยใช้มาตรฐานการสุ่มตรวจ (AQL : Acceptable Quality Level) มาตรฐาน มอก. No 465-2527 ปัจจุบันที่ใช้คือ AQL ที่ 2.5 ระดับ G I โดยหน่วยงานประกันคุณภาพซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบสินค้าจากการผลิต ก่อนการส่งมอบให้แก่ลูกค้า เพื่อให้เชื่อมั่นว่าคุณภาพของสินค้าที่ส่งมอบให้แก่ลูกค้ามีคุณภาพที่ยอมรับได้

1.1 การแยกประเภทสินค้า

การแยกประเภทสินค้าในงานวิจัย ได้แยกประเภทสินค้าเป็น 2 ประเภท คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มสินค้าที่ส่งมอบแก่ลูกค้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม หมายถึง กลุ่มสินค้าที่โรงงานอุตสาหกรรมมีคำสั่งซื้อมายังโรงงานกรณีศึกษา เป็นสินค้าที่มีความเสี่ยงสูง จำเป็นต้องมีการสุ่มตรวจในระดับคุณภาพที่แม่นยำสูง

กลุ่มที่ 2 กลุ่มสินค้าที่ส่งมอบแก่ผู้ค้าส่ง หมายถึง กลุ่มสินค้าที่ผู้ค้าส่งหรือผู้ค้าคนกลางมีคำสั่งซื้อมายังโรงงานกรณีศึกษา เป็นสินค้าที่มีความเสี่ยงต่ำ จำเป็นต้องมีการสุ่มตรวจในระดับคุณภาพน้อยถึงปานกลาง โดยประเภทสินค้าที่ส่งในแต่ละกลุ่ม สามารถแบ่งได้อีก 3 ประเภท ดังนี้

กลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป เช่น ขวดโหล ขวดซอส ขวดน้ำผึ้ง เป็นต้น
กลุ่มขวดเวชภัณฑ์ เช่น ขวดสีชา ขวดอาหารเสริม เป็นต้น
กลุ่มฝา เช่น ฝาขวดโหล ฝาขวดซอส เป็นต้น

1.2 การตรวจสอบสินค้าในโรงงานการศึกษา

สำหรับการตรวจสอบจะมี 3 ลักษณะ

1.2.1 ขนาด (Dimension) หมายถึง การตรวจสอบขนาดของวัตถุดิบตามบรรทัดฐานที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะ โดยใช้เครื่องมือวัด

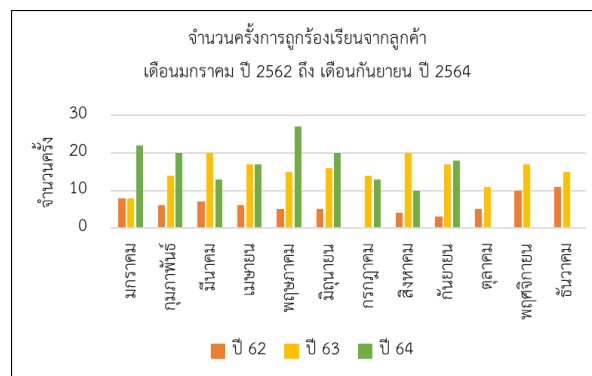
1.2.2 ลักษณะภายนอก (Appearance) หมายถึง การตรวจสอบลักษณะรูปร่างทางกายภาพของสินค้าที่สามารถสังเกตได้ด้วยตา

1.2.3 คุณสมบัติทางการใช้งาน (Functional) หมายถึง การตรวจสอบด้านการใช้งานตามข้อกำหนดไว้ในข้อกำหนดเฉพาะ

2. การรวบรวมปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุ

2.1 การรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น

จำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้าในสินค้าประเภทต่าง ๆ ภายในเดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน ปี 2564 พบว่าแนวโน้มการร้องเรียนสินค้าที่พบปัญหามีจำนวนมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 3



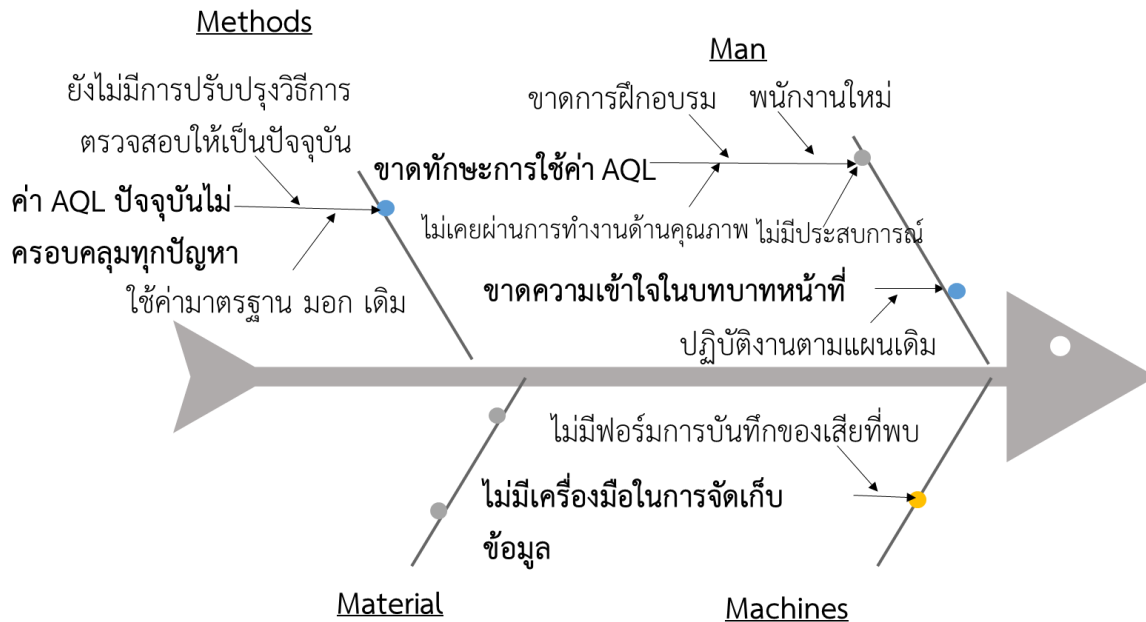
ภาพที่ 3: จำนวนครั้งการร้องเรียน เดือน ม.ค. 2562 - เดือน ก.ย. 2564

ในเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ปี 2562 มีจำนวนครั้งการร้องเรียนอยู่เฉลี่ย 6 ครั้งต่อเดือน และในเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ปี 2563 มีจำนวนครั้งการร้องเรียนเฉลี่ย 15 ครั้งต่อเดือน และในเดือนมกราคม ถึง เดือน กันยายน ปี 2564 เฉลี่ยอยู่ที่เดือนละ 18 ครั้งต่อเดือน เมื่อคิดเป็นสัดส่วนพบว่ารวม ปี 2562 มีจำนวนการร้องเรียน 70 ครั้ง ปี 2563 มีจำนวนครั้งการร้องเรียน 150 ครั้ง และใน ปี 2564 จำนวนเพียง 9 เดือนมีการร้องเรียนถึง 160 ครั้ง

เมื่อทำการตรวจสอบปัญหาข้อร้องเรียน จะพบว่ามีปัญหามาจากคุณภาพของสินค้าที่นำส่งแก่ลูกค้า ตัวอย่างปัญหาที่พบ ได้แก่ คอขวดเบี้ยว ขวดบุบ และขวดสีจาง ซึ่งปัญหานั้นเป็นปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งเกิดจากการตรวจสอบของเสียที่ไม่ได้มาตรฐาน จึงไม่สามารถสกัดของเสียก่อนการส่งมอบให้แก่ลูกค้าได้จากจำนวนครั้งการร้องเรียน ในเดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายน ปี 2564 รวมมีการร้องเรียนที่ก่อให้เกิดมูลค่าความเสียหาย รวมทั้งสิ้น 2,288,306.04 บาท

2.2 การวิเคราะห์สาเหตุ

จากปัจจุบันที่การตรวจสอบคุณภาพสินค้าก่อนการส่งมอบวัตถุดิบ และตัวอย่างการสุ่มในปัจจุบัน ยังไม่สามารถตรวจจับปัญหาที่เกิดจากวัตถุดิบได้ เพราะใช้วิธีการสุ่มโดยทั่วไป ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์สาเหตุเพื่อหาแนวทางแก้ไข ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4: แผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุการชักตัวอย่างไม่ถูกต้อง

3. การออกแบบวิธีการปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างและมาตรฐานแผนการสุ่มตัวอย่าง

3.1 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน MIL-STD-105E

โรงงานกรณีศึกษาได้นำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างมาตรฐาน MIL-STD-105E มาเริ่มใช้งานเพื่อประกันคุณภาพสินค้าที่ส่งออกไป ซึ่งเป็นการสร้างความน่าเชื่อถืออย่างหนึ่งต่อความเชื่อมั่นที่ดีของลูกค้าในระดับมาตรฐานสากล พารามิเตอร์ที่กำหนดใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 โดยใช้ตารางมาตรฐาน MIL-STD-105E มีดังต่อไปนี้

- กำหนดค่า AQL เท่ากับ 0.65 ใช้ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดียว ที่ระดับ General II ซึ่งเป็นเกณฑ์การจากค่าต่ำที่สุดของกระบวนการที่จะยอมให้ปล่อยของเสียได้ ประมาณ 65%
- แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน MIL-STD-105E ใช้ AQL ที่ 0.65 กำหนดขนาดล็อต ในแต่ละประเภทสินค้าตามขนาดเฉลี่ยของการผลิตต่อ 1 กะทำงาน
- กำหนดให้ใช้ค่า จำนวนข้อบกพร่องหรือของเสียต่อหน่วยการตรวจสอบ (c) เท่ากับ 2 ตามค่าเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษาเนื่องจากมีการส่งสินค้าลูกค้า 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม และกลุ่มผู้ค้าส่ง โรงงานกรณีศึกษาจึงมีระดับคุณภาพหลังการตรวจสอบที่แตกต่างกัน คือ กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ต้องการระดับคุณภาพสินค้าหลังการสุ่มตัวอย่างที่ 0.005 % และกลุ่มที่ผู้ค้าคนกลาง ต้องการระดับคุณภาพสินค้าหลังการสุ่มตัวอย่างที่ 0.1 %

3.2 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

โรงงานกรณีศึกษาตั้งเป้าหมายคุณภาพไว้ว่าลอตงานที่ส่งออกสู่ตลาดต้องการใช้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.005 ในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม และ 0.1% ในกลุ่มผู้ค้าคนกลาง โดยมีข้อกำหนดกับลูกค้าของโรงงานกรณีศึกษา จึงนำมากำหนดพารามิเตอร์ในแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ดังนี้

3.2.1 กลุ่มสินค้าที่โรงงานอุตสาหกรรมมีการสั่งซื้อ

ขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) = 0.005 และเปอร์เซ็นต์ของเสียที่ยอมรับได้ในลอต (Lot Tolerance Percent Defective: LTPD) = 0.15%

3.2.2 กลุ่มผู้ค้าคนกลางมีคำสั่งซื้อ

ขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) = 0.1 และเปอร์เซ็นต์ของเสียที่ยอมรับได้ในลอต (Lot Tolerance Percent Defective: LTPD) = 0.25%

4. กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่าง

4.1 เปรียบเทียบความเหมาะสมของแผนการสุ่มตัวอย่าง

เปรียบเทียบความเหมาะสมของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 โดยนำมาเปรียบเทียบกับตารางเส้นโค้ง OC เพื่อเปรียบเทียบความชัน หากเส้นโค้งของแผนการสุ่มตัวอย่างใดมีความชันมาก แสดงถึงความสามารถในการสุ่มตัวอย่างที่ดี

4.2 จัดทำคู่มือการทำงาน (WI)

จัดทำคู่มือการทำงาน การใช้เกณฑ์การสุ่มมาตรฐานที่กำหนดขึ้น แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปปรับใช้อย่างถูกต้อง

4.3 จัดอบรมการใช้เกณฑ์การสุ่มตัวอย่าง

จัดอบรมการใช้เกณฑ์การสุ่มที่มาตรฐานที่จัดทำขึ้น พร้อมทั้งคู่มือการทำงาน แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินการวิจัยทั้งหมดโดยการเปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายก่อนและหลังการปรับปรุง การวิจัยครั้งนี้นำเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาใช้ในการปรับปรุงการแก้ไขปัญหาของระบบคุณภาพก่อนการส่งมอบสินค้าที่ไม่สามารถสกัดของเสียได้

ผลการดำเนินงานวิจัย

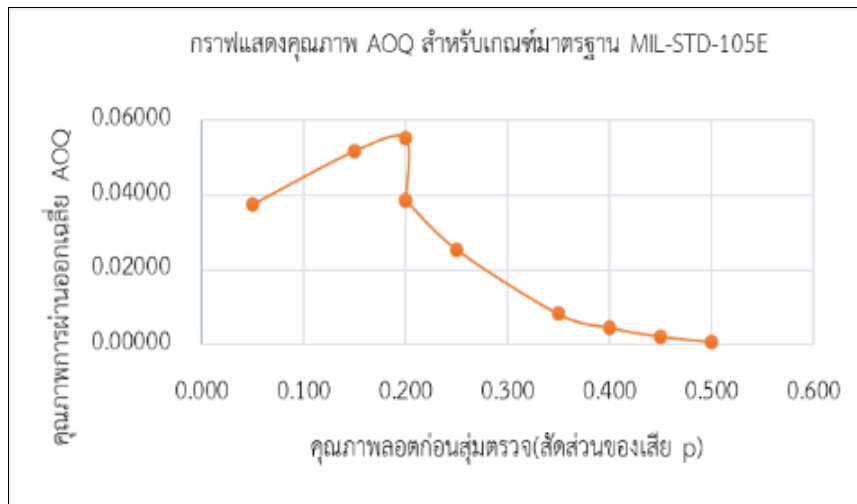
1. ผลการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างมาตรฐาน

1.1 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน MIL-STD-105E

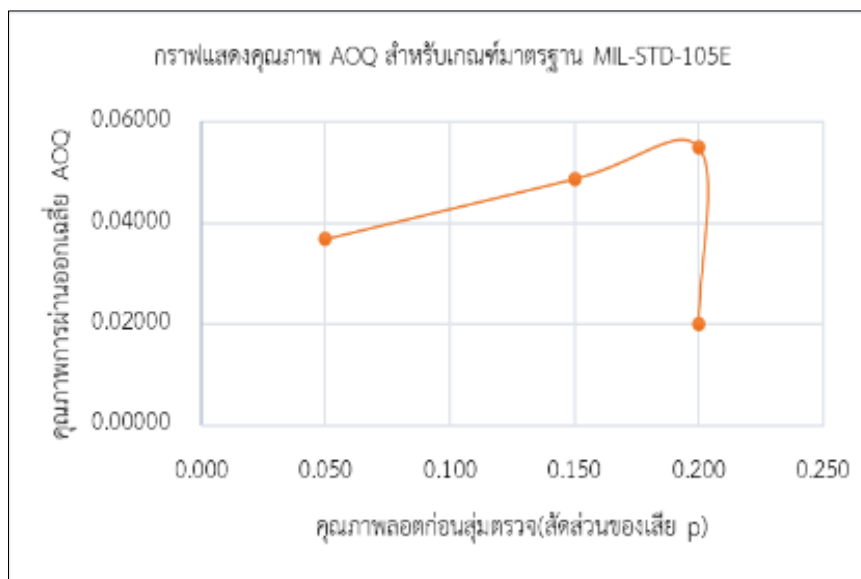
กลุ่มสินค้าที่โรงงานอุตสาหกรรมมีการสั่งซื้อ พบว่าระดับขีดจำกัดคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบกลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป มีค่า 0.055 ซึ่งมีมากกว่า 0.005 % ให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 เรียกว่า แผน AOQL ขีดจำกัดระดับคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบกลุ่มเวชภัณฑ์ มีค่า 0.055 ซึ่งมีมากกว่า 0.005% ให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 เรียกว่า แผน AOQL ระดับคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบกลุ่มผ้า มีค่า 0.094 ซึ่งมีมากกว่า 0.005% ให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 เรียกว่า แผน AOQL

กลุ่มผู้ค้าคนกลางมีคำสั่งซื้อ พบว่าขีดจำกัดระดับคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบกลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป มีค่า 0.055 มีค่าน้อยกว่า 0.1% ให้ยอมรับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ระดับ AQL ที่ 0.65 และขีดจำกัดระดับคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบกลุ่มเวชภัณฑ์มีค่า 0.055 มีค่าน้อยกว่า 0.1% ให้ยอมรับ

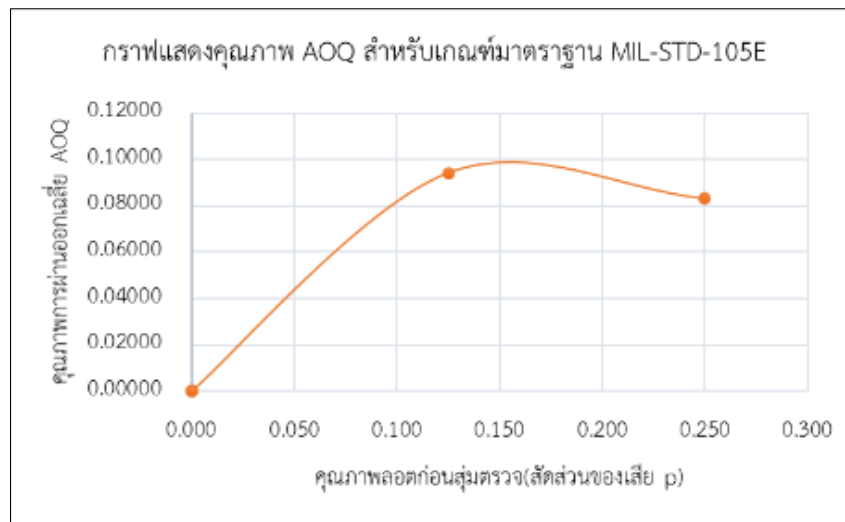
แผนการสุ่มตัวอย่างที่ระดับ AQL ที่ 0.65% ชี้ดจำกัดระดับคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบกลุ่มฝา มีค่า 0.094 มีค่าน้อยกว่า 0.1% ให้ยอมรับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ระดับ AQL ที่ 0.65% แสดงดังภาพที่ 5-7



ภาพที่ 5: กราฟแสดงคุณภาพ AOQ กลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป



ภาพที่ 6: กราฟแสดงคุณภาพ AOQ กลุ่มเวชภัณฑ์



ภาพที่ 7: กราฟแสดงคุณภาพ AOQ กลุ่มฝา

1.2 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

กลุ่มสินค้าที่โรงงานอุตสาหกรรมมีการสั่งซื้อ ชีตจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) = 0.005 และ % ของเสียที่ยอมรับได้ในล็อต (Lot Tolerance Percent Defective: LTPD) = 0.15 % ค่าสัดส่วนของเสีย (p) นำข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิตในช่วงเดือนพฤษภาคม 2564 ถึงเดือนตุลาคม 2564 แบ่งตามประเภทผลการสุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

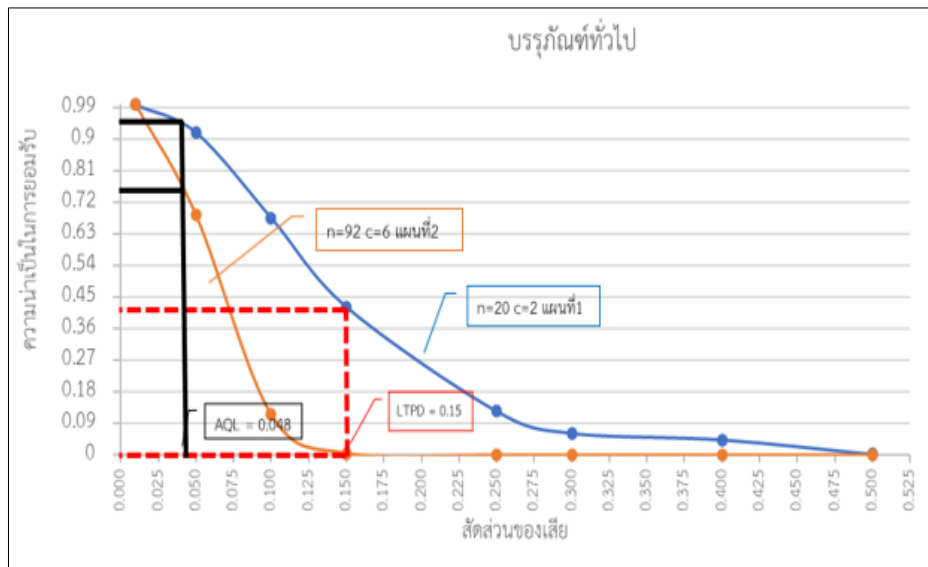
ตารางที่ 1: สรุปแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2

สรุปแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2						
ประเภท	c	y	n	np	Pa	ATI
บรรจุภัณฑ์ทั่วไป	5	3.168	92	4.4	0.72	97
เวชภัณฑ์	6	3.812	89	4.8	0.856	91
ฝา	1	0.8408	35	0.6	0.878	36

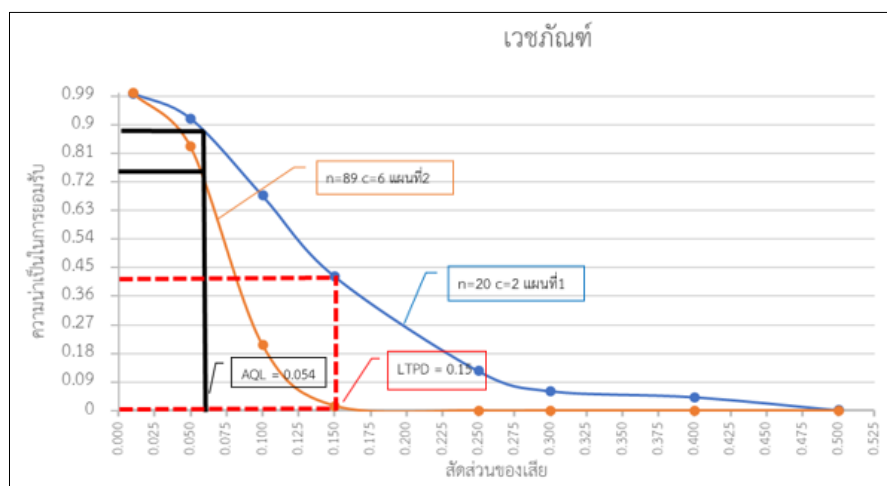
ผลที่ได้จากการคำนวณประเภทบรรจุภัณฑ์ทั่วไปจะได้ว่า (n,c) ที่ทำให้จำนวนที่ตรวจสอบโดยเฉลี่ย(ATI) มีค่าน้อยที่สุด ที่ AOQL = 0.005 คือ จำนวนตัวอย่าง (n) เท่ากับ 92 ถุง และจำนวนบกพร่องที่พบ (c) 5 ถุง ผลที่ได้จากการคำนวณประเภทเวชภัณฑ์จะได้ว่า (n,c) ที่ทำให้จำนวนที่ตรวจสอบโดยเฉลี่ย(ATI) มีค่าน้อยที่สุด ที่ AOQL = 0.005 คือ จำนวนตัวอย่าง (n) เท่ากับ 89 ถุง และจำนวนบกพร่องที่พบ (c) 6 ถุง และผลที่ได้จากการคำนวณประเภทฝาจะได้ว่า (n,c) ที่ทำให้จำนวนที่ตรวจสอบโดยเฉลี่ย(ATI) มีค่าน้อยที่สุด ที่ AOQL = 0.005 คือ จำนวนตัวอย่าง (n) เท่ากับ 35 ถุง และจำนวนบกพร่องที่พบ (c) 1 ถุง แต่เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษา มีหน่วยงานประกอบซึ่งทำหน้าที่ในการตรวจสอบสินค้าประเภทฝา 100% จึงให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 สำหรับสินค้าประเภทฝา

2. เปรียบเทียบการสุ่มตัวอย่างด้วยเส้นโค้ง OC

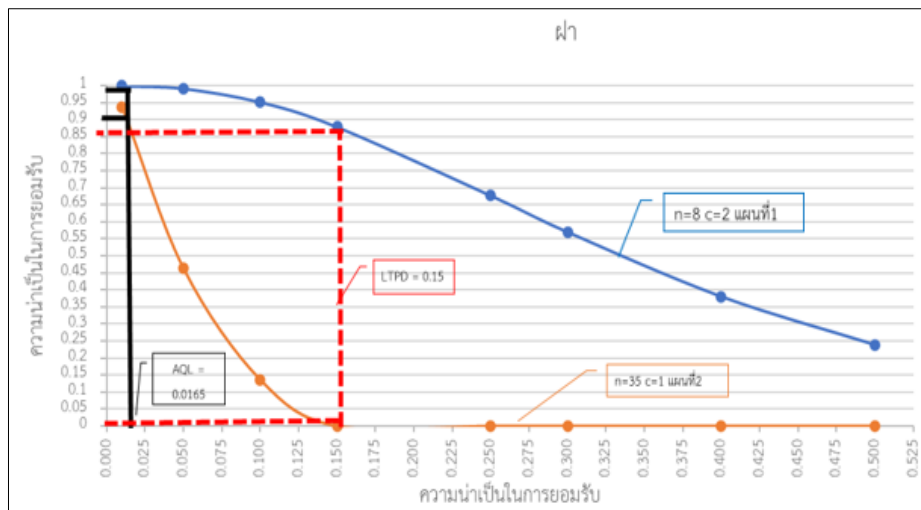
จากแผนการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มสินค้าบรรจุภัณฑ์ทั่วไปและสินค้าเวชภัณฑ์ ได้ค่า AOQL เท่ากับ 0.055% และสินค้าประเภทผ้าได้ค่า AOQL 0.094% และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่กำหนดค่า AOQL = 0.005% นำมาเปรียบเทียบด้วยการสร้างเส้นโค้ง OC โดยแยกแต่ละประเภทจะได้ดังนี้



ภาพที่ 8: เส้นโค้ง OC กลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป



ภาพที่ 9: เส้นโค้ง OC กลุ่มเวชภัณฑ์



ภาพที่ 10: เส้นโค้ง OC กลุ่ม A

เมื่อพิจารณารูปร่างของเส้นโค้ง OC จะเห็นได้ว่า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีความชันมากกว่า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 หมายความว่า จะมีความสามารถในการแยกแยะงานดีและเสียออกจากกันได้ดีกว่าเมื่อ สัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้น ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 จึงแผนตัวอย่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานสำหรับกลุ่ม โรงงานกรณีตัวอย่าง

3. กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่าง

3.1 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1

แผนการสุ่มตัวอย่างตามตารางมาตรฐาน STD-MIL-105E เลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง เชิงเดี่ยว ที่มีการกำหนดค่า $AQL = 0.65$ การตรวจสอบอยู่ในระดับปกติ แบบทั่วไปที่ระดับ II เพื่อให้ง่ายและ เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องต่อการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงนำแผนการสุ่มตัวอย่างจากตารางมาตรฐาน STD-MIL-105E มาจัดทำคู่มือการทำงานดังที่แสดงไว้เพื่อใช้ในการเริ่มต้นการตรวจสอบแบบปกติ ซึ่งแผนการ สุ่มตัวอย่างจะมีความแตกต่างกันตามการใช้งานขึ้นอยู่กับขนาดของล็อตที่ทำการตรวจสอบและจำนวนของเสีย ที่พบซึ่งจะเปลี่ยนเป็นแบบเคร่งครัดหรือผ่อนคลายนั่น โดยอาศัยกฎการสับเปลี่ยน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: เกณฑ์การสุ่มตัวอย่างแผนที่ 1

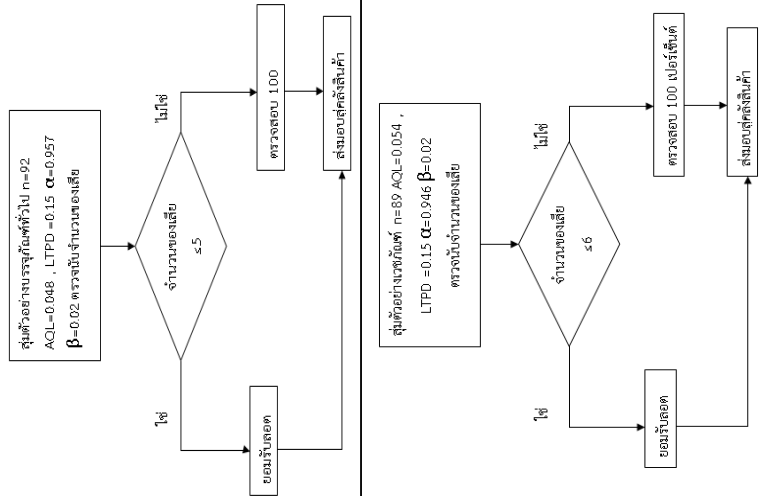
หน่วยงาน : ประกันคุณภาพ	เรื่อง : มาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบด้วยสายตา												
วิธีการทำงาน	ตารางสุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบคุณภาพ (AQL=0.65%)												
ระดับ	แบบเข้มงวด(Tighten)			แบบปกติ (Normal)			แบบผ่อนคลาย(Reduce)			ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง			
	i	n	Ac	Rc	I	n	Ac	Rc	I	n	Ac	Rc	
ขนาดล็อต													1. การใช้กฎการสับเปลี่ยน ให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนดังกล่าว หากเป็นการเริ่มต้น ให้เริ่มที่ระดับปกติเสมอ ใช้กฎการสับเปลี่ยนดังนี้
2 ถึง 8	A	2	0	1	A	2	0	1	A	2	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
9 ถึง 15	B	3	0	1	B	3	0	1	A	2	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
16 ถึง 25	C	5	0	1	C	5	0	1	A	2	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
26 ถึง 50	D	8	0	1	D	8	0	1	B	2	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
51 ถึง 90	E	13	0	1	E	13	0	1	C	2	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
91 ถึง 150	F	20	0	1	F	20	0	1	D	8	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
151 ถึง 280	G	32	0	1	G	32	0	1	E	5	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
281 ถึง 500	H	50	1	2	H	50	0	1	F	8	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
501 ถึง 1200	J	80	1	2	J	80	0	1	G	13	0	1	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
1201 ถึง 3200	K	125	1	2	K	125	1	2	H	20	1	2	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
3201 ถึง 10000	L	200	2	3	L	200	3	4	J	32	1	2	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
10000 ถึง 35000	M	315	3	4	M	315	5	6	K	50	1	2	-ระหว่างตรวจสอบแบบปกติ 5 ล็อต พบ 2 ล็อตถูกปฏิเสธ ให้เพิ่มการตรวจสอบแบบเคร่งครัด
4.3. ลอตงานที่ถูกละทิ้งให้ตรวจ													การใช้อ้างอิงตัวอย่าง
100 เปอร์เซ็นต์ ให้ทำการสุ่มตรวจอีกครั้ง													1. เลือกขนาดล็อตในช่อง n จำนวนที่ยอมรับลดในช่อง Ac และจำนวนที่ปฏิเสธลดในช่อง Re
4.4 ให้ใช้กฎการสับเปลี่ยนสำหรับล็อต													2. เริ่มการตรวจสอบด้วยระดับปกติ แล้วจึงสับเปลี่ยนตามเงื่อนไข
งานถัดไปและปฏิบัติตามกฎการสับเปลี่ยน													

3.2 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 AOQL

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวนตัวอย่างของสินค้าแต่ละประเภท คือ บรรจุภัณฑ์ทั่วไปจำนวน 92 ถุง และเวชภัณฑ์จำนวน 89 ถุง ซึ่งเป็นจำนวนที่มาก ซึ่งส่งผลต่อการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษาทำงานได้ไม่ทันกำหนด จึงมีวิธีการสุ่มตัวอย่างซึ่งงานจากการอบการส่งสินค้าในแต่ละรายการ จำนวน 12 ถุงทุก ๆ รอบ การส่ง ในกรณีที่พบของเสียมากกว่าจำนวนที่ยอมรับได้จะทำการตรวจสอบ 100 % กับรอบที่ส่งสินค้าเข้าสู่คลังสินค้าเท่านั้นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: เกณฑ์การสุ่มตัวอย่างแผนที่ 2

หน่วยงาน : ประกันคุณภาพ	วิธีการทำงาน	เรื่อง : มาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบด้วยสายตา
ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง		
ให้นำพนักงานปฏิบัติงานต่อไปนี้		
1. การสุ่มชิ้นงานให้ปฏิบัติงานดังนี้		
รอบการส่งสินค้าเข้าสู่คลังสินค้า	จำนวนกลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป (ถุง)	จำนวนกลุ่มเวชภัณฑ์ (ถุง)
กะ 1 รอบที่ 1 เวลา 10:00 นาฬิกา	11	11
กะ 1 รอบที่ 2 เวลา 13:30 นาฬิกา	12	11
กะ 1 รอบที่ 3 เวลา 15:00 นาฬิกา	11	11
กะ 1 รอบที่ 4 เวลา 18:30 นาฬิกา	12	11
กะ 2 รอบที่ 5 เวลา 22:00 นาฬิกา	12	12
กะ 2 รอบที่ 6 เวลา 01:00 นาฬิกา	11	11
กะ 2 รอบที่ 7 เวลา 04:00 นาฬิกา	12	11
กะ 2 รอบที่ 8 เวลา 06:30 นาฬิกา	11	11
2. ตรวจสอบชิ้นงานและให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการตรวจสอบ		
3. การจัดการกับข้อบกพร่องให้พิจารณาตามจำนวนของเสียที่พบให้ปฏิบัติตามนี้		
3.1 พบชิ้นงานเสียกลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ให้ ยอมรับตลอด		
3.2 พบชิ้นงานเสียกลุ่มบรรจุภัณฑ์ทั่วไป น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ให้ ยอมรับตลอด		
3.3 หากพบของเสียมากกว่าจำนวนกล่าวในข้อ 3.1 และ 3.2 ให้ปฏิเสธตลอดนี้ แล้วออกสถานะของของเสียแก่หัวหน้างาน เพื่อทำงานตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์		



4. อบรมเกณฑ์การใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง

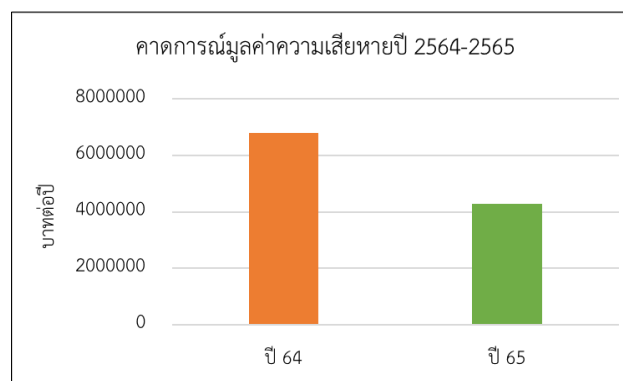
จัดอบรมการใช้เกณฑ์การสุ่มที่มาตรฐานที่จัดทำขึ้น พร้อมทั้งคู่มือการทำงาน แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หน่วยการคุณภาพ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถปรับใช้ในการสุ่มตัวอย่างสินค้าได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 4: การอบรมการสุ่มตัวอย่าง

5. การประเมินแผนการสุ่มตัวอย่าง

จากการคาดการณ์มูลค่าความเสียหาย พบว่า AOQL เมื่อพิจารณาโอกาสที่เกิดมูลค่าความเสียหายของปี 2565 พบว่ามีค่าอยู่ที่ 2,500,000 บาทต่อปี ลดลงจากโอกาสที่จะเกิดมูลค่าความเสียหายในปี 2564 ที่มีค่า 6,800,000 บาทต่อปี ถึง 4,300,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 63.24 แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 5: คาดการณ์มูลค่าความเสียหาย ปี 2654-2565

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เมื่อทำการประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบผลและเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบกับเส้นโค้ง OC พบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีความเหมาะสมสำหรับลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรม และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 มีความเหมาะสมสำหรับลูกค้ากลุ่มผู้ค้าคนกลาง แต่สินค้าประเภทผ้าเป็นสินค้ากรณีพิเศษเนื่องจากโรงงานกรณีศึกษา มีหน่วยงานประกอบซึ่งทำหน้าที่ในการตรวจสอบสินค้าประเภทผ้า 100 % จึงให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 สำหรับสินค้าประเภทนี้

โดยการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างมีการใช้ที่แตกต่างกัน คือ แผนตัวอย่างที่ 1 แผนมาตรฐาน MIL-STD-105E สำหรับลูกค้าประเภทผู้ค้าคนกลาง โดยใช้เกณฑ์การสุ่มตัวอย่างที่ระดับ AQL ที่ 0.65 จะได้ค่า AOQL สินค้าประเภทบรรจุภัณฑ์ทั่วไป และสินค้าเวชภัณฑ์ อยู่ที่ 0.055 และสินค้าประเภทฝา อยู่ที่ 0.094 สำหรับแผนตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL สำหรับลูกค้าประเภทโรงงานอุตสาหกรรม โดยการใช้สุ่มตัวอย่างจากค่า ATI ที่น้อยที่สุด โดยกำหนด AOQL อยู่ที่ 0.005

จากการประเมินการนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้งานนั้น โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) เพื่อเปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากการส่งของเสียไปยังลูกค้า ได้ใช้การประเมินจากแผนที่ 2 เนื่องจากเป็นแผนที่ใช้สำหรับลูกค้ากลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งลูกค้ากลุ่มดังกล่าวมีผลต่อการส่งคืนสินค้ามากกว่ากลุ่มลูกค้าที่เป็นกลุ่มผู้ค้าคนกลาง จากการคาดการณ์มูลค่าความเสียหาย พบว่า AOQL เมื่อพิจารณาโอกาสที่เกิดมูลค่าความเสียหายของปี 2565 พบว่ามีค่าอยู่ที่ 2,500,000 บาทต่อปี ลดลงจากโอกาสที่จะเกิดมูลค่าความเสียหายในปี 2564 4,300,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 63.24

ข้อเสนอแนะ

1. ในการประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างควรคำนึงถึง ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่าง ทั้งในด้านของแรงงานและเวลา
2. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดียวในการวิจัยฉบับนี้ ควรทำการวิจัยต่อให้มีความเหมาะสมกับสินค้ารายผลิตภัณฑ์
3. แผนการสุ่มตัวอย่างควรมีการประเมิน และปรับเปลี่ยนแผนเป็นระยะเพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตในแต่ละช่วง ซึ่งควรวิจัยต่อในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างกับระดับคุณภาพของกระบวนการ
4. แนวทางการปรับใช้งานวิจัย
 - 4.1 การศึกษาข้อมูลข้อร้องเรียน เพื่อตัดสินใจเริ่มต้นในการใช้เกณฑ์การสุ่มตัวอย่าง
 - 4.2 ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นกับสินค้าทั้งในกระบวนการผลิต และปัญหาที่พบหลังการร้องเรียนของลูกค้า
 - 4.3 ก่อนการเริ่มใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ควรมีการเปรียบเทียบแผนการสุ่มเพื่อให้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ทำให้เกิดการยอมรับมากที่สุด และใช้ต้นทุนในการชักตัวอย่างจนวน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- บริษัท ไทยเจริญเทค จำกัด (2560, 15 มิถุนายน), *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ (Quality Control-Q.C.)*. บริษัทไทยเจริญเทค จำกัด. <https://www.chi.co.th/article/article-1138/>
- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551). *การควบคุมคุณภาพ Quality Control*. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- อภิญา ขนุนทอง. (2564, 13 มกราคม). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564-2566 : อุตสาหกรรมพลาสติก*. วิจัยกรุงศรี. <https://www.krungsri.com/th/research/industry>
- Minitab Block (2564, 22 กรกฎาคม). *การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับคืออะไรอุตสาหกรรมพลาสติก*. Minitab Block. <https://www.solutioncenterminitab.com>

ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มสำหรับวางแผนตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน
กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตรถยนต์และจักรยานยนต์

A MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR PREVENTIVE
MAINTENANCE SCHEDULING: A CASE STUDY IN AUTOMOTIVE
MANUFACTURING COMPANY

จิราวัฒน์ นัยกองศิริ^{1*}, นำชัย สโกร², ธนพนธ์ สาริกา³, พรณกษม อินทรทัต⁴
Jirawat Naiyagongsiri^{1*}, Namchai Sokai², Thanapon Sarika³, Paronkasom Indradat⁴

^{1,2,3,4}คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา

^{1,2,3,4}Faculty of Logistics, Burapha University

*Corresponding author, E-mail: jirawat.nsr@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการจัดตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) รายเดือน กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตรถยนต์และจักรยานยนต์แห่งหนึ่ง ให้มีเวลารวมในการปฏิบัติงานที่ต่ำที่สุดและจำนวนงานต้องจัดสรรให้ครบถ้วน โดยที่จำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการวางแผนทั้งหมด 20 ประเภท รวม 999 เครื่อง ทุกเครื่องจะมีความถี่ในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันทุกสัปดาห์หรือทุกเดือนและมีจำนวนพนักงานซ่อมบำรุงทั้งหมด 16 คน งานวิจัยนี้เสนอวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม ประมวลผลบนโปรแกรม Microsoft Excel และ OpenSolver 2.9.3 พบว่า ตัวแบบกำหนดการสามารถหาคำตอบได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สามารถจัดตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันได้ครบถ้วนทั้ง 999 เครื่อง โดยจัดกลุ่มของอุปกรณ์ออกเป็น 73 งาน ความถี่ในการปฏิบัติงานรวม 103 ครั้ง ซึ่งตัวแบบกำหนดการใช้เวลาในการหาคำตอบ 10 นาทีต่อครั้ง ส่วนวิธีการจัดตารางงานแบบเดิมใช้เวลา 458.14 นาทีต่อครั้ง ดังนั้นตัวแบบกำหนดการจะสามารถลดเวลาในการหาคำตอบได้ 448.14 นาทีต่อครั้งหรือร้อยละ 97.82

คำสำคัญ: ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม ปัญหาการวางแผนตารางงาน การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ABSTRACT

This research aims to present a mixed integer linear programming model for planning monthly preventive maintenance schedule. A case study of a large automotive manufacturer is presented in the study. The criteria for assigning the schedule is to complete all the assigned tasks with the lowest total time. The total number of machines to be planned in this case is 20 types, a total of 999 units, all of which have a weekly or monthly preventive maintenance frequency and a total of 16 maintenance workers. A complete preventive maintenance schedule can be set up for 999 machines, grouped into 73 devices, with a total operating

frequency of 103 times, Our scheduling model was use 10 minutes per session for processing and the current procedure was use 458.14 minutes per session. Therefore, Our scheduling model was able to reduce the time spent in planning by 448.14 minutes per session, or 97.82 percent.

Keywords: Mixed Integer Linear Programming Model, Scheduling Problem, Preventive Maintenance

บทนำ

องค์ประกอบของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบพื้นฐานด้วยกัน 4 อย่าง คือ 4 M ซึ่งประกอบด้วย พนักงานในบริษัท (Man), เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้สนับสนุนการผลิต (Machine), วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปหรือทำการผลิต (Material) และระเบียบหรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Method) การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นในส่วนของเครื่องจักร ซึ่งเครื่องจักรนั้นต้องการการซ่อมบำรุงตามการใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการทำงานและให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ โดยที่งานซ่อมบำรุงเครื่องจักรสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ การซ่อมบำรุงภายหลังจากที่เครื่องจักรเกิดการเสียหายแล้ว (Break Down Maintenance), การซ่อมบำรุงเชิงปรับปรุงแก้ไข (Corrective Maintenance), การซ่อมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) และการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

แผนกซ่อมบำรุงของโรงประกอบรถยนต์และจักรยานยนต์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้จังหวัดระยอง มีปัญหาในการจัดการตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันให้มีความสอดคล้องกับจำนวนพนักงานที่มี ซึ่งการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเป็นกิจกรรมการซ่อมบำรุงที่เกิดจากการวางแผนล่วงหน้า โดยเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกประเภทจะถูกกำหนดความถี่ไว้ว่าจะต้องซ่อมบำรุงเชิงป้องกันในระยะเวลาใดบ้าง เช่น สัปดาห์ละครั้ง เดือนละครั้ง ไตรมาสละครั้ง เป็นต้น การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันจะช่วยลดความเสี่ยงที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะเกิดปัญหาระหว่างการทำงาน พนักงานจึงต้องทำการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันตามแผนอย่างเคร่งครัดแต่กลับพบปัญหาพนักงานทำงานในเวลางานปกติไม่ทัน ส่งผลให้ต้องทำงานนอกเหนือเวลางานปกติ นอกจากนี้ยังเกิดการละเลยในการซ่อมบำรุง ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดของการซ่อมบำรุง

การศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่พนักงานจะต้องปฏิบัติตามแผนที่แผนกกำหนดไว้ แต่เดิมแผนกจะวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันตามลำดับหมายเลขของเครื่องจักรและอุปกรณ์เท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน รวมถึงไม่ได้มอบหมายให้พนักงานคนใดรับผิดชอบอย่างชัดเจน ซึ่งในการศึกษานี้มีเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่พนักงานจะต้องรับผิดชอบจำนวนทั้งสิ้น 999 เครื่อง จากปัญหาที่เกิดขึ้นแผนกซ่อมบำรุงมีความต้องการแก้ปัญหาการวางแผนตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันให้มีความสอดคล้องกับจำนวนพนักงาน เพื่อให้การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับใช้ในการศึกษาโดยมีประเด็นการค้นคว้าดังต่อไปนี้

เพชรายุทธ แซ่หลี่ และ อภิชัย ฤตวิรุฬห์ (2557) ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตเชิงคงของของบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง บริษัทพบปัญหาการวางแผนแรงงานในการผลิตในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนพนักงาน

ไม่เพียงพอต่ความต้องการของฝ่ายผลิต พนักงานต้องมีทักษะและความชำนาญ และเกิดความล่าช้าในการส่งมอบเนื่องจากทำการวางแผนแรงงานโดยปราศจากเครื่องมือใด ๆ งานวิจัยนี้ได้สร้างตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มสำหรับแก้ปัญหาในการวางแผนแรงงานโดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุดและใช้ OpenSolver ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ประเภท Add-In ของ Microsoft Excel ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด แผนการใช้แรงงานที่ได้จากตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมต่อเดือนลดลง 273,090 บาท หรือร้อยละ 8.08

วันัญญา อมรวัฒนา (2557) ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางเวรของพนักงานรักษาความปลอดภัยกรณีศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดตารางเวรให้ตรงกับเงื่อนไขของมหาวิทยาลัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้ใช้ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบหลายจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา โดยดำเนินการออกแบบ พัฒนา และค้นหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ผลการศึกษาพบว่า จากการดำเนินการโดยกำหนดจำนวนประชากร 40 รุ่น จำนวนเจเนอเรชัน 100 รอบ ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ และสามารถลดระยะเวลาขั้นตอนในการจัดตารางเวรได้

ปัญจรัตน์ แพทย์โท และ เสาวนิตย์ เลขวัต (2564) ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวางแผนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่ง โดยการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของผู้วางแผนการผลิต ซึ่งในบางครั้งพบว่า มีระยะเวลารอคอยในกระบวนการมากและเกิดความผิดพลาดในการจัดลำดับการผลิต งานวิจัยนี้ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจัดลำดับ (Job Shop Scheduling) สำหรับช่วยตัดสินใจและใช้ Solver ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ประเภท Add-In ของ Microsoft Excel รวมถึงข้อมูลอื่นๆ เช่น ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร ข้อจำกัดต่าง ๆ เป็นต้น มาทำการวางแผนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและใช้เวลาในการทำงานต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีการจัดลำดับการผลิตด้วยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถลดเวลาในการผลิตของเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2564 ได้ 73.99 ชั่วโมงหรือประมาณ 3 วันหรือคิดเป็นร้อยละ 11.32 และสามารถลดเวลาในการผลิตของเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 ได้ 21.72 ชั่วโมงหรือประมาณ 1 วันหรือคิดเป็นร้อยละ 2.83

รชนิต เรืองศรี และ วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ (2564) ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการทำงานสำหรับระบบที่มีงานต้องดำเนินการหลายงาน มีจำนวนพนักงานจำกัด มีความยืดหยุ่นในระยะเวลาการดำเนินงาน ปัญหาที่มีการลดระยะเวลาแล้วเสร็จของงานสุดท้ายเป็นตัวชี้วัด งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีฮิวริสติกสองขั้นตอนในการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มงานและจัดสรรตามจำนวนพนักงานสูงสุด ในขณะที่ขั้นตอนที่สองเป็นการปรับจำนวนพนักงานในแต่ละงานเพื่อให้ลดระยะเวลาแล้วเสร็จของงานสุดท้าย ผลการศึกษาพบว่า คำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติกสำหรับปัญหาขนาดเล็ก มีค่าเวลาแล้วเสร็จของงานสุดท้ายสูงกว่าคำตอบที่ได้จากการค้นหาคำตอบด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการเฉลี่ยร้อยละ 1.57 อย่างไรก็ตามสำหรับผลทดสอบของปัญหาขนาดใหญ่ วิธีฮิวริสติกให้คำตอบที่ดีกว่าการค้นหาคำตอบด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการเฉลี่ยร้อยละ 15.45

โฆษิต อัครวงศาพัฒน์ และคณะ (2564) ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการจัดตารางการรักษาผู้ป่วยโรคปากแหว่งเพดานโหว่ สาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วย ทรัพยากรที่จำกัด ขั้นตอนที่ซับซ้อนและใช้เวลาในกระบวนการรักษาที่ยาวนาน งานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับปัญหาการจัดตารางรักษาโรคปากแหว่งเพดานโหว่ รูปแบบจำลองที่ถูกนำเสนอได้นำมาพัฒนาภายใต้เงื่อนไขที่หลากหลายและพิจารณาวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างที่อยู่ของผู้ป่วยและโรงพยาบาล ค่าคะแนนความขึ้นชอบต่อโรงพยาบาลที่มากที่สุด และระยะเวลาเสร็จสิ้นโดยรวมที่สั้นที่สุด โดยทั้ง 3 วัตถุประสงค์ได้พัฒนาอยู่ในรูปของวัตถุประสงค์รวมและใช้วิธีการปรับแบบถ่วงน้ำหนัก ผลการศึกษา

พบว่า ตัวแบบจำลองสามารถแก้ปัญหาขนาดเล็กได้เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบจำลองรูปแบบเดิมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ตัวแบบจำลองนี้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าทั้งในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาและจำนวนของตัวแปร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จัดตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ด้วยตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming) โดยระบุวันที่และอุปกรณ์ที่พนักงานแต่ละคนต้องทำงานให้ชัดเจนภายใต้เงื่อนไขที่แผนกำหนด โดยคำนึงถึงเวลารวมในการปฏิบัติงานที่ต่ำที่สุดและจำนวนงานต้องจัดสรรให้ครบถ้วน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ศึกษาเฉพาะงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเท่านั้น โดยที่จำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการวางแผนทั้งหมด 20 ประเภท รวม 999 เครื่อง โดยทุกเครื่องจะมีความถี่ในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันทุกสัปดาห์หรือทุกเดือน มีจำนวนพนักงานซ่อมบำรุงทั้งหมด 16 คน กำหนดให้พนักงานทุกคนมีความสามารถซ่อมบำรุงอุปกรณ์ได้ทุกเครื่องและแผนที่ต้องการจะเป็นการวางแผนล่วงหน้า 1 เดือน หรือ 20 วันทำงาน โดยมีจำนวนชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน การศึกษานี้กำหนดเฉพาะการทำงานในเวลาปกติเท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบจำลองเชิงเส้นตรง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel รุ่น Microsoft 365 Apps for enterprise และ OpenSolver 2.9.3 ในการแก้ปัญหา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้สำรวจข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์พนักงานแผนกซ่อมบำรุง ผู้ดูแลแผนก และการเก็บข้อมูลภาคสนามเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมถึงรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับคู่มือปฏิบัติงานจำนวนพนักงาน รายชื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อนำมาพัฒนาแบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear Programming) สำหรับการตัดสินใจวางแผนตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

จากการสัมภาษณ์ผู้ดูแลแผนกซ่อมบำรุงของโรงประกอบรถยนต์และจักรยานยนต์แห่งนี้ พบว่า มีความต้องการแก้ปัญหาตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันกับอุปกรณ์ทั้งหมด 20 ประเภท รวมทั้งสิ้น 999 เครื่อง ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีความถี่สูงในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน จะต้องซ่อมบำรุงทุกสัปดาห์หรือทุกเดือน

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามและสัมภาษณ์ผู้ดูแลแผนกรวมถึงพนักงานซ่อมบำรุง ได้รับการเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดกลุ่มของงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของพนักงานมากขึ้น จึงทำการแบ่งงานซ่อมบำรุงจากอุปกรณ์ทั้งหมด 20 ประเภท จำนวน 999 เครื่อง เป็น 73 งาน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและสัมภาษณ์ผู้ดูแลแผนกซ่อมบำรุงของโรงประกอบรถยนต์และจักรยานยนต์แห่งนี้ พบว่า มีจำนวนพนักงานที่อยู่ในแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันทั้งสิ้น 16 คน โดยทุกคนสามารถทำงานได้สูงสุดวันละ 8 ชั่วโมง (480 นาที) และแผนกซ่อมบำรุงมีความต้องการในการสร้างแผนล่วงหน้าเท่ากับ 1 เดือน หรือ 20 วันทำงาน การศึกษานี้กำหนดขอบเขตเฉพาะการทำงานในเวลาปกติเท่านั้น ไม่รวมการทำงานนอกเวลา นอกจากนี้พนักงานทั้ง 16 คน มีทักษะเพียงพอที่จะสามารถปฏิบัติงานซ่อมบำรุงได้ทั้ง

73 งาน ซึ่งผู้ดูแลแผนกให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ให้ความสำคัญกับการทำงานให้ครบทั้ง 73 งานเป็นอันดับแรก โดยที่ไม่จำเป็นต้องแบ่งงานให้เท่าเทียมกันที่สุด เนื่องจากในการทำงานจริงของพนักงานยังมีงานอื่น ๆ นอกเหนือจากงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันที่นำมาสร้างแผนในแบบจำลองเชิงเส้นตรงนี้ ดังนั้นหากพนักงานคนใดต้องปฏิบัติงานในส่วนงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมาก จะได้ทำงานส่วนอื่น ๆ น้อยลง ในทางกลับกัน หากพนักงานคนใดได้ปฏิบัติงานในส่วนงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันน้อย จะได้ทำงานส่วนอื่น ๆ มากขึ้น

ข้อกำหนดเพิ่มเติมที่อยู่ในปัญหานี้ ได้แก่ พนักงานแต่ละรายจะปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันได้ไม่เกิน 600 นาทีต่อคนต่อสัปดาห์ และไม่เกิน 2 งานต่อคนต่อสัปดาห์

การแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง

จากการศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลพนักงานและข้อกำหนดที่อยู่ในแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน นำไปสู่การแก้ปัญหการวางแผนการทำงานโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรง ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) และสมการข้อจำกัด (Constraints) และสามารถเขียนปัญหาให้อยู่ในรูปของแบบจำลองเชิงเส้นตรงได้ ดังนี้

Index Sets

i = ลำดับวันในการทำงาน โดย $i = 1, \dots, n$

j = ลำดับพนักงานซ่อมบำรุง โดย $j = 1, \dots, m$

k = ลำดับอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุง โดย $k = 1, \dots, p$

S = ลำดับสัปดาห์ในการทำงาน โดย $S = 1, \dots, q$

กำหนดให้

n = จำนวนวันในการทำงาน

m = จำนวนพนักงานซ่อมบำรุง

p = จำนวนอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุง

T_{ijk} = เวลาในการทำงานในวันที่ i ของพนักงาน j ณ อุปกรณ์ k

C_{ij} = เวลาารวมสูงสุดในการทำงานในวันที่ i ของพนักงาน j

L_{sj} = เวลาารวมสูงสุดในการทำงานของพนักงาน j ในสัปดาห์ S

M_k = จำนวนงานซ่อมบำรุงที่กำหนดของอุปกรณ์ k ในระยะเวลาทั้งหมด

W_{sk} = จำนวนงานซ่อมบำรุงต่ำสุดของอุปกรณ์ k ในสัปดาห์ S

V_{sj} = จำนวนงานซ่อมบำรุงสูงสุดของพนักงาน j ในสัปดาห์ S

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

X_{ijk} = การตัดสินใจซ่อมบำรุงหรือไม่ซ่อมบำรุงในวันที่ i ของพนักงาน j ณ อุปกรณ์ k -

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

เวลาทำงานรวมต่ำสุดที่ใช้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p X_{ijk} T_{ijk} \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

1) ข้อจำกัดด้านเวลาารวมสูงสุดในการทำงานของพนักงานแต่ละรายในแต่ละวัน

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} T_{ijk} \leq C_{ij} \quad , \quad \forall i \forall j \quad (2)$$

2) ข้อจำกัดด้านจำนวนการซ่อมบำรุงที่กำหนดของอุปกรณ์แต่ละเครื่องในระยะเวลาทั้งหมด

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ijk} = M_k \quad , \quad \forall k \quad (3)$$

3) ข้อจำกัดด้านจำนวนการซ่อมบำรุงต่ำสุดของอุปกรณ์แต่ละเครื่องในแต่ละสัปดาห์

$$\sum_{i=5s-4}^{5s} \sum_{j=1}^m x_{ijk} \geq W_{sk} \quad , \quad \forall s \forall k \quad (4)$$

4) ข้อจำกัดด้านเวลารวมสูงสุดในการทำงานของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์

$$\sum_{i=5s-4}^{5s} \sum_{k=1}^p x_{ijk} T_{ijk} \leq L_{sj} \quad , \quad \forall s \forall j \quad (5)$$

5) ข้อจำกัดด้านจำนวนงานสูงสุดของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์

$$\sum_{i=5s-4}^{5s} \sum_{k=1}^p x_{ijk} \leq W_{sj} \quad , \quad \forall s \forall j \quad (6)$$

6) ข้อจำกัดด้านตัวแปรตัดสินใจ

$$x_{ijk} = \begin{cases} 0 & \text{กรณีเลือกตัดสินใจไม่ซ่อมบำรุงในวันที่ } i \text{ ของพนักงาน } j \text{ ณ อุปกรณ์ } k \\ 1 & \text{กรณีเลือกตัดสินใจซ่อมบำรุงในวันที่ } i \text{ ของพนักงาน } j \text{ ณ อุปกรณ์ } k \end{cases} \quad (7)$$

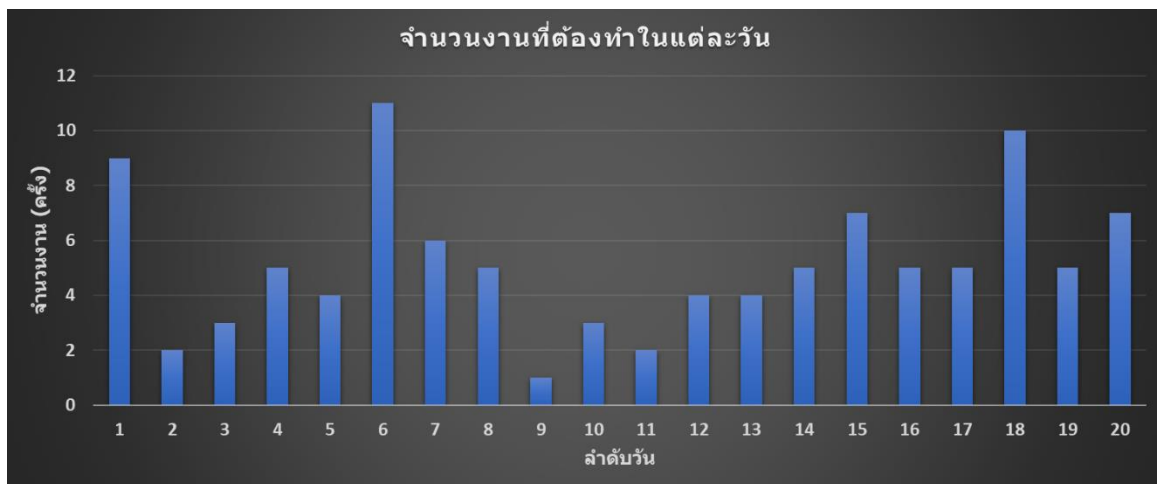
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel รุ่น Microsoft 365 Apps for enterprise และ OpenSolver 2.9.3 เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ได้จัดสรรงานให้กับพนักงานแผนกซ่อมบำรุง โดยตัวแบบกำหนดการใช้เวลาในการหาคำตอบ 10 นาทีต่อครั้ง ในขณะที่วิธีการจัดตารางงานแบบเดิมใช้เวลา 458.14 นาทีต่อครั้ง ดังนั้นตัวแบบกำหนดการจะสามารถลดเวลาในการหาคำตอบได้ 448.14 นาทีต่อครั้งหรือร้อยละ 97.82

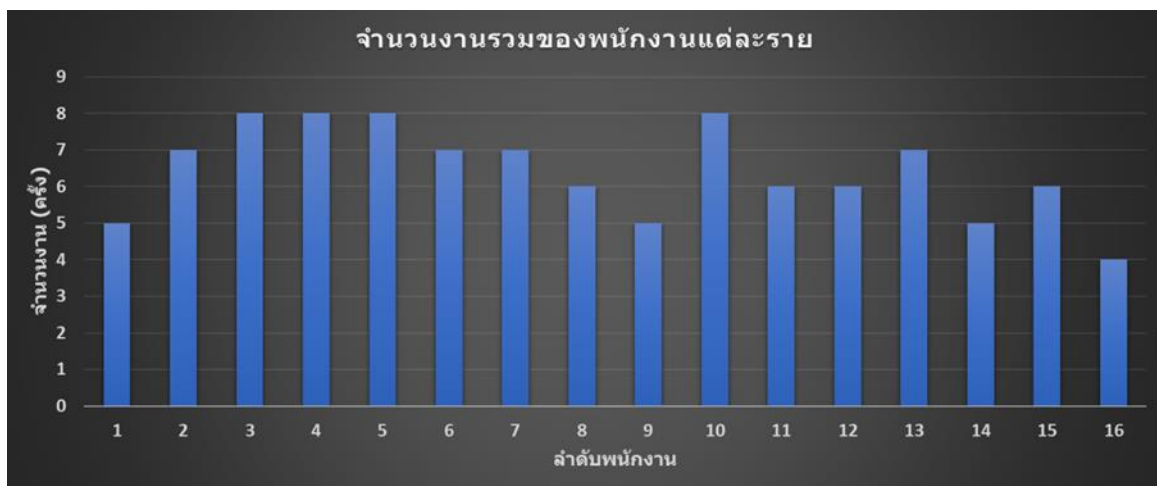
ในส่วนของคำตอบที่ได้จากตัวแบบกำหนดการ เวลาทำงานรวมต่ำสุดที่ใช้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน คือ 11,668 นาที ปฏิบัติงาน 103 ครั้ง จาก 73 งานที่ต้องทำทั้งหมด ซึ่งหมายความว่า แบบจำลองนี้สามารถจัดสรรงานให้กับพนักงานได้อย่างครบถ้วนภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดและสามารถสรุปได้ ดังนี้

																	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
i = ลำดับวันในการทำงาน	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
	5	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	6	1	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
	7	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
	8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
	9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	13	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	14	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	15	0	0	2	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	16	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	17	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	18	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
	19	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	2	7
Total	5	7	8	8	8	7	7	6	5	8	6	6	7	5	6	4	103

ภาพที่ 1: จำนวนงานรวมของพนักงานแต่ละรายในแต่ละวัน



ภาพที่ 2: แผนภูมิคอลัมน์แสดงจำนวนงานรวมที่ต้องทำในแต่ละวัน

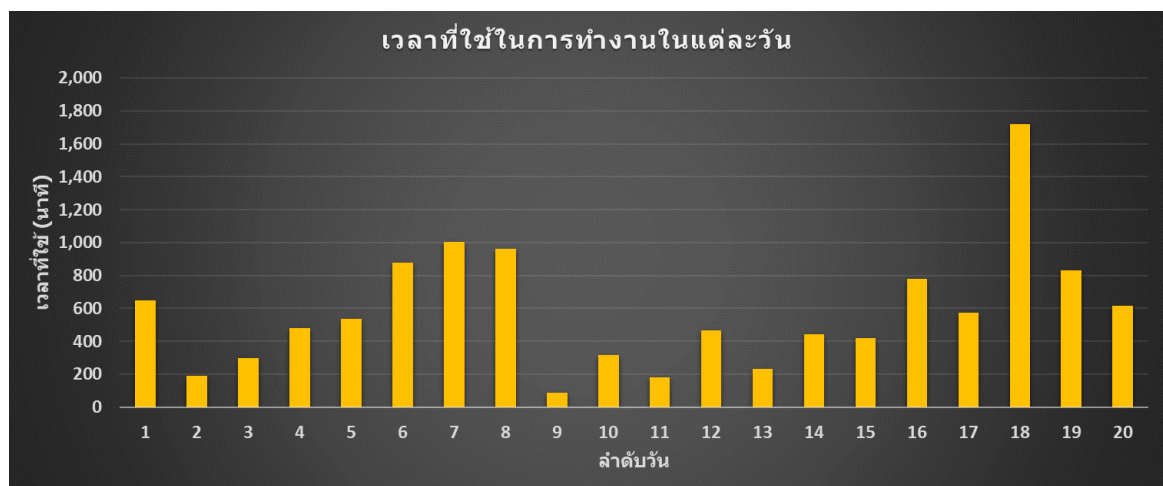


ภาพที่ 3: แผนภูมิคอลัมน์แสดงจำนวนงานรวมของพนักงานแต่ละราย

จากภาพที่ 1 ถึงภาพที่ 3 พบว่า จำนวนงานรวมสูงสุดของพนักงานแต่ละรายในแต่ละวันเท่ากับ 2 งาน ได้แก่ วันที่ 6 ของพนักงานรายที่ 5, วันที่ 15 ของพนักงานรายที่ 3 และวันที่ 20 ของพนักงานรายที่ 16 จำนวนงานรวมสูงสุดทั้งหมดของพนักงานแต่ละรายเท่ากับ 8 งาน ได้แก่ พนักงานรายที่ 3 4 5 และ 10 จำนวนงานรวมต่ำสุดทั้งหมดของพนักงานแต่ละรายเท่ากับ 4 งาน ได้แก่ พนักงานรายที่ 16 วันที่มีจำนวนงานรวมสูงสุด คือ วันที่ 6 มีจำนวนงานรวมทั้งสิ้น 11 งาน และวันที่มีจำนวนงานรวมต่ำสุด คือ วันที่ 9 มีจำนวนงานรวมทั้งสิ้น 1 งาน

		j																Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
i = ลำดับวันในการทำงาน	1	0	0	0	60	60	60	60	0	60	60	0	48	60	0	180	0	648
	2	0	0	0	70	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	190
	3	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	120	300
	4	0	0	180	0	90	0	0	0	0	75	30	0	105	0	0	0	480
	5	0	180	0	0	0	0	120	0	190	0	0	45	0	0	0	0	535
	6	60	30	60	60	240	0	100	0	0	120	0	60	0	90	60	0	880
	7	180	0	0	0	0	120	0	45	0	60	0	0	480	0	120	0	1,005
	8	0	120	0	480	0	0	0	0	0	0	120	0	60	0	0	180	960
	9	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
	10	0	0	90	0	0	180	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	315
	11	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	180
	12	0	60	0	0	180	0	0	0	0	105	0	120	0	0	0	0	465
	13	100	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	45	0	30	0	235
	14	0	100	0	90	0	0	30	0	45	0	0	0	0	180	0	0	445
	15	0	0	120	60	60	0	0	60	0	60	0	0	0	60	0	0	420
	16	0	0	60	0	60	120	60	0	0	0	0	0	0	0	480	0	780
	17	120	60	0	0	0	0	0	180	0	105	110	0	0	0	0	0	575
	18	120	0	180	30	0	0	180	0	415	0	60	480	90	45	120	0	1,720
	19	0	0	0	80	480	120	0	0	60	90	0	0	0	0	0	0	830
	20	0	120	0	0	0	0	0	180	0	0	0	60	45	30	0	180	615
Total		580	670	760	980	1,170	720	640	630	770	675	500	813	885	405	990	480	11,668

ภาพที่ 4: จำนวนเวลารวมในการทำงานของพนักงานแต่ละรายในแต่ละวัน



ภาพที่ 5: แผนภูมิคอลัมน์แสดงจำนวนเวลารวมที่ใช้ในการทำงานในแต่ละวัน



ภาพที่ 6: แผนภูมิคอลัมน์แสดงจำนวนเวลารวมที่ใช้ในการทำงานของพนักงานแต่ละราย

จากภาพที่ 4 ถึงภาพที่ 6 พบว่า เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมสูงสุดของพนักงานแต่ละรายในแต่ละวันเท่ากับ 480 นาที ได้แก่ วันที่ 7 ของพนักงานรายที่ 13, วันที่ 8 ของพนักงานรายที่ 4, วันที่ 16 ของพนักงานรายที่ 15, วันที่ 18 ของพนักงานรายที่ 12 และวันที่ 19 ของพนักงานรายที่ 5 เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมสูงสุดของพนักงานแต่ละรายเท่ากับ 1,170 นาที ได้แก่ พนักงานรายที่ 5 เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมต่ำสุดของพนักงานแต่ละรายเท่ากับ 405 นาที ได้แก่ พนักงานรายที่ 14 วันที่มีเวลาที่ใช้ในการทำงานรวมสูงสุด คือ วันที่ 18 มีเวลาที่ใช้ในการทำงานรวมทั้งสิ้น 1,720 นาที และวันที่มีเวลาที่ใช้ในการทำงานรวมต่ำสุด คือ วันที่ 9 มีเวลาที่ใช้ในการทำงานรวมทั้งสิ้น 90 นาที

ลำดับสัปดาห์	วันเริ่มต้น	วันสิ้นสุด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
1	1	5	0	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	0	1	1	23
2	6	10	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	1	1	2	1	2	1	26
3	11	15	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0	22
4	16	20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
Total			5	7	8	8	8	7	7	6	5	8	6	6	7	5	6	4	103

ภาพที่ 7: จำนวนงานรวมของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์



ภาพที่ 8: แผนภูมิคอลัมน์แสดงจำนวนงานรวมของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์

จากภาพที่ 7 และภาพที่ 8 พบว่า จำนวนงานรวมของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์ มีตั้งแต่ 0 ถึง 2 งาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดที่กำหนด ในขณะที่จำนวนงานรวมของพนักงานทุกรายในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 เท่ากับ 23 26 22 และ 32 งานตามลำดับ

ลำดับสัปดาห์	วันเริ่มต้น	วันสิ้นสุด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
1	1	5	0	180	250	180	150	60	180	120	250	135	90	93	165	0	180	120	2,153
2	6	10	240	150	150	540	240	300	190	90	0	180	120	60	540	90	180	180	3,250
3	11	15	100	160	120	150	240	120	30	60	45	165	120	120	45	240	30	0	1,745
4	16	20	240	180	240	110	540	240	240	360	475	195	170	540	135	75	600	180	4,520
Total			580	670	760	980	1,170	720	640	630	770	675	500	813	885	405	990	480	11,668

ภาพที่ 9: จำนวนเวลารวมในการทำงานของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์



ภาพที่ 10: แผนภูมิคอลัมน์แสดงจำนวนเวลารวมในการทำงานของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์

จากภาพที่ 9 ถึงภาพที่ 10 พบว่า เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมของพนักงานแต่ละรายในแต่ละสัปดาห์ มีตั้งแต่ 0 ถึง 600 นาที ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดที่กำหนด ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมของพนักงานทุกรายในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 เท่ากับ 2,153 3,250 1,745 และ 4,520 นาทีตามลำดับ

สรุปได้ว่า การใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรงเพื่อตัดสินใจวางแผนตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด เวลาทำงานรวมต่ำสุดที่ใช้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกันคือ 11,668 นาที โดยมีการจัดสรรงานได้ครบถ้วนทั้ง 73 งานและมีจำนวนครั้งในการทำงานรวม 103 ครั้ง

สรุป

ปัญหาการจัดการตารางงานซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน มีสาเหตุมาจากความซับซ้อนในการจัดสรรงานให้มีความสอดคล้องกับทรัพยากรที่มี ไม่ว่าจะเป็นจำนวนวันทำงาน จำนวนพนักงาน จำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการซ่อมบำรุง รวมไปถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การนำปัญหานี้มาหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยแบบจำลองเชิงเส้นตรงช่วยให้การจัดการตารางงานทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การศึกษานี้เน้นไปยังความครบถ้วนในการจัดสรรงานทั้งหมดเป็นอันดับแรก ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถแก้ปัญหาและตอบโจทย์ในส่วนนี้ได้ อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะว่า ในอนาคตสามารถพัฒนาแบบจำลองนี้โดยคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติมได้ ตัวอย่างเช่น การนำต้นทุนในการว่าจ้างพนักงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งช่วงเวลางานปกติและช่วงนอกเวลางาน มาจัดการตารางงานที่เน้นต้นทุนในการว่าจ้างที่ต่ำที่สุด หรือการนำระยะทางระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ กับสถานที่ในโรงงาน มาจัดการตารางงานที่เน้นระยะทางในการซ่อมบำรุงที่ต่ำที่สุด การนำปัจจัยอื่น ๆ มาคำนวณในแบบจำลองจะช่วยให้การแก้ปัญหานี้ได้ผลลัพธ์ที่มีความสอดคล้องกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เพชรายุทธ แซ่หลี่ และ อภิชัย ฤตวิรุฬห์. (2557). แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับการวางแผนแรงงานในการผลิตเชิงดอง. *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 9(2), 48-54.

<https://doi.org/10.14456/nuej.2014.12>

- วนัญญา อมรวัฒนา. (2557). การพัฒนาต้นแบบระบบการจัดการตารางเวลาด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาการจัดการตารางเวรของพนักงานรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Silpakorn University Repository: SURE. <http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/8827>
- โฆษิต อัครวงศาพัฒน์, กฤษณ์ ขวัญเงิน, และ ชวิศ บุญมี. (2564). การพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ สำหรับการจัดตารางรักษาผู้ป่วยปากแห้งและเพดานโหว่. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 14(3), 34-46. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/245119
- ปัญจรัตน์ แพทย์โท และ เสาวนิตย์ เลขวัต (2564). การจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์: กรณี ศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 9(2), 82-92. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/article/view/244608>
- รชนิศ เรืองศรี และ วิสุทธิ์ สุพิทักษ์. (2564). การจัดตารางการทำงานของพนักงานสำหรับระบบที่มีเวลาในการดำเนินงานยืดหยุ่น. วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, 9(1), 70-79. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/TNIJournal/article/view/244358>

ตู้ปลาอัจฉริยะ การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

SMART FISH TANK: THE APPLICATION OF THE INTERNET OF THINGS

ผกาพรรณ ลิมปไตร์รัตน์^{1*}, สิริธร จิยาศักดิ์², สุพจน์ รัตนสุสันต์³, ธิรพล วงศ์สอาดสกุล⁴
Pakapan Limtrairut^{1*}, Sirinthorn Cheyasak², Supat Rattanasuksun³,
Thirapon Wongsardsakul⁴

^{1,2,4}คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

^{1,2,4}School of Information Technology and Innovation, Bangkok University

³ศูนย์นานาชาติ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

³International Center, Bangkok University International

*Corresponding author, E-mail: pakapan.l@bu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อเป็นประโยชน์ในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านสมาร์ตโฟนเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ IoT ในการดูแลสัตว์เลี้ยงเนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการดูแลอย่างสม่ำเสมอ ปลาเป็นสัตว์เลี้ยงประเภทหนึ่งที่ต้องได้รับการดูแลเป็นพิเศษเนื่องจากไม่ได้อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกันกับมนุษย์ คุณภาพน้ำที่ดี การให้อาหารในปริมาณและช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ปลามีสุขภาพดีและมีอายุยืนยาว ตู้ปลาอัจฉริยะ เป็นการประยุกต์ IoT เพื่อให้อาหารปลาและควบคุมคุณภาพน้ำผ่านไลน์แอปพลิเคชัน ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันใช้งานบนสมาร์ตโฟนและได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ผู้ใช้สามารถกดปุ่มสั่ง “ให้อาหาร” ซึ่งคำสั่งจะถูกส่งผ่าน Line Messaging API ผ่านไปยังเซิร์ฟเวอร์และฐานข้อมูล เพื่อส่งงานชุดอุปกรณ์ให้ปล่อยอาหารปลาในปริมาณที่กำหนด กดปุ่ม “วัดคุณภาพน้ำ” เพื่อดูค่า Total Dissolved Solids หรือ TDS และเมื่อพบว่าค่า TDS สูงเกินไปจนเป็นอันตรายต่อปลา สามารถกด “บำบัดน้ำเสีย” เพื่อปล่อยจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย งานวิจัยนี้ศึกษาถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของตู้ปลาอัจฉริยะด้วยวิธีการจดบันทึกและวัดค่า TDS โดยทำการทดลองทั้งสิ้น 9 วัน ผลจากการสังเกตพบว่าตู้ปลาอัจฉริยะสามารถให้อาหารปลาและบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง การเลี้ยงปลาตู้

ABSTRACT

In present, there are applications of Internet of Things Technology (IoT) for the benefits of various devices controlling via smartphones to facilitate users. Especially the application of IoT in pet caring. Because of it is a living things that need a regular care. Fish is a pet that need a special care because it does not live in the same environment with human. A good water quality, appropriate amount of food feeding and proper feeding schedule will make them healthy and have a long living. Smart Fish Tank is an IoT application for fish feeding and water quality control via Line Application that is used on smartphones and very popular. Users can

press the button “Feeding” which the command will be sent through Line Messaging API to server and database in order to control a set of hardware to release a designed amount of fish food. Press the button “Measuring water quality” to observe the value of the Total Dissolved Solids or TDS, and when found that the TDS value is too high until harmful to the fish, could press the button “Treating wastewater” in order to release wastewater treatment microorganisms. This research studied efficiency and effectiveness of the Smart Fish Tank by dairying and TDS measuring methods which carry out the experiment for 9 days. The observation results found that the Smart Fish Tank could fed the fishes and treated the wastewater effectively.

Keywords: Internet of Things, Aquarium Fish Tank

บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) อย่างกว้างขวาง อ้างอิงจาก Lombardi, Pascale, & Santaniello (2021) IoT คือ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถสั่งการและควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่ง หรืออุปกรณ์สื่อสาร เช่น สมาร์ทโฟนที่อยู่บนระบบอินเทอร์เน็ตนั้นได้ IoT ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ด้านอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน ซึ่ง IoT ช่วยให้การสั่งงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนได้ อ้างอิงจาก Tulenkov et al. (2018) IoT ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านทำให้เกิดบ้านอัจฉริยะ หรือ Smart House นอกจากนั้น Dagar, Som, & Khatri (2018) ยังนำเสนอการใช้ประโยชน์ IoT ด้านเกษตรกรรม ซึ่ง IoT ช่วยรายงานและควบคุม ความชื้นในดิน อุณหภูมิของน้ำ ความสว่าง และด้านความปลอดภัย ซึ่ง IoT ช่วยในการตรวจจับความเคลื่อนไหวและแจ้งเตือนไปยังสมาร์ทโฟนของผู้ใช้เมื่อมีบุคคลเคลื่อนไหวในพื้นที่ที่กำหนดไว้โดยไม่ได้รับอนุญาต นอกจากนั้นในงานวิจัยของ Naprathansuk (2017) นำเสนอว่าเมืองครีเอทีฟทั้งภาครัฐและเอกชนให้ความสำคัญกับ IoT และมุ่งมั่นพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ซึ่งข้อมูลถูกเก็บรวบรวมและประมวลผลตลอดเวลา ไม่ว่าจะทั้งด้านการขนส่ง การใช้พลังงาน หรือโครงสร้างพื้นฐานที่จะทำให้ประชากรที่อยู่อาศัยได้รับความสะดวกสบายสูงสุดในการใช้ชีวิตประจำวัน

จากประโยชน์ข้างต้นผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ IoT พัฒนาระบบการดูแลสิ่งมีชีวิต โดยเลือกใช้ปลาทองซึ่งเป็นปลาคู่มีสีสันโดดเด่น เป็นที่นิยมเลี้ยงโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาชนิดนี้ ผู้เลี้ยงจะต้องให้การดูแลเป็นประจำไม่สามารถให้ปลาอยู่เองโดยธรรมชาติได้ เนื่องจากปลาทองอาจเสียชีวิตได้จากการให้อาหารไม่ตรงเวลาหรือน้ำในตู้ปลามีความขุ่นและสารพิษ ซึ่งมีสาเหตุมาจากแอมโมเนียที่เกิดจากปัสสาวะและไนไตรท์ที่เกิดจากอุจจาระของปลาและอาหารปลาที่ตกค้าง ตู้ปลาอัจฉริยะ (Smart Fish Tank) เป็นการประยุกต์ใช้ IoT โดยจะติดตั้งอุปกรณ์บนตู้ปลา และควบคุมอุปกรณ์นั้นผ่าน Line Application ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน โดยชุดอุปกรณ์จะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยให้อาหาร บำบัดน้ำเสีย และแจ้งเตือนหากน้ำในตู้ปลามีค่าสารพิษสูง โดยจะแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านทาง Line Application โดยใช้ Line Messaging API นอกจากนั้นผู้พัฒนายังศึกษาคุณภาพทำงานของ Smart Fish Tank ในการช่วยอำนวยความสะดวกในการดูแลปลาทองให้กับผู้เลี้ยงด้วย

บททวนวรรณกรรม

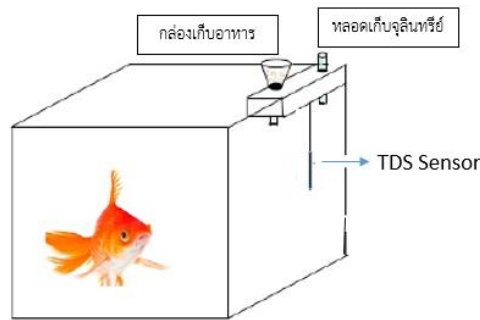
การประยุกต์ใช้ IoT สำหรับการดูแลสัตว์ประเภทปลานั้นได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากปลาเป็นสัตว์ที่ไม่ได้อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกับมนุษย์ จึงต้องมีการควบคุมและดูแลน้ำซึ่งเป็นสถานที่อยู่อาศัยของปลาให้มีคุณภาพดีเสมอ เพื่อให้ปลาที่มีสุขภาพดี และมีอายุยืนยาว Lin & Tseng (2019) พัฒนาระบบชื่อ “FishTalk” ซึ่งช่วยผู้เลี้ยงดูแลปลาแบบครบวงจร ไม่ว่าจะเป็นการให้อาหาร เพิ่มระดับน้ำ ปรับอุณหภูมิ และแสงให้เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยของปลา โดยมุ่งเน้นประเมินประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ IoT ในการควบคุมอุปกรณ์ เช่น ความล่าช้า (Delay) ของการสั่งงานที่เกิดขึ้น ในขณะที่ Jadhav et al. (2020) มุ่งเน้นดูแลปลาเฉพาะเรื่องการให้อาหาร และศึกษาเกี่ยวกับ ปริมาณอาหาร ระยะเวลาระหว่างมื้ออาหารที่เหมาะสม โดยนำเสนอเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เลี้ยงที่ไม่ต้องให้เวลากับการดูแลปลามากแต่ปลาที่เลี้ยงยังมีสุขภาพดี ในทางเดียวกัน Daud et al. (2020) นำเสนอเครื่องให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ โดยให้ความสำคัญกับการทดสอบคุณภาพน้ำเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับปลาด้วยการวัดและควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำโดยผู้ใช้สามารถควบคุมการให้อาหารผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นอกจากนั้นในงานวิจัยของ Riansyah et al. (2020) ซึ่งพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาเช่นเดียวกันแต่ในการควบคุมคุณภาพน้ำนั้นงานวิจัยนี้ใช้ค่า Total Dissolved Solids หรือ TDS ซึ่งเป็นการวัดปริมาณของแข็ง สารอนินทรีย์และอินทรีย์ทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ ปริมาณ TDS ของน้ำ จะแสดงเป็น มิลลิกรัม/ลิตร (มก./ลิตร) หรือในส่วนต่อล้าน (ppm) ถ้าค่า TDS สูงแสดงว่าน้ำมีสถานะเป็นพิษและไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของปลา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตู้ปลาอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยี IoT ควบคุมผ่าน Line Mobile Application ในการให้อาหาร บำบัดน้ำเสีย และแจ้งเตือนน้ำเป็นพิษไปยังผู้ใช้งาน ซึ่งช่วยในการอำนวยความสะดวกให้กับผู้เลี้ยงปลาทอง
2. เพื่อศึกษาคุณภาพการทำงานของ Smart Fish Tank ในการดูแลปลาทอง

วิธีดำเนินการวิจัย

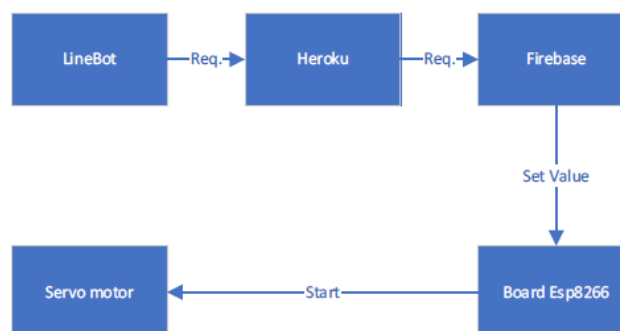
การออกแบบตู้ปลาอัจฉริยะ (Smart Fish Tank) มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้ 1) ศึกษาความรู้ของการใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ความรู้ทั่วไปของปลาทอง เช่น ลักษณะนิสัย สภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยและโรคของปลาทอง 2) ศึกษาวิธีการใช้งาน Line Messaging API, Heroku ซึ่งใช้เป็น Server และ Firebase ซึ่งใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อใช้ทำการโต้ตอบกับผู้ใช้งานรวมถึงใช้ควบคุมการทำงานของ Smart Fish Tank 3) ออกแบบอุปกรณ์ Hardware ที่จะติดตั้งบนตู้ปลาเพื่อให้อาหาร วัดระดับความเป็นพิษของน้ำ



ภาพที่ 1: การออกแบบชุดอุปกรณ์ Smart Fish Tank

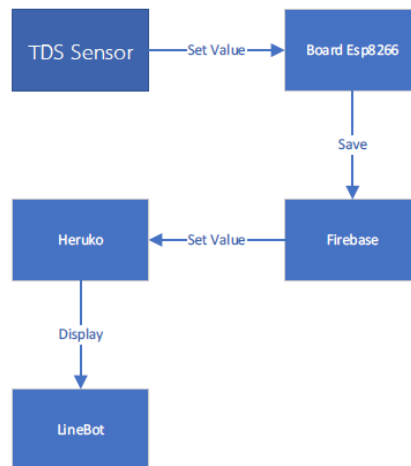
ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย บอร์ด Arduino Sensor ESP8266 NodeMCU, Servo Motor, ป้อนน้ำ Arduino 3-5V พร้อมสายยาว ยาว 30 มิลลิเมตร, Shield Esp8266 Wifi v2 และโมดูลรีเลย์ที่ใช้ควบคุมแรงดันไฟ Channel Relay Module 3V โดยอุปกรณ์จะติดตั้งบนตู้ปลาขนาด กว้าง 350 x ยาว 210 x สูง 230 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 1 กล่องเก็บอาหารจะถูกควบคุมการปล่อยอาหารโดยใช้ Servo Motor โดยจะปล่อยอาหารในปริมาณที่เหมาะสม (0.7 กรัม สำหรับปลาทอง 2 ตัว) สำหรับหลอดเก็บจุลินทรีย์จะถูกควบคุมการปล่อยจุลินทรีย์โดยโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ซึ่งจุลินทรีย์จะช่วยให้เพิ่มออกซิเจนในน้ำและปรับค่า TDS ของน้ำให้อยู่ในสภาวะที่ปลาอาศัยอยู่ได้ นอกจากนั้นยังมีการติดตั้ง TDS Sensor เพื่อใช้ในการอ่านค่าความเป็นพิษของน้ำด้วย 4) ออกแบบระบบฐานข้อมูล Line Messaging API เพื่อควบคุมการทำงานทั้ง 3 ฟังก์ชันของ Smart Fish Tank ซึ่งได้แก่ การให้อาหารปลา การแจ้งเตือนเมื่อน้ำในตู้ปลามีค่าสารพิษที่สูงจนเป็นอันตรายต่อปลาทอง (ตั้งค่าไว้ที่ $TDS \geq 500$ ppm) และการปล่อยจุลินทรีย์ในน้ำเพื่อบำบัดน้ำขุ่น ซึ่งได้ออกแบบการทำงานของแต่ละฟังก์ชันดังรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 4



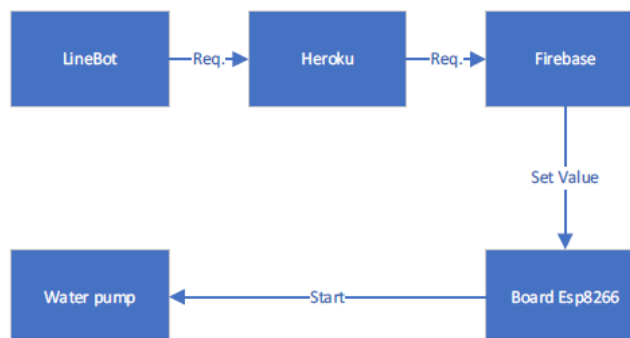
ภาพที่ 2: การทำงานของฟังก์ชันการให้อาหารปลา

หลักการในการทำงานของฟังก์ชันให้อาหารปลา เมื่อกดปุ่ม “ให้อาหารปลา” จากหน้า Line Application เรียบร้อยแล้ว Line Messaging API จะส่งคำสั่งไปยัง Board Esp8266 เพื่อสั่งให้ Servo Motor ทำงาน โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลคำสั่งในฐานข้อมูล ซึ่งผู้พัฒนาเลือกใช้ฐานข้อมูลออนไลน์ชื่อ Firebase และจะส่งค่าของเวลาที่อุปกรณ์ให้อาหารปลาเรียบร้อยแล้วกลับไปแสดงผลบน Line Application



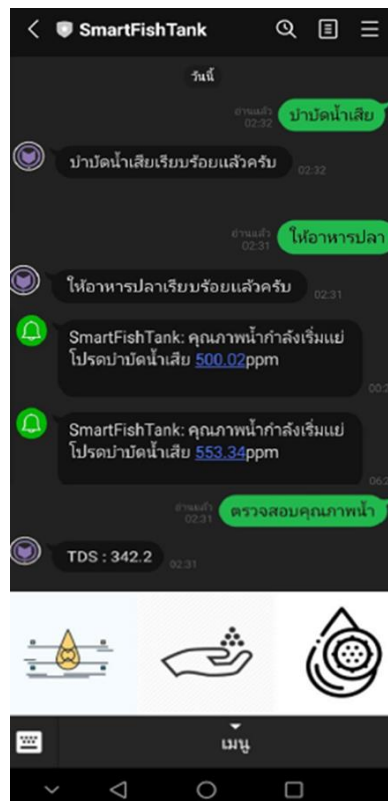
ภาพที่ 3: การทำงานของฟังก์ชันแจ้งเตือนความเป็นพิษของน้ำ

หลักการในการทำงานของฟังก์ชันแจ้งเตือนเมื่อน้ำในตู้ปลา มีค่าสารพิษที่สูงกว่าปกติ คือ TDS Sensor จะวัดค่าความเป็นพิษจากน้ำและส่งค่าผ่าน Board Arduino Esp8266 เข้าไปเก็บค่าใน Firebase และเมื่อค่า TDS ในน้ำที่วัดได้จาก TDS Sensor มีค่าเกินมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ (≥ 500 ppm) ระบบจะแจ้งเตือนผ่าน Line Application



ภาพที่ 4: การทำงานของฟังก์ชันการปล่อยจุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำเสีย

หลักการในการทำงานของฟังก์ชันการบำบัดน้ำเสีย เมื่อกดปุ่ม “บำบัดน้ำเสีย” Line Messaging API จะส่งคำสั่งไปยัง Board Esp8266 ซึ่งจะสั่งให้ Solenoid Valve ทำงานปล่อยจุลินทรีย์สารเพื่อบำบัดน้ำเสีย โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลคำสั่งใน Firebase และจะส่งค่าของเวลาที่อุปกรณ์ปล่อยจุลินทรีย์เรียบร้อยแล้วกลับไปแสดงผลบน Line Application ภาพที่ 5 แสดงการออกแบบฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ และการทดสอบการใช้งาน



ภาพที่ 5: ตัวอย่าง Interface ของ Line Application แสดงการกดให้อาหาร
รายงานค่า TDS การแจ้งเตือนน้ำเป็นพิษ และการกดบำบัดน้ำเสีย

การเก็บข้อมูลการทำงานของ Smart Fish Tank ใช้วิธีเก็บข้อมูลแบบการจดบันทึก (Diary) คือ การจดบันทึกผลที่เกิดขึ้น และปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในระยะเวลาที่ทดลองใช้งาน Smart Fish Tank โดยทางผู้พัฒนาจะเป็นผู้จดบันทึก และนำผลการสำรวจมาวิเคราะห์หลังจากการทดลองใช้งานจริง การทดลองเลี้ยงปลาทอง 2 ตัวในตู้ขนาด 14 นิ้ว (กว้าง 350 ยาว 210 สูง 230 มิลลิเมตร) ให้อาหาร 3 มื้อ ในเวลา 7.45 นาฬิกา 12.30 นาฬิกา และ 20.30 นาฬิกา ระยะเวลาการเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 9 วัน โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ช่วง

- ช่วงที่ 1: ทดลองเลี้ยงปลาทองโดยไม่ติดตั้ง Smart Fish Tank ระยะเวลาทำการทดลอง 2 วัน เพื่อสำรวจสภาพแวดล้อมของตู้ปลา ได้แก่ การเกิดภาวะน้ำเป็นพิษ
- ช่วงที่ 2: ทดลองเลี้ยงปลาทองโดยติดตั้ง Smart Fish Tank ควบคุมการทำงานผ่าน Line Messaging API ระยะเวลาการทดลอง 7 วัน เพื่อทดสอบความถูกต้องของการทำงานของอุปกรณ์ และคุณภาพของอุปกรณ์ว่าสามารถช่วยผู้เลี้ยงดูแลปลาได้หรือไม่นอกจากนั้นเพื่อยืนยันผลการศึกษาทำการทดลอง ช่วงที่ 2 จำนวน 2 รอบและเปรียบเทียบผลการทดลอง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การตรวจสอบคุณภาพน้ำทำการวัดค่าคุณภาพของน้ำ (Total Dissolve Solution) หรือ TDS ซึ่งคำนวณจากปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ มีหน่วยเป็น Part Per Million (ppm.) โดยค่า TDS ของน้ำที่สะอาดและเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาสวยงาม จะมีค่าไม่เกิน 500 ppm. หากมากกว่า 500

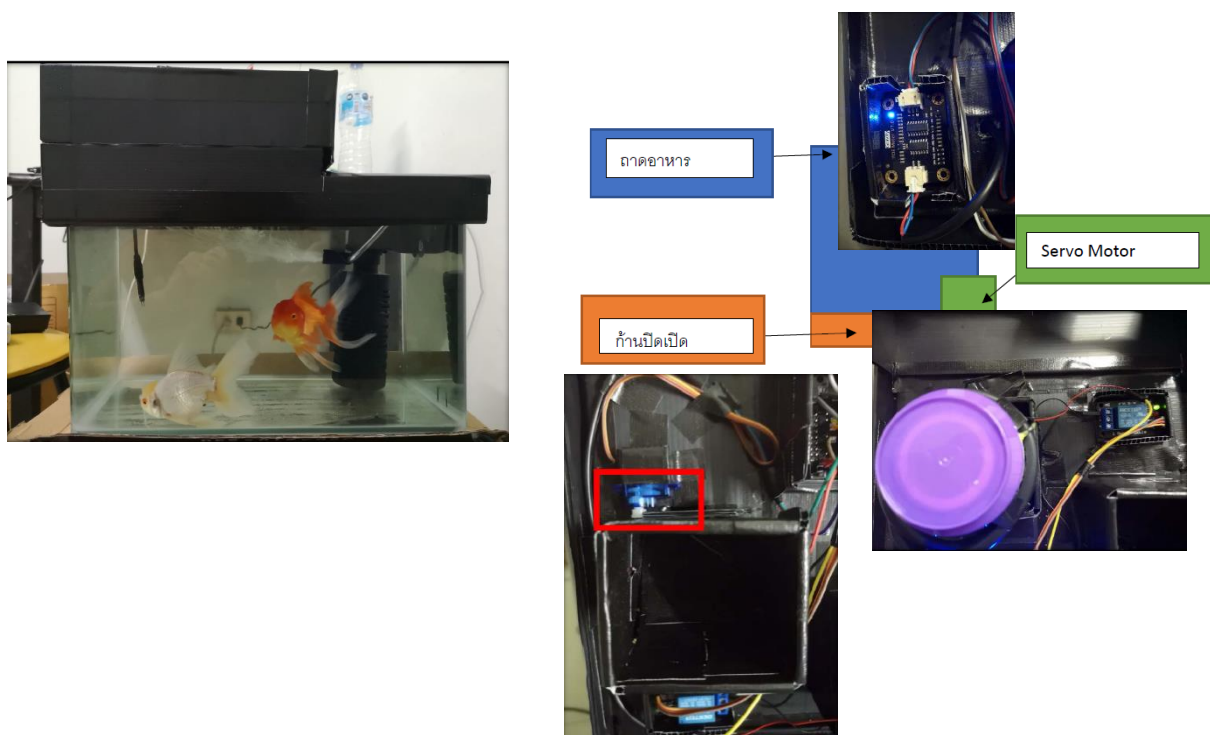
ppm. น้ำจะเริ่มมีสถานะเป็นพิษต่อปลา และหากมากกว่า 600 ppm. จะทำให้ปลาทองป่วยและเสียชีวิตได้ การทดลองทั้งสองช่วง ผู้สังเกตทำการจดบันทึกค่า TDS ทุก ๆ 3 ชั่วโมงโดยเริ่มจดบันทึกตั้งแต่วันที่ 8.00 จนถึงเวลา 23.00 นาฬิกาทุกวันตลอดระยะเวลา 9 วันของการทดลอง

ตารางที่ 1: ค่า TDS ช่วงที่ 1 ไม่ติดตั้ง Smart Fish Tank

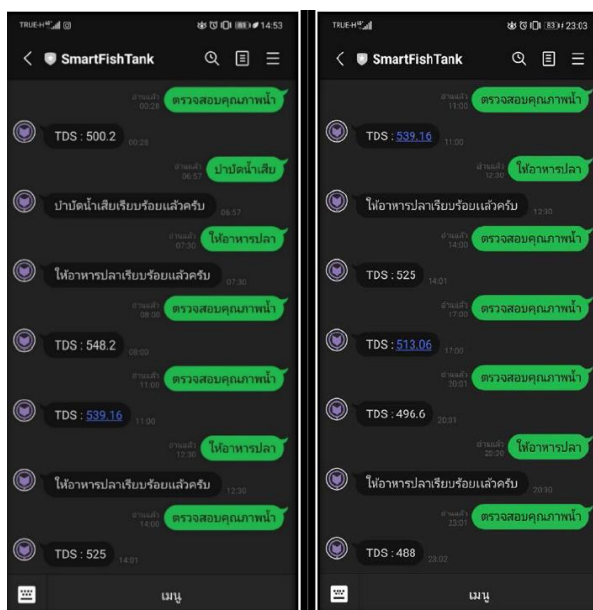
เวลา (นาฬิกา)	การดำเนินการวันที่ 1 ค่า TDS (ppm)	การดำเนินการวันที่ 2 ค่า TDS (ppm)
7.45	ให้อาหาร 0.7 กรัม	ให้อาหาร 0.7 กรัม
8.00	วัดค่า TDS ได้ 325	วัดค่า TDS ได้ 403
11.00	วัดค่า TDS ได้ 337.33	วัดค่า TDS ได้ 405
12.30	ให้อาหาร 0.7 กรัม	ให้อาหาร 0.7 กรัม
14:00	วัดค่า TDS ได้ 358.77	วัดค่า TDS ได้ 422.32
17:00	วัดค่า TDS ได้ 378.83	วัดค่า TDS ได้ 443.97
20:00	วัดค่า TDS ได้ 381.63	วัดค่า TDS ได้ 452
20.30	ให้อาหาร 0.7 กรัม	ให้อาหาร 0.7 กรัม
23.00	วัดค่า TDS ได้ 388.13	วัดค่า TDS ได้ 462

จากตารางที่ 1 พบว่าค่า TDS เพิ่มขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง 2 วัน ในวันที่ 1 ค่า TDS เพิ่มขึ้น 63.13 ppm วันที่ 2 ค่า TDS เพิ่มขึ้น 73.87 ppm ดังนั้นจากการประมาณการค่า TDS จะเพิ่มขึ้นจนเป็นอันตรายกับปลาทองประมาณวันที่ 4 ของการทดลองซึ่งหากไม่ได้รับการบำบัดน้ำเสียหรือเปลี่ยนน้ำใหม่ คุณภาพของน้ำจะมีสถานะเป็นพิษต่อปลาทองและทำให้ปลาทองป่วยได้

เมื่อจบช่วงที่ 1 การทดลองเลี้ยงปลาทองโดยไม่ติดตั้ง Smart Fish Tank ผู้พัฒนาทำการเปลี่ยนน้ำ ก่อนเริ่มการทดลองในช่วงที่ 2 โดยใช้น้ำคุณภาพเดียวกับตอนเริ่มการทดลองช่วงที่ 1 ช่วงที่ 2 ของการทดลอง ดำเนินการเลี้ยงปลาทอง 2 ตัวในตู้ปลาพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ของ Smart Fish Tank ควบคุมการทำงานผ่าน Line Application โดยให้อาหารปลา 3 มื้อในเวลา 7.45 นาฬิกา 12.30 นาฬิกา และ 20.30 นาฬิกา ของทุก วันและใช้การตรวจสอบค่า TDS ทุก ๆ 3 ชั่วโมงโดยเริ่มจดบันทึกตั้งแต่วันที่ 8.00 นาฬิกา ถึง 23.00 นาฬิกา ใช้เวลาทั้งหมด 7 วันในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 6: แสดงอุปกรณ์ Smart Fish Tank ติดตั้งบนตู้ปลา



ภาพที่ 7: แสดงตัวอย่างการใช้ Line Application สั่งการทำงานของอุปกรณ์ IoT

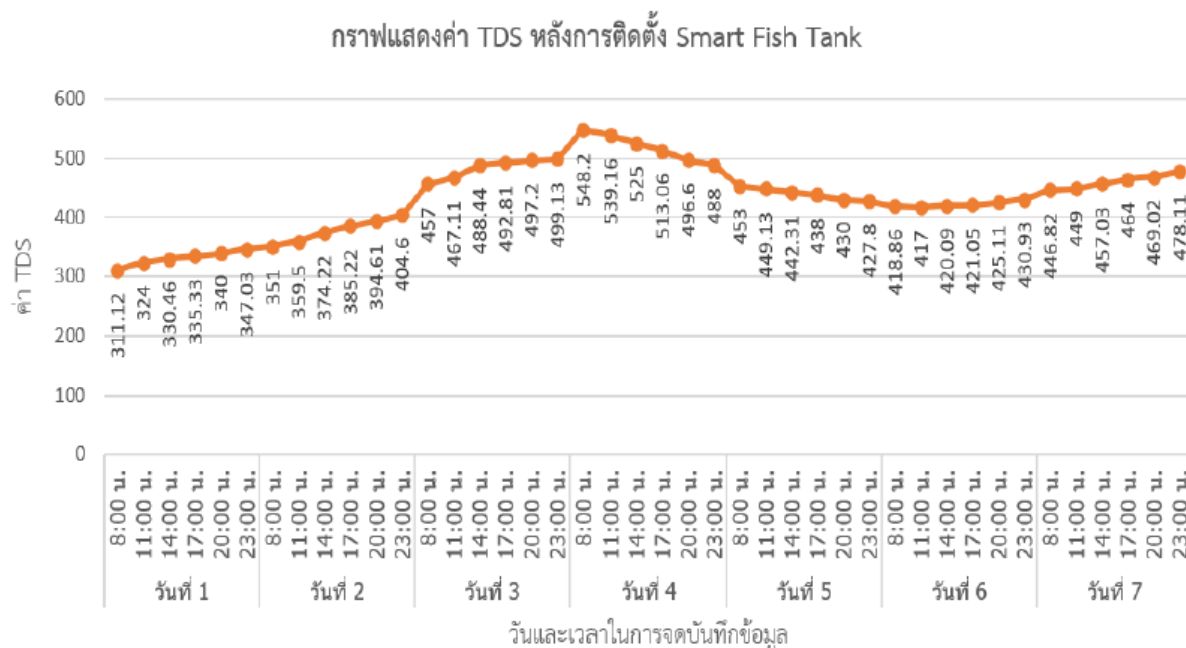
ตารางที่ 2: ค่า TDS ช่วงที่ 2 ติดตั้ง Smart Fish Tank (รอบที่ 1)

เวลา (นาฬิกา)		วันที่ 3 ค่า TDS (ppm)	วันที่ 4 ค่า TDS (ppm)	วันที่ 5 ค่า TDS (ppm)	วันที่ 6 ค่า TDS (ppm)	วันที่ 7 ค่า TDS (ppm)	วันที่ 8 ค่า TDS (ppm)	วันที่ 9 ค่า TDS (ppm)
00.27		-	-	-	แจ้งเตือนน้ำเป็นพิษ TDS = 500.02	-	-	-
06.27		-	-	-	แจ้งเตือนน้ำเป็นพิษ TDS = 553.34	-	-	-
6.57		-	-	-	กดบำบัดน้ำเสีย	-	-	-
7.45		กดให้อาหาร 0.7 g						
8.00	ช่วงที่ 1 เก็บข้อมูลวันที่ 1-2 โดยไม่ได้ ติดตั้ง Smart Fish Tank ผล การเก็บข้อมูล ในตารางที่ 1	TDS = 311.12	TDS = 351	TDS = 457	TDS = 548.20	TDS = 453	TDS = 418.86	TDS = 446.82
11.00		TDS = 324	TDS = 359.5	TDS = 467.11	TDS = 539.16	TDS = 449.13	TDS = 417	TDS = 449
12.27		-	-	-	แจ้งเตือนน้ำเป็นพิษ TDS = 536.40	-	-	-
12.30		กดให้อาหาร 0.7 g						
14:00		TDS = 330.46	TDS = 374.22	TDS = 488.11	TDS = 525.00	TDS = 442.31	TDS = 420.09	TDS = 457.03
17:00		TDS = 335.33	TDS = 385.22	TDS = 492.81	TDS = 513.06	TDS = 438	TDS = 421.05	TDS = 464
18.27		-	-	-	แจ้งเตือนน้ำเป็นพิษ TDS = 505.88	-	-	-
20:00		TDS = 340	TDS = 394.61	TDS = 497.2	TDS = 496.6	TDS = 430	TDS = 425.11	TDS = 469.02
20.30		กดให้อาหาร 0.7 g						
23.00		TDS = 347.03	TDS = 404.6	TDS = 499.13	TDS = 488	TDS = 427.8	TDS = 430.93	TDS = 478.11

ผลการสังเกตค่า TDS พบว่า เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นอันตรายต่อปลาทอง (>500 ppm) ในวันที่ 6 (TDS = 500.02 ppm) ของการทดลอง ซึ่งตรงกับข้อสันนิษฐานจากการทดลองในช่วงที่ 1 โดยมีการแจ้งเตือนน้ำเป็นพิษผ่าน Line Application เมื่อเวลา 00.27 นาฬิกา และมีการแจ้งเตือนอีกครั้งเมื่อเวลา 06.27 นาฬิกา เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 6 ชั่วโมงตามรอบระยะเวลาการแจ้งเตือนที่ผู้พัฒนาได้ตั้งค่าเอาไว้ เมื่อค่า TDS ยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 553.34 (ดูตารางที่ 2) หลังจากผู้พัฒนา กดปุ่มบำบัดน้ำเสียเมื่อเวลา 6.57 นาฬิกา ยังมีการแจ้งเตือนอีก 2 ครั้งทุก ๆ 6 ชั่วโมง เนื่องจากค่า TDS ที่ถึงแม้จะค่อย ๆ ลดลงแล้ว แต่ยังมีค่าสูงกว่า 500 ppm โดยหลังจากการกดบำบัดน้ำเสียค่า TDS ลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 553.34 เป็น 536.40 และ 505.88 ppm ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำในเวลา 20.00 น. พบว่าค่า TDS ลดลงเหลือ 496.6 ppm ซึ่งอยู่สภาวะปกติพบว่า Line Application หยุดการแจ้งเตือน

สาเหตุของการแจ้งเตือนน้ำเป็นพิษถึง 4 ครั้งในวันที่ 4 ของของการทดลอง ถึงแม้ว่าจะกดบำบัดน้ำเสียแล้วนั้น เนื่องมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่ปล่อยไปบำบัดน้ำเสียช่วยบำบัดน้ำเสียอย่างช้า ๆ ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างทันทีทันใด ดังจะสังเกตได้จากตารางที่ 2 ค่า TDS ค่อย ๆ ลดลงจนน้ำมีสภาวะที่ไม่เป็นพิษต่อปลาทอง และยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องในวันที่ 7 และ 8 ของการทดลอง ในวันที่ 9 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการทดลองพบว่าค่า TDS เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตั้งแต่ 0.96-5.88 ppm. ซึ่งอัตราการเพิ่มของค่า TDS นั้นช้ากว่าในการทดลองช่วงที่ 1 ดังนั้นจุลินทรีย์ที่ปล่อยลงไปในตัวปลา นอกจากช่วยบำบัดน้ำเสียได้แล้วยังสามารถช่วยชะลอการเป็นพิษของน้ำได้อีกด้วย

นอกจากนั้นเพื่อการยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองได้ทดลองเก็บข้อมูลในช่วงที่ 2 อีก 1 รอบ โดยให้วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูลเหมือนกับการทดลองรอบที่ 1 ทุกประการ (เก็บข้อมูลโดยการติดตั้ง Smart Fish Tank เลี้ยงปลาทอง 2 ตัว ให้อาหารและวัดค่า TDS ตามเวลาเดิม) และวาดกราฟเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า TDS (รูปที่ 8)



ภาพที่ 8: กราฟแสดงค่า TDS ในการทดลองช่วงที่ 2 รอบที่ 2 เพื่อยืนยันผลการทดลองช่วงที่ 2 รอบที่ 1

จากภาพที่ 8 พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า TDS ในการทดลองช่วงที่ 2 ทั้ง 2 รอบ คือ รอบที่ 1 และ 2 นั้นสอดคล้องกัน คือ ค่า TDS เพิ่มขึ้นทำให้ Line Application แจ้งเตือนในวันที่ 4 ของการทดลองช่วงที่ 2 และเมื่อกดบำบัดน้ำเสียค่า TDS ค่อย ๆ ลดลง ช้า ๆ

สำหรับปัญหาและอุปสรรคของงานวิจัยนั้น ผู้วิจัยพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์ใกล้แหล่งน้ำทำให้ชุดอุปกรณ์เกิดความชื้น เชื้อรา เมื่อนำไปต่อกับบอร์ด Arduino ทำให้เกิดการลัดวงจร จนทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานต่อได้ และการใช้ฐานข้อมูลออนไลน์ในการพัฒนา (Heroku) ในการส่งข้อมูลครั้งแรกประจำวัน จะใช้เวลาในการส่งข้อมูลค่อนข้างนาน ทั้งนี้ผู้วิจัยมีแผนในการแก้ไขคือต้องจัดการเก็บให้อยู่ในกล่องป้องกันความชื้นและใส่สารดูดความชื้นอยู่ในกล่องอุปกรณ์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาแผงวงจรได้ และการติดตั้งเครื่องเซิร์ฟเวอร์และฐานข้อมูลเป็นตนเองจะช่วยลดระยะเวลาการส่งข้อมูลและสั่งให้ชุดอุปกรณ์ทำงานได้รวดเร็วขึ้น

สรุป

Smart Fish Tank เป็นการประยุกต์ใช้ IoT เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เลี้ยงปลาสามารถให้อาหารและบำบัดน้ำเป็นพิษได้โดยการควบคุมอุปกรณ์ผ่าน Line Application โดยส่งงานผ่าน Line Messaging API เซิร์ฟเวอร์ Heroku และฐานข้อมูลออนไลน์ Firebase การทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของ Smart Fish Tank ใช้วิธีการจดบันทึกและวัดค่า TDS ระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 9 วัน แบ่งเป็นการเก็บข้อมูลก่อนติดตั้งอุปกรณ์ Smart Fish Tank 2 วันและหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ 7 วัน ซึ่งในการทดลอง 7 วันหลังนั้นทำการทดลอง 2 รอบเพื่อยืนยันผลการทดลองด้วย ผลการทดลองพบว่า Smart Fish Tank สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพทั้ง 2 รอบของการทดลองโดยไม่มีข้อผิดพลาด สามารถให้อาหาร วัดค่า TDS และบำบัดน้ำเสียเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับปลาได้ ทั้งนี้ในการพัฒนา Smart Fish Tank ให้อำนวยความสะดวก

สะดวกกับผู้ใช้งานยิ่งขึ้น ทำให้ผู้ใช้สามารถดูแลปลาให้มีสุขภาพดีได้แม้อยู่บ้าน ผู้พัฒนามีแนวคิดในการต่อยอดโดยพัฒนาระบบให้การให้อาหาร และบำบัดน้ำเสียเป็นแบบอัตโนมัติโดยผู้ใช้ไม่ต้องกดผ่านปุ่มจาก Line Application ผลงาน Smart Fish Tank เป็นต้นแบบของการประยุกต์ใช้ IoT สำหรับการเกษตรกรรมขนาดใหญ่ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Dagar, R., Som, S., & Khatri, S. K. (2018). Smart farming–IoT in agriculture. In *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)* pp. 1052-1056. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA.2018.8597264>
- Daud, A. K. P. M., Sulaiman, N. A., Yusof, Y. W. M., & Kassim, M. (2020). An IoT-Based Smart Aquarium Monitoring System. In *2020 IEEE 10th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)* pp. 277-282. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCAIE47305.2020.9108823>
- Jadhav, K., Vaidya, G., Mali, A., Bankar, V., Mhetre, M., & Gaikwad, J. (2020). IoT based automated fish feeder. In *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)* pp. 90-93. IEEE. <https://doi.org/10.1109/I4Tech48345.2020.9102682>
- Lin, Y. B., & Tseng, H. C. (2019). FishTalk: An IoT-based mini aquarium system. *IEEE Access*, 7, 35457-35469. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2905017>
- Lombardi, M., Pascale, F., & Santaniello, D. (2021). Internet of things: A general overview between architectures, protocols and applications. *Information*, 12(2), 87. <https://doi.org/10.3390/info12020087>
- Naprathansuk, N. (2017). A National Pilot Project on Smart City Policy in Thailand: A Case Study on Phuket Khon Kaen Chiangmai Province. *European Journal of Multidisciplinary Studies*, 2(6), 337-346. <https://doi.org/10.26417/ejms.v6i1.p337-346>
- Riansyah, A., Mardiaty, R., Effendi, M. R., & Ismail, N. (2020). Fish Feeding Automation and Aquaponics Monitoring System Base on IoT. In *2020 6th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)* pp. 1-4. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICWT50448.2020.9243620>
- Tulenkov, A., Parkhomenko, A., Sokolyanskii, A., Stepanenko, A., & Zalyubovskiy, Y. (2018). The features of wireless technologies application for Smart House systems. In *2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS)* pp. 1-5. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525842>