Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)
Vol.13 No.2 July - December 2025

การแก้ปัญหาการบำรุงรักษาของโรงงาน กรณีศึกษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์

อดุลย์ พุกอินทร์*

*หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล : adun999@gmail.com

รับต้นฉบับ : 16 สิงหาคม 2567; รับบทความฉบับแก้ไข : 28 ตุลาคม 2567; ตอบรับบทความ : 3 ธันวาคม 2567
เผยแพร่ออนไลน์ : 26 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยได้พัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกส์โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NNs) และวิธีการโลคอลเสิร์ช (Local Search: LS) เพื่อแก้ปัญหาการบำรุงรักษาแบบ Preventive Maintenance (PM) ซึ่งจำเป็นสำหรับการผลิตที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง การวิจัยได้ทดสอบโปรแกรมที่พัฒนากับการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการค้นหาคำตอบ การวิจัยได้เก็บข้อมูลปัญหาขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ซึ่งโปรแกรมมีความสามารถหาค่าคำตอบในการจัดตารางการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้ค่าเมคสแปน (Makespan) ที่ใกล้เคียงและตรงกับค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower Bound) ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม และวิธีการโลคอลเสิร์ชในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลก่อนและหลังการวิจัยในช่วง 6 เดือน พบว่า ต้นทุนรวมลดลงเหลือ 1,915,062 บาท ลดลงจากเดิมเท่ากับ 422,396 บาท คิดเป็นร้อยละ 9.93 ส่วนค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (MTBF) มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 83.84 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 35.27 แสดงให้เห็นถึงการลดลงของต้นทุนทั้งในด้านเวลาและการบำรุงรักษา

คำสำคัญ **:** ค่าขอบเขตต่ำสุด แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ การเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป

Solving Factory Maintenance Problem: A Case Study of a Semi-Finished Food Product Manufacturing and Distribution Company in Uttaradit Province

Adun Phuk-in*

*Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand

*Corresponding Author. E-mail address: adun999@gmail.com

Received: 16 August 2024; Revised: 28 October 2024; Accepted: 3 December 2024
Published online: 26 December 2025

Abstract

This research focuses on scheduling maintenance for a semi-finished food product manufacturing and distribution company in Uttaradit Province. Heuristic algorithms, neural networks (NNs), and local search (LS) were used to create a mathematical scheduling model that solves the preventive maintenance (PM) problem. This is needed for production to keep going. The researchers tested the developed program with 2^3 factorial experiments to find the appropriate parameter values for the answer. The research collected data on both small and large problems, and the program was able to find the answer value for scheduling maintenance efficiently. It obtained a makespan value, which was close to and matched the lower bound, reflecting the efficiency of the neural network. The local search method was employed to solve the problem. In addition, the data collected before and after the research for 6 months found that the total cost decreased to 1,915,062 baht, down from the original 422,396 baht, or 9.93 percent. The mean time between machine failures (MTBF) increased to 83.84 hours or 35.27 percent, showing a decrease in costs in terms of time and maintenance.

***Keywords*:** Lower bound, Mathematical scheduling model, Mean Time Between Failures (MTBF), Semi-finished food products

1) บทนำ

การแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในกระบวนการผลิต [1] จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถทำได้ด้วยการลดระยะเวลาการทำงาน การลดขั้นตอนหรือวิธีการ การลดต้นทุนในการใช้พลังงาน การลดต้นทุนการขนส่ง และการเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานในการใช้เครื่องจักร เป็นต้น ประสิทธิภาพของเครื่องจักรส่งผลต่อต้นทุนการผลิต ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดการขั้นตอนหรือวิธีการที่เหมาะสมในการใช้เครื่องมือ หรือการนำวิธีการมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม [2], [3] ซึ่งมีการดำเนินงาน 6 ขั้นตอน [4]–[6] คือ 1) ขั้นระบุปัญหา (problem identifcation): การระบุและกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไขในกระบวนการผลิต 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (related information search): การเก็บรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ 3) ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (solution design): การออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (planning and development): การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการที่ออกแบบ 5) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา (testing, evaluation, and design improvement): การทดสอบและประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา และทำการปรับปรุงตามผลที่ได้ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา (presentation): การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ผลการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงมี ขั้นการประเมินและการปรับปรุงกระบวนการ (process evaluation and improvement) การประเมินกระบวนการทั้งหมดเพื่อหาจุดที่สามารถปรับปรุงได้เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน และขั้นการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ (quality control and assurance) การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด เพิ่มเข้ามาทำให้เกิดความชัดเจนได้มากยิ่งขึ้น [1], [6]

การรักษาประสิทธิภาพสูงสุดในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด ปัญหาหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต [7] ได้แก่ การใช้งานเครื่องจักรไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเกิดจากการขาดการบำรุงรักษาที่เหมาะสม การตั้งค่าเครื่องจักรไม่ถูกต้อง หรือการใช้งานไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการขาดการวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ การหยุดชะงักที่ไม่จำเป็น การจัดการคุณภาพไม่ดี และการส่งวัตถุดิบล่าช้า ปัญหาเหล่านี้ลดประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มต้นทุน [8], [9] การแก้ไขต้องอาศัยการวางแผนและจัดการการผลิตที่ดี การใช้เทคโนโลยีทันสมัย และการพัฒนาบุคลากรอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้ทรัพยากรให้เต็มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตที่เป็นสิ่งจำเป็น [10]–[12]

จากการศึกษาข้อมูลการผลิตของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีการผลิตอาหารจากข้าวและแป้งมันสำปะหลัง มาเป็นผลิตภัณฑ์เส้น ก๋วยเตี๋ยว เส้นก๋วยจั๊บ เส้นใหญ่ เส้นบะหมี่ เบเกอรี ขนมปัง และอื่น ๆ ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากแป้ง เป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงและมียอดจำหน่ายมากที่สุดในภาคเหนือ มีการส่งจำหน่ายไปยังจังหวัดต่าง ๆ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง น่าน แพร่ พิษณุโลก และในประเทศลาว เป็นต้น กระบวนการผลิตใช้วัตถุดิบประเภทแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และส่วนผสมตามสูตรของโรงงาน มีกำลังการผลิตมากกว่า 1.5 ตันต่อวัน มียอดจำหน่ายมากกว่า 90 ล้านบาทต่อปี มีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแบบต่อเนื่องทั้งแบบอัตโนมัติ และการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ (semi-automatic work) เช่น หม้อต้ม (boiler) หม้อนึ่งไอน้ำ เครื่องอบความร้อนระบบอัตโนมัติ และเครื่องตัดเส้นระบบอัตโนมัติ เป็นต้น เครื่องจักรโรงงานนี้มีจำนวนมาก การวิจัยจึงนำปัญหาของการบำรุงรักษามาใช้ในการจัดตารางการบำรุงรักษา ซึ่งในปัจจุบันเป็นแบบซ่อมแซมหลังเกิดเหตุขัดข้อง (breakdown maintenance) หรือการใช้การพยากรณ์ในบางเครื่องจักร ซึ่งพบปัญหาการรอคอยอะไหล่ในการซ่อม หรือไม่ได้มีการวางแผนการจัดเก็บอะไหล่ในการซ่อมที่เกิดความผิดพลาด ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตทางตรงและทางอ้อม

การวิจัยนี้จึงมีแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการจัดการบำรุงรักษา และการพัฒนาอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NNs) ร่วมกับวิธีการโลคอลเสิร์ช (Local Search: LS) ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหามาวางแผนการจัดตารางการบำรุงรักษา เพื่อหาค่าเมคสแปน (Makespan) ที่มีค่าน้อยที่สุด และเพื่อเปรียบเทียบค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure: MTBF) ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร และการวัดผลประสิทธิภาพจากค่าร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง (Average Machine Downtime: AMD) กับการผลิตในปี พ.ศ. 2566 และปี พ.ศ. 2567 จำนวน 12 เดือน

2) ทบทวนวรรณกรรม

2.1) ปัญหาการจัดตารางงาน (Scheduling Problem) [11]

เป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งต้องมีการวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางงานของเครื่องจักรภายใต้ข้อบังคับและข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เวลา เครื่องจักร และทรัพยากรบุคคล [12] การจัดตารางงานที่เหมาะสมจะช่วยให้การผลิตดำเนินไปอย่างราบรื่น และตรงตามกำหนดการส่งมอบให้กับลูกค้า [13], [14] การวิจัยนี้จะนำวิธีการจัดตารางงานมาใช้ในการวางแผนการจัดตารางการบำรุงรักษาเครื่องจักรในการผลิตเพื่อลดต้นทุนการบำรุงรักษา ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการวิจัยนี้

2.2) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) [15]

หนึ่งในรูปแบบการบำรุงรักษาที่ได้รับความนิยม เช่นเดียวกับการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) [16] โรงงานของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ เลือกใช้การบำรุงรักษานี้ เนื่องจากโรงงานเป็นขนาดกลาง ซึ่งรูปแบบการบริหารจัดการเน้นการดูแลสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในโรงงาน ที่ใช้การตรวจสอบ ซ่อมแซม หรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามเวลาที่มีการกำหนดไว้ตามแผนการบำรุงรักษา [8] โดยเป็นการดำเนินการที่มุ่งเน้นการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักร [17], [18] หรืออุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอก่อนที่ปัญหาจะเกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อป้องกันการเสียหายหรือความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น จากการหยุดชะงักในการผลิต และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีหลักการบำรุงรักษาตามเวลา (time-based maintenance) การดำเนินการบำรุงรักษาตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ เช่น การตรวจสอบและเปลี่ยนชิ้นส่วนตามระยะเวลาที่กำหนด และการบำรุงรักษาตามสภาพ (condition-based maintenance) การดำเนินการบำรุงรักษาตามสภาพจริงของเครื่องจักร โดยการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพการทำงานของเครื่องจักรเพื่อหาสัญญาณการเสื่อมสภาพหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการผลิต ลดการเกิดความล้มเหลวของเครื่องจักร ยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมแบบฉุกเฉิน เพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.3) วิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristic)

เทคนิคการค้นหาที่ใช้กฎเกณฑ์ เพื่อหาโซลูชันที่ดีพอสำหรับปัญหาซับซ้อน [19] โดยไม่จำเป็นต้องหาคำตอบที่ดีที่สุด เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่มีข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร เช่น การหาคำตอบในปัญหาการจัดตารางงานหรือการวางแผนที่ซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถหาคำตอบที่สมบูรณ์แบบได้ในเวลาที่เหมาะสม วิธีการทางฮิวริสติกส์ที่ใช้บ่อยมีหลายวิธี [18] เช่น Greedy Algorithm, Local Search, Simulated Annealing, Genetic Algorithm, Bat Algorithm (BA) และ Tabu Search เป็นต้น และมีงานวิจัยที่นำวิธีฮิวริสติกส์มาใช้ [20], [21] เช่น การวิจัยของ A. Phuk-in [21] ได้นำปัญหาของบริษัทผลิตแป้งมันสำปะหลังของบริษัทผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งพบปัญหาด้านการวางแผนการผลิตรวมและการจัดตารางการบำรุงรักษา การวิจัยจึงพัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาร่วมกับการพัฒนาโปรแกรมวิธีฮิวริสติกส์เจเนติกส์อัลกอริทึม (GA) การวิจัย พบว่า ในการจัดตารางงานทำให้ได้ค่าเมคสแปนต่ำสุดโดยวัดจากค่าช่องว่างการเปรียบเทียบ (Gap) ที่ดี ร่วมกับการวัดค่าการเปรียบเทียบค่าร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องก่อนและหลังการวิจัย

การวิจัยของ C. Muangdit and K. Lurang [22] ได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุม PIDA ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิเตาไฟฟ้า โดยใช้ Bat Algorithm (BA) ซึ่งเป็นเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพแบบฮิวริสติกส์ ผลการวิจัยพบว่า PIDA ที่ออกแบบด้วย BA มีประสิทธิภาพในการควบคุมและติดตามอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าได้ดีกว่า PIDA แบบทั่วไปได้ดี

3) วิธีดำเนินการวิจัย

3.1) การสำรวจข้อมูลของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์

กระบวนการผลิตของโรงงานจากการสำรวจการผลิต และการบำรุงรักษาเครื่องจักรในปี พ.ศ. 2566 เป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous process) ใช้วัตถุดิบในการผลิต คือ ข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง ที่มีอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก กระบวนการผลิตจะมีการผลิตทุกวันในช่วงเวลา 08:00–18:00 น. และเป็นการผลิตทั้ง 12 เดือน ก่อนการวิจัยสำรวจข้อมูลดังนี้

3.1.1) การผลิตใช้แป้งข้าวเจ้า เป็นวัตถุดิบหลัก มีปริมาณการใช้มากกว่า 8–20 ตันต่อเดือน มีคลังสินค้าในการจัดเก็บวัตถุดิบและของคงคลังไม่มาก เนื่องจากอยู่ใกล้โรงงานและแหล่งวัตถุดิบ

ของผู้ร่วมค้า (supplier) ที่มีอยู่ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์จำนวน 2–5 บริษัท ปริมาณการใช้มีมากกว่า 170 ตันต่อปี

3.1.2) การผลิตใช้ส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมตามสูตร ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารของบริษัท ซึ่งแป้งมันเป็นวัตถุดิบรองที่ใช้ในการผสมกับแป้งข้าวเจ้า คือ จะมีส่วนผสมตามสูตรในแต่ละผลิตภัณฑ์ของบริษัท มีปริมาณการใช้มากกว่า 5 ตันต่อปี

3.1.3) การวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ ใช้การพยากรณ์ร่วมกับการใช้ความชำนาญของผู้บริหารฝ่ายจำหน่าย และฝ่ายผลิต ใช้ประสบการณ์ตรงในการวางแผนการผลิต ซึ่งในปี พ.ศ. 2566 การเก็บข้อมูลเดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2566 มีการผลิตผลิตภัณฑ์สู่ท้องตลาดมากกว่า 508 ตัน

3.1.4) การใช้เครื่องจักรในการผลิต ใช้เครื่องจักรที่เป็นเทคโนโลยีการผลิตแบบอัตโนมัติ ได้แก่ เครื่องนึ่งความร้อนขนาด 3–4 บาร์ เครื่องอบความร้อนขนาด 20 ตัน และเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยแรงงานคนงาน เช่น เครื่องม้วนแผ่นแป้ง เครื่องหั่นเส้นเล็ก เครื่องหั่นเส้นขนาดกลาง เครื่องผลิตแผ่นก๋วยจั๊บ เครื่องบรรจุ และเครื่องซีล เป็นต้น จากการศึกษาก่อนการวิจัยไม่ได้มีการวางแผนการบำรุงรักษาที่ได้มาตรฐานมากนัก จะใช้วิธีการปรับปรุงหลังจากเกิดเหตุขัดข้อง (corrective or breakdown) ในขณะผลิต และมีต้นทุนที่เกิดขึ้น 5 ลักษณะ คือ ต้นทุนจากการแก้ไขเครื่องจักรขัดข้องในระหว่างผลิต ต้นทุนการใช้แรงงานในการซ่อมเครื่องจักร ต้นทุนในการตั้งค่าเครื่องจักร (set up time) (เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิในการอบ ซึ่งรอความร้อนจากหม้อต้ม) ต้นทุนการรอคอยของแรงงานในโรงงานผลิต และต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิง การซ่อมบำรุงในปี พ.ศ. 2566 มีค่ามากกว่า 2,337,458 บาทต่อปี

3.1.5) เงินทุนหมุนเวียนที่ใช้ในการบริหารต้นทุน มีต้นทุนรวมเท่ากับ 169 ล้านบาท แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ (fixed costs) มีเท่ากับ 32 ล้านบาท ต้นทุนผันแปร (variable costs) มีเท่ากับ 15 ล้านบาท ต้นทุนกึ่งผันแปร (semi-variable costs) มีเท่ากับ 2 ล้านบาท ต้นทุนตรง (direct costs) 102 ล้านบาท ต้นทุนทางอ้อม (indirect costs) มีเท่ากับ 5.8 ล้านบาท ต้นทุนแปรรูป (conversion costs) 3.2 ล้านบาท ต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงตามการผลิต (operating costs) คือ ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ มีเท่ากับ 9 ล้านบาท

3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย/รวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้การเก็บข้อมูลภาคสนามจากโรงงาน โดยสำรวจและรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนการวิจัยในปี พ.ศ. 2566 และหลังการวิจัยในปี พ.ศ. 2567 โดยมุ่งเน้นการวัดด้านเวลา ต้นทุน การใช้อุปกรณ์ อะไหล่คงคลัง และต้นทุนการบำรุงรักษา กรณีศึกษานี้เป็นบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ งานวิจัยนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ โดยพัฒนาโปรแกรม VBA ควบคู่กับการใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

3.3) การออกแบบการพัฒนาการวางแผนการบำรุงรักษาของบริษัท

จากการสืบค้นข้อมูลก่อนการวิจัยพบข้อมูลการบำรุงรักษามีต้นทุนที่สูง การวิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล และร่วมกับฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต และฝ่ายบำรุงรักษา ในการเลือกใช้การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือการดำเนินการซ่อมบำรุงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อย่างเป็นระยะ โดยไม่รอให้เกิดการเสียหายก่อน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาหรือหยุดชะงักของการผลิต รวมถึงยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยการบำรุงรักษานี้มักจะกำหนดตามระยะเวลา หรือตามปริมาณการใช้งานที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า โดยการวิจัยได้แบ่งหน่วยการบำรุงรักษาตามความเชี่ยวชาญของพนักงานเป็นสถานีงาน [20], [21] การวัดผลโดยใช้ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร [23], [24] แสดงดังสมการที่ 1, 2 และ 3

ค่าเฉลี่ยจำนวนความเสียหายของเครื่องจักร

$$\eta_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^{n} n_i}{N} \quad (1)$$

ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร

$$MTBF = \frac{T}{\eta_{avg}} \quad (2)$$

ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (MTBF) [20]–[24] ของบริษัท การคำนวณใช้จำนวนครั้งที่เกิดความเสียหายที่พบในช่วงเวลา T /ค่าเวลาเฉลี่ยทั้งหมดของความเสียหายของเครื่องจักรในบริษัทในแต่ละเดือน และความสัมพันธ์ระหว่าง *MTTF* และ *MTTR* โดยที่ *MTTF* คือ ค่าเวลาเฉลี่ยก่อนการเสียหาย (Mean Time to Failure) และ *MTTR* คือ ค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (Mean Time to Repair)

การวัดผลประสิทธิภาพจากค่าร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง (AMD) แสดงดังสมการที่ 3

$$AMD = \frac{\%Machime\ Downtime}{Operation\ Time} x100 \quad (3)$$

โดยที่ เวลาของเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง (machine downtime) ในขณะผลิตเป็นจำนวนครั้งที่เกิดความเสียหาย นำมาคิดคำนวณกับค่าเวลาเป็นค่าร้อยละที่ใช้ผลิตทั้งหมดของการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในแต่ละเดือน

และการวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการจัดการการบำรุงรักษา โดยแสดงดัชนี พารามิเตอร์ ตัวแปรการตัดสินใจ ในการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทโดยกำหนดให้มีเครื่องจักรที่จะใช้ในการบำรุงรักษา n เครื่อง เครื่องจักรเหล่านี้จะต้องได้รับการบำรุงรักษาตามระยะ และเปลี่ยนถ่ายอะไหล่ตามระยะเวลาตามแผนที่ช่วงเวลา t กำหนดตัวแปรดังนี้

x_{it} = ตัวแปรตัดสินใจหากเครื่องจักร i ได้รับการบำรุงรักษาภายในระยะเวลา t จะมีค่าเป็น *1*, ถ้าไม่ได้รับการบำรุงรักษาในวันที่กำหนดจะมีค่าเป็น *0*

c_i = ต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ i

d_i = จำนวนวันที่ต้องบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ i

m_t = จำนวนเครื่องจักรที่สามารถบำรุงรักษาได้ในวันที่ t

p = จำนวนวันที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องต้องได้รับการบำรุงรักษาภายในระยะเวลา T

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function)

$$Minimize \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T} c_i . x_{it} \quad (4)$$

Subject to

$$\sum_{t=1}^{T} x_{it} = d_i \quad \forall i=1,2,3.....,n \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{it} \le M_t \quad \forall t=1,2,3.....,T \quad (6)$$

$$\sum_{t=1}^{n} x_{it} \ge 1 \quad \forall i=1,2,3.....,n \quad (7)$$

$$x_{it} \in \{0,1\} \quad \forall i=1,2,3...n, \forall t=1,2,3...T \quad (8)$$

สมการที่ 4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ของการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ใช้ต้นทุน และการบำรุงรักษาตามแผนที่ได้ตั้งไว้มีค่าเป็นค่าต้นทุนต่ำสุด (minimize)

สมการที่ 5 แต่ละเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต้องได้รับการบำรุงรักษาครบจำนวนวันที่กำหนดตามแผนการบำรุงรักษา PM

สมการที่ 6 จำนวนเครื่องจักรที่จะต้องบำรุงรักษาในแต่ละสัปดาห์ จะต้องไม่เกินความสามารถของหน่วยงานบำรุงรักษาที่กำหนดไว้

สมการที่ 7 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารของโรงงานต้องได้รับการบำรุงรักษาภายในระยะเวลาที่กำหนด

สมการที่ 8 ค่าของตัวแปร X_{it} จะต้องเป็นค่าไบนารี่ (0, 1)

3.4) การใช้วิธีการฮิวริสติกส์โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks: NNs) ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการบำรุงรักษา

เป็นวิธีที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียม สามารถจัดการกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและความไม่แน่นอนได้ดี ในกรณีของการจัดตารางการบำรุงรักษา [25] โครงข่ายประสาทเทียม จะช่วยในการตัดสินใจที่ซับซ้อนเกี่ยวกับเวลาและลำดับของงานบำรุงรักษา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในกระบวนการบำรุงรักษา หรือการดำเนินงานของหน่วยงาน [26]–[28]

ขั้นตอนในการใช้ โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทจำหน่ายและผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์

3.4.1) การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการฝึก โครงข่ายประสาทเทียม [28] ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร, ระยะเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษา, ค่าของเวลาในการบำรุงรักษาแต่ละเครื่องจักรที่เก็บเป็นจำนวนนาที และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ การนำข้อมูลเข้า (input) กำหนดให้ $X = \left[x_1, x_2, x_3 \ldots x_n\right]$ จะถูกป้อนเข้าโครงข่ายผ่านโปรแกรม

3.4.2) การเตรียมข้อมูล ข้อมูลที่เก็บรวบรวมต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่ โครงข่ายประสาทเทียม [26], [28] สามารถเข้าใจได้ ซึ่งอาจต้องผ่านการปรับขนาด, การทำ Normalization หรือการทำ one-hot encoding ขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูล การจัดตารางการบำรุงรักษากำหนดให้แต่ละโหนดใช้ชั้นที่ซ่อน (hidden layers) จะรับคำสั่งอินพุตจากโหนดก่อนหน้า และคำนวณตามสมการที่ 9

$$z_j^{(1)} = \sum_{i=1}^{n^{l-1}} w_{ji}^{(t)} a_i^{(l-1)} + b_j^{(l)} \quad (9)$$

โดยที่ $z_j^{(1)}$ = ค่าผลรวมถ่วงน้ำหนักของโหนด j ในใช้ที่ l

$w_{ji}^{(t)}$ = ค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อระหว่างโหนด i ชั้นที่ l -1 และโหนด j ชั้นที่ l

$a_i^{(l-1)}$ = ค่าที่ได้จากโหนด i ในชั้นที่ l -1

$b_j^{(l)}$ = ค่าไบแอสของโหนด j ในชั้นที่ l

$n^{(l-1)}$ = จำนวนโหนดในชั้น l -1

3.4.3) การออกแบบโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม การเลือกจำนวนชั้นและจำนวนโหนดในแต่ละชั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา การใช้ Multi-Layer Perceptron (MLP) [25], [28] หรือ โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับการจัดตารางการบำรุงรักษา ซึ่งค่าที่ได้จากสมการ $z_j^{(1)}$ จะได้นำมาผ่านฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) เพื่อสร้างค่าที่จะส่งไปยังชั้นถัดไปของ โครงข่ายประสาทเทียม ดังสมการที่ 10

$$a_j^{(l)} = \mathfrak{I}(z_j^{(t)}) \tag{10}$$

โดยที่ $\mathfrak{I}(z_j^{(t)})$ คือ ฟังก์ชันกระตุ้น เช่น Sigmoid, ReLU, หรือ Tanh ที่ใช้กระตุ้นในการทำงานของ Network

3.4.4) การฝึกโมเดล โมเดลของโครงข่ายประสาทเทียม จะถูกฝึกด้วยข้อมูลที่เตรียมไว้ โดยใช้เทคนิคการฝึกแบบ Backpropagation และ Gradient Descent [28] เพื่อปรับปรุงน้ำหนักของโหนดในโครงข่ายของการจัดตารางการบำรุงรักษา ดังสมการที่ 11

$$Loss = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}(y^{(i)} - \hat{y}^{(i)})^2 \tag{11}$$

โดยที่ $y^{(i)}$ = ค่าผลลัพธ์จริงของข้อมูลชุดที่ i

$\hat{y}^{(i)}$ = ค่าผลลัพธ์โมเดลคาดการณ์ในข้อมูลชุดที่ i

m = จำนวนของข้อมูลทั้งหมดในชุดฝึก

3.4.5) การประเมินผลและปรับปรุงโมเดล หลังจากฝึกโมเดลแล้ว จะต้องทำการประเมินผลลัพธ์และปรับปรุงโมเดลให้มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยใช้เทคนิคการ Cross-validation และการปรับแต่งพารามิเตอร์ (hyperparameter tuning) ซึ่งการจัดตารางการบำรุงรักษาออกแบบการปรับปรุง ดังสมการที่ 12

$$w_{ji}^{(l)} = w_{ji}^{(l)} - n\frac{\partial\, Loss}{\partial\, w_{ji}^{(l)}} \tag{12}$$

โดยที่ $w_{ji}^{(l)}$ คือ ค่าน้ำหนักเดิม (old weight)

N คือ ค่าอัตราการเรียนรู้ (learning rate) ซึ่งควบคุมความเร็วในการอัปเดตน้ำหนัก

$\frac{\partial\, Loss}{\partial\, w_{ji}^{(l)}}$ คือ อนุพันธ์ของค่าความสูญเสีย (loss function) เทียบกับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Gradient ของน้ำหนัก

Loss คือ ฟังก์ชันการสูญเสียซึ่งวัดความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่คาดการณ์กับค่าจริง

3.4.6) การใช้งานโมเดลในสภาพแวดล้อมจริง เมื่อโมเดลถูกฝึกและปรับปรุงจนได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจแล้ว โมเดลสามารถนำไปใช้งานในการจัดตารางการบำรุงรักษาในสภาพแวดล้อมจริง โดยจะช่วยให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำในชั้นเอาต์พุต $a_j^{(l)}$จะถูกคำนวณค่าคล้ายกับชั้นที่ซ่อน และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นผลลัพธ์ของโครงข่ายค่าที่ดีของการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทร่วมกับการได้ค่าเมคสแปนที่ต่ำของการประมวลในรอบนั้น ๆ [28]

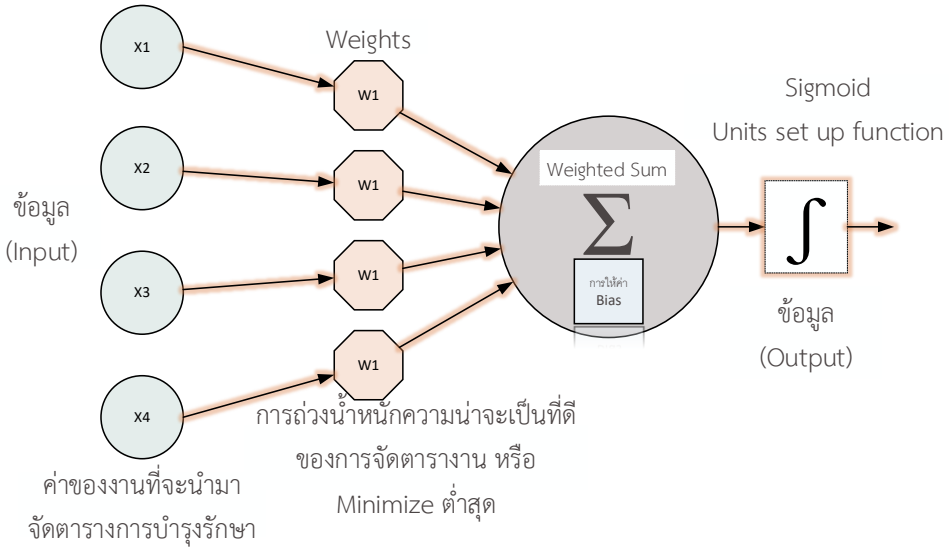
$$\hat{y} = a_j^{(L)} \tag{13}$$

โดยที่ L คือ จำนวนชั้นทั้งหมดในโครงข่าย

3.4.7) การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม ต้องการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง [28] เนื่องจากข้อมูลใหม่ ๆ จะเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ การปรับปรุงโมเดลให้สอดคล้องกับข้อมูลปัจจุบันจะช่วยให้การจัดตารางการบำรุงรักษามีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังแสดงรูปที่ 1

การใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการจัดตารางการบำรุงรักษา จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนและบริหารจัดการเวลาของการบำรุงรักษา ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล และการคาดการณ์เวลาที่ดีที่สุดสำหรับการบำรุงรักษา เพื่อลดการหยุดเครื่องจักร ในการผลิต และเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องจักรได้มากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีและอัลกอริทึมที่พัฒนาจะมีความเหมาะสม และนำเข้ามาช่วยในการจัดการกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนได้ดี ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมการบำรุงรักษาของบริษัทโดยใช้โปรแกรม VBA ในการพัฒนา ซึ่งโปรแกรม VBA จะมีโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลเครื่องจักร การระบุช่วงเวลาการบำรุงรักษา การระบุช่วงเวลาการเปลี่ยนถ่ายอะไหล่ การจัดตารางการซ่อมบำรุง และการวิเคราะห์ผลการจัดตารางการบำรุงรักษากับการวิจัยนี้

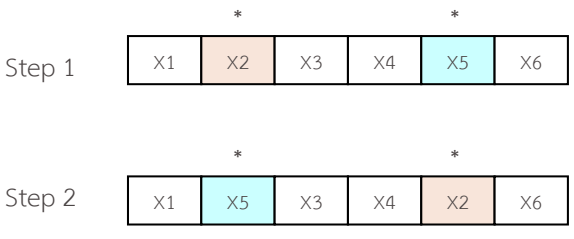
การจัดเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บในโปรแกรมและการเก็บเป็นเอกสารการสั่งซ่อมหรือการระบุการซ่อม ซึ่งจะต้องจัดเก็บและเป็นข้อมูลของแผนกบำรุงรักษาของบริษัท



รูปที่ 1 : โครงข่ายประสาทเทียมในการจัดตารางการบำรุงรักษา

3.5) การใช้วิธีการโลคอลเสิร์ช (Local Search: LS)

เป็นเทคนิควิธีการฮิวริสติกที่ใช้ในการหาโซลูชันที่ดีขึ้นโดยการสำรวจโซลูชันปัจจุบัน [29] และเคลื่อนย้ายไปยังโซลูชันใหม่ที่ดีกว่า [20], [21] ในการวิจัยนี้ ได้นำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการบำรุงรักษา [30] โดยเริ่มจากการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแถบแนวนอนหรือบิท (ตามรูปที่ 2) จากนั้นทำการคำนวณค่าเมคสแปนจากบิทเริ่มต้นเป็นค่าที่ 1 กระบวนการต่อไปจะสุ่มเลือก 2 ตำแหน่งและสลับบิทกันเพื่อสร้างแถบแนวนอนใหม่ แล้วคำนวณค่าเมคสแปนใหม่เป็นค่าที่ 2 หลังจากนั้นนำค่าที่ 1 และค่าที่ 2 มาเปรียบเทียบกัน หากค่าเมคสแปนใหม่นั้นน้อยกว่าค่าก่อนหน้า จะเก็บค่าไว้และทำการสุ่มสลับตำแหน่งใหม่ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนครบจำนวนที่ตั้งไว้ในโปรแกรม จนได้ค่าเมคสแปนที่ดีที่สุด



รูปที่ 2 : การใช้วิธีการ Local Search ในการแก้ปัญหา

3.6) การหาค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower Bound)

เป็นค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้สำหรับการจัดลำดับ จะได้ค่าเมคสแปนสำหรับการจัดตารางการบำรุงรักษา หรือค่าใช้จ่ายในปัญหาการจัดตาราง การหาค่าใช้วิธีการจัดด้วยวิธีการใด ๆ ในการหาค่าในโปรแกรมที่พัฒนา VBA โดยมีขั้นตอนการหาค่า Lower Bound ที่ทำให้ได้ค่าต่ำสุดและไม่ต่ำไปกว่านี้

4) ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดการบำรุงรักษาตามตารางการบำรุงรักษา โดยเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลา 6 เดือนก่อนการวิจัย (กรกฎาคม–ธันวาคม พ.ศ. 2566) และระยะเวลา 6 เดือนหลังการวิจัย (มกราคม–มิถุนายน พ.ศ. 2567) เพื่อแก้ไขปัญหาการซ่อมบำรุงตามแผนในระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) สำหรับเครื่องจักรของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ จากการจัดการบำรุงรักษาต้องดำเนินการกับงานบำรุงรักษาจำนวน n งาน บนหน่วยบำรุงรักษาที่ทำงานอิสระต่อกัน m หน่วย โดยต้องทำงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จทันเวลาที่กำหนด การจัดลำดับงานให้สอดคล้องกับแผนการบำรุงรักษา PM และเปรียบเทียบกับค่าเมคสแปนต่ำสุดของชุดงาน โดยใช้แบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้นำโครงข่ายประสาทเทียม มาใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการด้วยอัตราการเรียนรู้ การปรับแต่งพารามิเตอร์ และการร่วมกับวิธีการโลคอลเสิร์ชในการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้

การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละสัปดาห์ แบ่งออกเป็นปัญหาขนาดเล็ก (4×2, 5×3, 5×4, 6×2, 7×3, 7×4, 8×3) และปัญหาขนาดใหญ่ (12×5, 14×2, 16×3, 17×3, 17×4, 20×5, 21×5)

โดยการดำเนินการตามแผนการบำรุงรักษาเพื่อลดปัญหาที่พบและปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

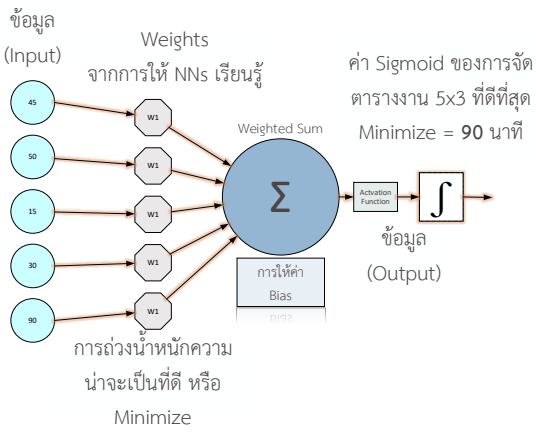
การวิจัยแสดงวิธีการแก้ปัญหางาน 5×3 คือ จำนวนงานที่จะต้องบำรุงรักษาตามแผนจำนวน 5 งาน และมีหน่วยงานที่จะเข้าบำรุงรักษา 3 หน่วยงาน ในการจัดตารางการบำรุงรักษาแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : การแก้ปัญหาการจัดตารางการบำรุงรักษา 5x3

งานที่	ชื่อการบำรุงรักษา	เวลาในการบำรุงรักษา	ต้นทุนในการบำรุงรักษา
5	อัดจาระบีชุดลำเลียง 2	90	780
2	ถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องโม่แป้ง 1	50	1,200
1	เปลี่ยนสายพานเครื่องบดแป้ง	45	960
4	เปลี่ยนแบริ่งเครื่องหั่นเส้น	30	569
3	หยอดน้ำมันหล่อลื่นสายพานลำเลียง 1	15	576

จากตารางที่ 1 การแก้ปัญหาการจัดตารางการบำรุงรักษา 5x3 เป็นกระบวนการการแก้ปัญหาด้วย NNs ซึ่งมีการนำข้อมูล (Input) การให้ค่าน้ำหนัก Weights กับการให้ NNs เรียนรู้ กับการหาผลรวมของ Weighted Sum กับการให้ค่า Bias กระบวนการนี้ NNs จะเรียนรู้ค่า และนำไปสู่การหาค่า Sigmoid ของการจัดตารางงาน 5x3 ที่ดีที่สุด Minimize เท่ากับ 90 นาที ที่มีค่าการจัดตาราง คือ 5, 2, 1, 4, 3 มีต้นทุนรวมของการบำรุงรักษานี้เท่ากับ 4,085 บาท ในการจัดตารางการบำรุงรักษานี้

จากปัญหางานนำมาเข้ากระบวนการ โครงข่ายประสาทเทียม (แสดงรูปที่ 3) แสดงการใช้ NNs หาค่าคำตอบของการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ และการวิจัยได้ออกแบบการทดสอบโปรแกรมกับการหาค่าที่เหมาะสมกับการใช้ NNs การออกแบบการทดลองได้ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^3 ได้เท่ากับ 8 การทดลอง กับปัญหาขนาดใหญ่ ได้ค่าที่เหมาะสมของค่า Weights ระดับต่ำที่ 0.5 ค่าระดับอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.01 และการทดลองกับปัญหาขนาดเล็ก ได้ค่าที่เหมาะสมของค่า Weights ระดับต่ำที่ 0.5 ค่าระดับอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.01 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดกับการพัฒนาโปรแกรมนี้



รูปที่ 3: โครงข่ายประสาทเทียมกับการจัดตารางงาน

4.1) การจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ กับปัญหาขนาดเล็ก

โดยการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกวันทำให้ต้องมีการดำเนินการบำรุงรักษา และไม่ยอมให้มีการ Breakdown หรือถ้ามีต้องน้อยที่สุด การบำรุงรักษาแบบ PM มีการวางแผนการเปลี่ยนอะไหล่ และการจัดตารางการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ในการวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่พบในกระบวนการบำรุงรักษา คือ ปัญหาขนาดเล็ก การวิเคราะห์และการเปรียบเทียบข้อมูลปัญหาขนาดเล็กแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับปัญหาขนาดเล็ก

ขนาดของปัญหา (Week)	วิธีการการจัดตารางงาน	ค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower Bound) (นาที)	ค่าเมคสแปน (Makespan) (นาที)	ค่าช่องว่างการเปรียบเทียบ (Gap) (นาที)
4×2	NNs	1,568	1,580	12
	LS		1,578	10
5×3	NNs	1,740	1,740	0
	LS		1,802	62
5×4	NNs	2,102	2,102	0
	LS		2,102	0
6×2	NNs	2,089	2,089	0
	LS		2,102	13
7×3	NNs	2,358	2,358	0
	LS		2,358	0
7×4	NNs	2,689	2,689	0
	LS		2,689	0
8×3	NNs	3,329	3,329	0
	LS		3,335	6

จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับปัญหาขนาดเล็ก พบว่า การใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีการโลคอลเสิร์ช สามารถหาค่าคำตอบในการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ปัญหาขนาด 7×3 ซึ่งให้ค่าเมคสแปนเท่ากับ 2,358 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Lower Bound ที่เท่ากับ 2,358 นาที จะเห็นว่าค่าช่องว่างการเปรียบเทียบ (Gap) เป็น 0 นั่นหมายความว่าการจัดการกับปัญหาขนาดเล็กด้วย NNs และ LS ให้ผลลัพธ์ที่ดี

4.2) การจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ กับปัญหาขนาดใหญ่

ในกระบวนการบำรุงรักษาที่วางแผนร่วมกับการจัดตารางและนำแบบจำลองกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกับการใช้ NNs และ LS การเปรียบเทียบข้อมูลปัญหาขนาดใหญ่ดังกล่าว แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : แสดงการเปรียบเทียบผลการวิจัยกับปัญหาขนาดใหญ่

ขนาดของปัญหา (Week)	วิธีการการจัดตารางงาน	ค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower Bound) (นาที)	ค่าเมคสแปน (Makespan) (นาที)	ค่าช่องว่างการเปรียบเทียบ (Gap) (นาที)
15×5	NNs	1,950	1,950	0
	LS		1,950	0
14×2	NNs	2,240	2,242	2
	LS		2,244	4
16×3	NNs	2,309	2,327	18
	LS		2,337	28
17×3	NNs	2,540	2,540	0
	LS		2,582	42
17×4	NNs	2,785	2,785	0
	LS		2,759	26
20×4	NNs	3,689	3,689	0
	LS		3,689	0
21×4	NNs	3,890	3,890	0
	LS		3,905	15

จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิจัยกับปัญหาขนาดใหญ่ พบว่า การใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม NNs และ LS สามารถหาค่าคำตอบในการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น ปัญหาขนาด 20x4 ซึ่งให้ค่าเมคสแปนเท่ากับ 3,689 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Lower Bound ที่เท่ากับ 3,689 นาที จะเห็นว่าค่าช่องว่างการเปรียบเทียบ (Gap) เป็น 0 นั่นหมายความว่าการจัดการกับปัญหาขนาดใหญ่ด้วย NNs และ LS ให้ผลลัพธ์ที่ดีเช่นกัน

4.3) ผลการแก้ปัญหาการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์

4.3.1) การวิจัยได้ทำการเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการวิจัย โดยมีการจัดเก็บข้อมูลล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 6 เดือน ข้อมูลก่อนการวิจัยถูกเก็บระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคม 2566 ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4: ข้อมูลการบำรุงรักษาก่อนดำเนินการวิจัยของโรงงาน กรณีศึกษา

เดือน	จำนวนงานแก้ปัญหาบำรุงรักษา (งาน)	ระยะเวลาในการบำรุงรักษา (นาที)	ต้นทุนการแก้ปัญหา (บาท)	ร้อยละการบำรุงรักษาต่อระยะเวลาในการบำรุงรักษา
ก.ค. 2566	86	8,964	282,265	13.38
ส.ค. 2566	127	9,875	254,684	14.74
ก.ย. 2566	168	10,821	345,669	16.16
ต.ค. 2566	159	12,412	451,785	18.53
พ.ย. 2566	184	11,458	545,897	17.11
ธ.ค. 2566	171	13,427	457,158	20.05
รวม		66,957	2,337,458	

จากตารางที่ 4 ข้อมูลการบำรุงรักษาก่อนดำเนินการวิจัยของโรงงาน กรณีศึกษา พบว่า มีจำนวนระยะเวลาในการบำรุงรักษา รวมเท่ากับ 66,957 นาที มีต้นทุนในการบำรุงรักษาจำนวน 6 เดือน รวมเท่ากับ 2,337,458 บาท

4.3.2) การวิจัยได้ทำการเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลหลังการวิจัย การจัดเก็บข้อมูลหลังดำเนินการ โดยมีการจัดเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 6 เดือน ข้อมูลหลังการวิจัยถูกเก็บระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน 2567 ดังแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 5: ข้อมูลการบำรุงรักษาหลังดำเนินการวิจัยของโรงงาน กรณีศึกษา

เดือน	จำนวนงานแก้ปัญหาบำรุงรักษา (งาน)	ระยะเวลาในการบำรุงรักษา (นาที)	ต้นทุนการแก้ปัญหา (บาท)	ร้อยละการบำรุงรักษาต่อระยะเวลาในการบำรุงรักษา
ม.ค. 2567	145	7,642	241,258	15.10
ก.พ. 2567	141	7,423	241,752	14.66
มี.ค. 2567	159	6,125	255,641	12.10
เม.ย. 2567	164	9,874	254,147	19.51
พ.ค. 2567	191	10,954	358,144	21.64
มิ.ย. 2567	179	8,584	564,120	16.96
รวม		50,602	1,915,062	

จากตารางที่ 5 ข้อมูลการบำรุงรักษาหลังดำเนินการวิจัยของโรงงาน กรณีศึกษา พบว่า มีจำนวนระยะเวลาในการบำรุงรักษารวมเท่ากับ 50,602 นาที มีต้นทุนในการบำรุงรักษาจำนวน 6 เดือน รวมเท่ากับ 1,915,062 บาท

4.3.3) การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ การวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการดำเนินการ พบว่า ก่อนการวิจัยมีระยะเวลาในการบำรุงรักษารวมทั้งสิ้น 66,957 นาที หลังการวิจัยมีระยะเวลาในการบำรุงรักษาลดลงเหลือ 50,602 นาที ซึ่งลดลง 16,355 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 13.91 และในด้านต้นทุนการบำรุงรักษาตลอด 6 เดือน ก่อนการวิจัยมีต้นทุนรวมในการบำรุงรักษาอยู่ที่ 2,337,458 บาท หลังการวิจัยมีต้นทุนรวมลดลงเหลือ 1,915,062 บาท ลดลง 422,396 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 9.93 การเปรียบเทียบนี้แสดงให้เห็นถึงการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในด้านระยะเวลาและต้นทุนการบำรุงรักษาหลังจากการดำเนินการวิจัย

4.4) การเปรียบเทียบผลค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (MTBF)

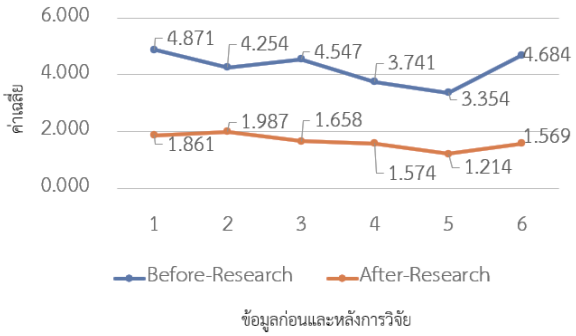
การวิจัยได้เก็บข้อมูลก่อนการวิจัย 6 เดือน และหลังการวิจัย 6 เดือน พบว่า ค่า MTBF ก่อนการวิจัย มีค่าเท่ากับ 48.57 ชั่วโมง ขณะที่หลังการวิจัยค่า MTBF เพิ่มขึ้นเป็น 83.84 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า MTBF เพิ่มขึ้นร้อยละ 35.27 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการวิจัย

4.5) การเปรียบเทียบค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (Mean Time to Repair: MTTR)

จากข้อมูลวิธีการแก้ปัญหาที่พัฒนาขึ้น ทำการเก็บผลการวิเคราะห์ก่อนการวิจัย 6 เดือน และหลังการวิจัย 6 เดือนแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องก่อนการวิจัยอยู่ที่ 3.49 ชั่วโมง ขณะที่ค่าเฉลี่ยหลังการวิจัยลดลงเหลือ 1.36 ชั่วโมง ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของค่า MTTR ในแต่ละเดือนหลังการวิจัย คิดเป็นร้อยละ 30.48

4.6) การเปรียบเทียบค่าร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง (Average Machine Downtime)

การวิจัยได้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องระหว่างการผลิต โดยบันทึกจำนวนครั้งที่เครื่องจักรเสียหายก่อนการวิจัย 6 เดือน และหลังการวิจัย 6 เดือน จากนั้นทำการคำนวณค่าเวลาเป็นค่าร้อยละ (สมการที่ 3) เมื่อเทียบกับเวลาในการผลิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในแต่ละเดือน ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเปรียบเทียบค่าร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรขัดข้องก่อนและหลังการวิจัย พบว่า ค่าร้อยละของเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาในแต่ละเดือนเมื่อเทียบกับเวลาในการบำรุงรักษาทั้งหมดลดลงหลังการวิจัย โดยคิดเป็นร้อยละ 44.14



รูปที่ 4 : ค่าร้อยละของเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง

5) สรุปผล

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดตารางการบำรุงรักษาของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยได้จัดเก็บข้อมูลปัญหาขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ในการบำรุงรักษาแบบ PM เพื่อป้องกันการ Breakdown หรือให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ข้อมูลถูกเก็บระหว่างเดือนกรกฎาคม–ธันวาคม พ.ศ. 2566 (ก่อนการวิจัย) และเดือนมกราคม–มิถุนายน พ.ศ. 2567 (หลัง

การวิจัย) สำหรับปัญหาขนาดเล็ก เช่น 7×3 ซึ่งให้ค่าเมคสแปนเท่ากับ 2,358 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Lower Bound ที่เท่ากับ 2,358 นาที ทำให้ Gap เป็น 0 สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ เช่น 20×4 ซึ่งให้ค่าเมคสแปน เท่ากับ 3,689 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Lower Bound ที่เท่ากับ 3,689 นาที จะเห็นว่าค่าช่องว่างการเปรียบเทียบเป็น 0 แสดงถึงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ด้วย NNs และ LS ในปัญหาทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ หลังการวิจัย พบว่า ระยะเวลาการบำรุงรักษารวมลดลงจาก 66,957 นาที เป็น 50,602 นาที และต้นทุนการบำรุงรักษาลดลงจาก 2,337,458 บาท เป็น 1,915,062 บาท ลดลงจากเดิมเป็นจำนวนเงิน 422,396 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 9.93 และการวิจัยได้เปรียบเทียบผลค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร พบว่าค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 48.57 ชั่วโมงก่อนการวิจัยเป็น 83.84 ชั่วโมง หลังการวิจัยเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.27 ส่วนค่า MTTR ลดลงจาก 3.49 ชั่วโมงเป็น 1.36 ชั่วโมง ลดลงร้อยละ 30.48 นอกจากนี้ ค่าเวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องลดลง ร้อยละ 44.14 หลังการวิจัย

6) ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดตารางการบำรุงรักษาเพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต เสนอให้มีการฝึกอบรมบุคลากรอย่างต่อเนื่องในด้านการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในโรงงานร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูล และเพิ่มอัตราการเรียนรู้ให้กับโปรแกรมที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์ และหลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่สนับสนุนการวิจัย การใช้พื้นที่วิจัย เครื่องมือ เครื่องจักร ซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์ในการวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

[1] A. N. Mustapha, Y. Zhang, Z. Zhang, Y. Ding, Q. Yuan and Y. Li (2021). “Taguchi and ANOVA analysis for the Optimization of the microencapsulation of a volatile phase change material,” *J. Mat. Res. Technol.*, vol. 11, pp. 667–680, 2021.

[2] R. H. Myers and D. C. Montgomery, *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1995.

[3] H.-K. Hwang and S.-J. Kim, “Investigation on the effective factor calculation of electropolishing using full factorial design and mechanism model by microscopic analysis for super austenitic stainless steel,” *Surfaces and Interfaces*, vol. 37, 2023, Art. no. 102730.

[4] D. Grewal, S. Benoit, S. M. Noble, A. Guha, C.-P. Ahlbom, and J. Nordfält, “Leveraging in-store technology and AI: Increasing customer and employee efficiency and enhancing their experiences,” *J. Retail.*, vol. 99, no. 4, pp. 487–504, 2023.

[5] A. Jankovic, G. Chaudhary, and F. Goia, “Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems,” *Energy Build.*, vol. 250, Nov. 2021, Art. no. 111298.

[6] H. Wu, H. Chen, L. Fan, P. Pan, G. Xu, and L. Wu, “Performance analysis of a novel co-generation system integrating a small modular reactor and multiple hydrogen production equipment considering peak shaving,” *Energy*, vol. 302, Sep. 2024, Art. no. 131887.

[7] S. Tang, J. Ma, Z. Yan, Y. Zhu, and B. C. Khoo, “Deep transfer learning strategy in intelligent fault diagnosis of rotating machinery,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 134, Aug. 2024, Art. no. 108678.

[8] H. Corrotea, H. Portales, L. Amigo, G. Gatica, A. T. Palacio, D. Mondragon, and M. Ramos, “Maintenance process analysis in a port cargo company through discrete event simulation,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 231, pp. 415–420, 2024.

[9] P. Mukherjee, R. Das, and M. Jawed, “Assessment of routine operation and maintenance work of a small community water treatment plant in North Guwahati, Assam, India,” *Groundwater for Sustain. Develop.,* vol. 25, May 2024, Art. no. 101123.

[10] U. Rai, G. Oluleye, and A. Hawkes, “Stochastic optimisation model to determine the optimal contractual capacity of a distributed energy resource offered in a balancing services contract to maximise profit,” *Energy Rep.*, vol. 11, pp. 5800–5818, Jun. 2024.

[11] L. Cheng, Q. Tang, and L. Zhang, "Production costs and total completion time minimization for three-stage mixed-model assembly job shop scheduling with lot streaming and batch transfer," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 130, Apr. 2024, Art. no. 107729.

[12] Z. Rui *et al.* "Graph reinforcement learning for flexible job shop scheduling under industrial demand response: A production and energy nexus perspective," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 193, Jul. 2024, Art. no. 110325.

[13] B. Du, S. Han, J. Guo, and Y. Li, "A hybrid estimation of distribution algorithm for solving assembly flexible job shop scheduling in a distributed environment," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 133, Jul. 2024, Art. no. 108491.

[14] H. Shuihua, Z. Ling, C. Kui, Z. Luo, and D. Mishra, "Appointment scheduling and routing optimization of attended home delivery system with random customer behavior," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 262, no. 3, pp. 966–980, Nov. 2017.

[15] A. Choo, Y. Xia, G. P. Zhang, and C. Liao, "Leader behavioral integrity for safety and its impact on worker preventive maintenance behavior and operational performance," *Saf. Sci.*, vol. 177, Sep. 2024, Art. no. 106577.

[16] M. D. O. Dos Reis, R. Godina, C. Pimented, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matiasac, "A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction," *Procedia Manuf.*, vol. 38, pp. 908–915, 2019.

[17] W. Zhang, J. Gan, S. He, T. Li, and Z. He, "An integrated framework of preventive maintenance and task scheduling for repairable multi-unit systems," *Rel. Eng. Syst. Saf.*, vol. 247, Jul. 2024, Art. no. 110129.

[18] J. L. M. de Andrade, M. J. F. Souza, E. M. de Sa, G. C. Menezes, and S. R. de Souza, "Formulations and heuristic for the long-term preventive maintenance order scheduling problem," *Comput. Oper. Res.,* vol. 170, Oct. 2024, Art. no. 106781.

[19] T. Yuan and X. Yan, "Application analysis of heuristic algorithms integrating dynamic programming in RNA secondary structure prediction," *Intell. Syst. Appl.*, vol. 23, Sep. 2024, Art. no. 200400.

[20] A. Phuk-in, "Production-scheduling problem: A case of SD Tractors Company, Limited," in *Proc. 40th Conf. Ind. Eng. Netw. (IE Network)*, Nakhon Pathom, Thailand, May 2022, pp. 469–474.

[21] A. Phuk-in, "Production planning and machine maintenance schedule of Dragon Green Energy Company, Limited," *J. Ind. Technol.,* vol. 20, no. 1, pp. 62–80, 2024.

[22] C. Muangdit and K. Lurang, "Optimized PIDA controller design with bat-inspired algorithm for temperature control of electric furnace system," (in Thai), *J. Eng. Digit. Technol. (JEDT)*, vol. 12, no. 1, pp. 67–74, 2024.

[23] P. Alavian, Y. Eun, K. Liu, S. M. Meerkov, and L. Zhang, "The (α, β)-precise estimates of MTBF and MTTR: definitions, calculations, and induced effect on machine efficiency evaluation," *IFAC-PapersOnLine*, vol 52, no. 13, pp. 1004–1009, 2019.

[24] A. Khamaj, A. M. Ali, R. Saminathan, and M. Shanmugasundaram, "Human factors engineering simulated analysis in administrative, operational and maintenance loops of nuclear reactor control unit using artificial intelligence and machine learning techniques," *Heliyon*, vol. 10, no. 10, May 2024, Art. no. e30866.

[25] R. Zheng, M. Liu, Y. Zhang, Y. Wang, and T. Zhong, "An optimization method based on improved ant colony algorithm for complex product change propagation path," *Intell. Syst. Appl.*, vol. 23, Sep. 2024, Art. no. 200412.

[26] J. Zhao, H. Mao, P. Mao, and J. Hao, "Learning path planning methods based on learning path variability and ant colony optimization," *Syst. Soft Comput.*, vol. 6, Dec. 2024, Art. no. 200091.

[27] J. Bai, G.-R. Liu, T. Rabczuk, Y. Wang, X.-Q. Feng, and Y. T. Gu, "A robust radial point interpolation method empowered with neural network solvers (RPIM-NNs) for nonlinear solid mechanics," *Comput. Methods Appl. Mechanics Eng.*, vol. 429, Sep. 2024, Art. no. 1171591.

[28] Z. Liang, D. Ren, B. Xue, J. Wang, W. Yang, and W. Liu, "Verifying safety of neural networks from topological perspectives," *Sci. Comput. Program.*, vol. 236, Sep. 2024, Art. no. 103121.

[29] Y. Xu, X. Li, and X. Meng, "A Q-learning based iterated local search algorithm for human-UAV cooperation in restoring transmission network," *Expert Syst. Appl.*, vol. 252, Oct. 2024, Art. no. 124200.

[30] A. E. Yahiaoui, S. Afifi, and H. Allaoui, "Enhanced iterated local search for the technician routing and scheduling problem," *Comput. Oper. Res.*, vol. 160, Dec. 2023, Art. no. 106385.