



คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

The Journal of Industrial Technology

Suan Sunandha Rajabhat University

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

ISSN (Print) : 2351 -0811
ISSN (Online) : 2730 -2938

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อเป็นช่องทางในการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ สหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชุตินาฏ ตรีวิบูลย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนมภัทร โตระสะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเรือน รัตมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์สรศักดิ์ สุทธิไชยเมธี
รองศาสตราจารย์อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา สุรวัดนิเศษ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลือพล พิพานเมฆาภรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนวิชัย อนุวงศ์พินิจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชาคริตส วัฒนประเสริฐ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ปินตาคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรเวช ธาราเวชรักษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี บุญเรืองเศษ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรกมล วงษ์ศิลป์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ เมืองไหว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธวัชชัย ประหยัดวงค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชิดศิริ นิลผาย

ดร.โชติ อินทวงศ์

มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ดร.ทงศักดิ์ เทพสนธิ
ดร.สุมาลี อุดมบุญญานภาพ
ดร.วิทยา ชาญชัย
ดร.จินดามาส สุทธิชัยเมธี

ดร.ชาญยุทธ กฤตสุนันท์กุล
ดร.ธรรมรักษ์ ศรีมารุต

มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยสยาม
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์
วิจัยและนวัตกรรม
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – มิถุนายน) และ ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม)

ฝ่ายประสานงานและจัดการ

นางสาวดวงเนตร สารสมบัติ

เจ้าของวารสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 23 โทรสาร 0 2160 1440
www.fit.ssru.ac.th
<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru>

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้การวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ นวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ การพัฒนาเชิงประยุกต์ ซึ่งในแต่ละบทความได้รวบรวมองค์ความรู้จากผู้มีความเชี่ยวชาญในหลากหลายด้าน นักวิจัยและประชาชนทั่วไปสามารถนำความรู้จากวารสารนี้ไปต่อยอดในการสร้างนวัตกรรมใหม่และสามารถนำกระบวนการ องค์ความรู้ เทคโนโลยีใหม่จากบทความไปประยุกต์สร้างสรรค์และใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้จริงในอนาคต โดยในกระบวนการวิจัยหรือหลักการใหม่ที่เสนอจะต้องมีความเป็นไปได้และน่าเชื่อถือมีหลักทฤษฎีประกอบ และสนับสนุนอย่างเพียงพอ เพื่อประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ให้กับ นักวิจัย ครู อาจารย์ นักศึกษา รวมถึงประชาชนทั่วไปที่สนใจ วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วารสารวิชาการฉบับนี้เป็นปีที่ 13 มีกำหนดออกจำนวน 2 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – มิถุนายน 2568) ประกอบด้วยบทความวิจัยจำนวน 10 บทความ และฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568)

ปัจจัยหลายประการที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อคุณภาพวารสาร คือคุณภาพของบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการเป็นที่ยอมรับ กระบวนการคัดกรองและการตรวจสอบที่มีมาตรฐาน โดยผู้ทรงคุณวุฒิเฉพาะสาขาวิชา ข้อเสนอแนะที่ทรงคุณค่า รวมทั้งการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อดำเนินการจัดพิมพ์และการเผยแพร่บทความได้เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด ส่งผลให้วารสารฯ มีความน่าเชื่อถือและผ่านการรับรองโดย TCI

ทางคณะผู้จัดทำวารสารฯ ขอกราบขอบพระคุณที่ปรึกษาวารสารฯ กองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ ที่สละเวลาใช้ความรู้ความสามารถในการทำให้คุณภาพของวารสารฯ เป็นที่น่าเชื่อถือและมีคุณค่าเป็นประโยชน์ต่อทางวิชาการ และขอขอบคุณนักวิชาการทุกท่านที่ส่งบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการเข้าร่วมทำให้วารสารฯ ดำเนินการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ทางคณะผู้จัดทำวารสารฯ พร้อมทั้งจะรับฟังข้อเสนอแนะจากทุกภาคส่วน เพื่อให้วารสารฯ มีประสิทธิภาพพัฒนามากยิ่งขึ้น และเป็นที่ยอมรับในระดับสากลต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเรือน รัตมี

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของพนักงาน ในกระบวนการผลิตยานยนต์ ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย Artificial Neural Network for Predicting Accident Prevention Behavior at Work in Automotive Production Process: A Case Study in Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand ศศิธร ร่มพา, อารุญ เกตุสาคร	1 - 12
การประยุกต์ใช้การจัดการแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการบรรจุขวดแก้ว ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มของโรงงานเครื่องดื่มแห่งหนึ่ง Lean Management is Used to Improve Efficiency in The Glass Bottle Filling Process of a Beverage Factory อรปริยา รัตนาวรรณวงศ์, พีรภพ จอมทอง, พลกฤต วัชรผลานนท์	13 - 26
การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับจิ้งหรีดด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ แบบพีไอดี The Development of a Spray Dryer for Crickets with an Automatic Temperature Control System Using PID วิสิทธิ์ ลุ่มชะเนาว์, ธนกร ดุจเพ็ญ	27 - 39
Design and Development of a Product Database for Brake Lining: A Case Study of a Brake Lining Factory Tongmean Teang, Thanathorn Karot	40 - 51
การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุหีบห่อขวดน้ำอัดลม: การลดเวลาการเปลี่ยน อะไหล่และการปรับตั้งค่าเครื่องจักรในสายการผลิต PET5 Enhancing Carbonated Beverage Bottle Packaging: Reducing Changeover Time and Machine Setup in PET5 Production สุพัฒตรา ศรีญาณลักษณ์, ปาริตา ภัยอย่ามี	52 - 64

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย	หน้า
การศึกษาประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของระบบการตรวจจับวัตถุ: กรณีศึกษาการตรวจจับรอยตำหนิบนตัวถังรถยนต์จำลองหลังการพ่นสี A Comparative Study of Object Detection Systems: A Case Study on Detecting Surface Defects on Simulated Automotive Bodies after Spray Painting อนันดา สิ้นไชย, ทรงวุฒิ พานิชย์, สุทธิดา ยอดอาษา	65 - 79
การศึกษาความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และพฤติกรรมความปลอดภัย ในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย The study of Occupational Health Literacy and Safety Behaviors Among Waste Collectors in Chiangrai Province พีรชญา ไชปัญญา, น้ำเงิน จันทรมณี, ศศิวิมล บุตรสีเขียว	80 - 105
การประเมินการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตในภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย Life Cycle Energy Assessment in the Electricity Generation Sector of Thailand สุชิน ฉวีวงศ์, สุพรรณนิภา วัฒนนะ	106 - 116
ปัจจัยที่สัมพันธ์กับสมรรถภาพการทำงานของปอดของผู้ประกอบอาชีพการทำหมอนขัดจาก การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าติว จังหวัดยโสธร ประเทศไทย Factors Associated with Lung Function among Khit Pillow Workers Exposed to Fine Particles in Si Than Subdistrict, Pa Tio District, Yasothon Province, Thailand กัญญิกา สามารถ, อารุญ เกตุสาคร	117 - 129
การผลิตถ่านไบโอชาร์จากเศษกะลามะพร้าวในกระบวนการทำมะพร้าวขาว ด้วยเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม Biochar is produced from coconut shell waste, generated during white coconut processing, using a co-firing reactor. อรัญ ขวัญปาน, สุภัทสร ฉิมเชิด, รุจิพรรณ แผงจันดา	130 - 140

โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ

ของพนักงานในกระบวนการผลิตยานยนต์

ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย

ศศิธร ร่มพา¹, อารุณ เกตุสาคร²

^{1, 2}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Jun 09, 2024

Revised: Jul 24, 2024

Accepted: Jul 24, 2024

บทคัดย่อ

ความเสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุจากการทำงานทำให้เกิดการบาดเจ็บ เสียชีวิต สูญเสียสุขภาพ เจ็บป่วยเรื้อรัง ตลอดจนเกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมไปถึงการเกิดความเสียหายทางทรัพย์สินอันเนื่องมาจากการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลและสร้างตัวแบบสำหรับการทำนายพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของพนักงานในกระบวนการผลิตยานยนต์ 272 คน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 2567 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย ทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุและสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ ผลการวิจัยพบว่า 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ ได้แก่ การรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ (คะแนน) ระดับความดันเสียง (dBA) ดัชนีความร้อน (°C) และการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ (คะแนน) และสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างสถาปัตยกรรม 4-3-2-1 ประกอบด้วยตัวแปรนำเข้า 4 ตัว โหนดชั้นซ่อน 3 และ 2 โหนด ตัวแปรนำออก 1 ตัว โมเมนตัม 0.05 อัตราการเรียนรู้ 0.1 และเวลาการเรียนรู้ 100,000 รอบ มีค่ากำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของตัวแบบการพยากรณ์โครงข่ายประสาทเทียมมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.30 แสดงว่าตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำและสามารถใช้ทำนายคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุแต่ละบุคคลเพื่อวางแผนการแก้ปัญหาตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุก่อนเริ่มทำงาน

คำสำคัญ : โครงข่ายประสาทเทียม พฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ กระบวนการผลิตยานยนต์

Artificial Neural Network for Predicting Accident Prevention Behavior at Work in Automotive Production Process: A Case Study in Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand

Sasithon Rompa¹, Arroon Ketsakorn²

^{1, 2}Faculty of Public Health, Thammasat University

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Jun 09, 2024

Revised: Jul 24, 2024

Accepted: Jul 24, 2024

Abstract

The risk of accidents at work causes injury, death, disability, chronic illness, as well as direct and indirect economic losses, including property damage due to accidents. The purpose of this cross-sectional study aimed to discover influential factors and create an accident prevention behavior prediction model among 272 workers in automotive production process during February to March 2024 in Phra Nakhon Si Ayutthaya province, Thailand. Multiple regression analysis was performed to find out the influential factors with accident prevention behavior. Artificial Neural Network (ANN) was then used for predicting accident prevention behavior. Only four factors were significantly related to accident prevention behavior. These influential factors included.

perceived barriers to accident prevention behavior (scores), sound pressure level (dBA), heat index (°C), and accident risk perception (scores). ANN model was constructed as 4-3-2-1 by comprising of 4 input variables, 3 and 2 hidden nodes, 1 output variable, momentum was 0.05, learning rate was 0.1, and learning time was 100,000 epochs. This multilayer perceptron of ANN model exhibited the least Mean Square Error (MSE). The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of ANN model was 3.30 percent, which indicates that the ANN model is accurate and can be used to predict individual accident prevention behavior scores in order to plan solving problems according to the influential factors with behavior scores before starting to work.

Keywords : Artificial Neural Network, Accident prevention behavior, Automotive production

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทในประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพราะเป็นอุตสาหกรรมซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในประเทศ อีกทั้งความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการยานพาหนะซึ่งเปรียบเสมือนเป็นปัจจัยที่ 5 ในสังคมปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น การดำเนินงานด้านอุตสาหกรรมจึงเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี วิธีการทำงาน เพื่อพัฒนาและตอบสนองต่อการเติบโต ส่งผลให้เกิดการจ้างงานและจำนวนลูกจ้างที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

จากสถิติจำนวนลูกจ้างที่เพิ่มขึ้นในปี 2566 จำนวนลูกจ้างเพิ่มขึ้น 0.62 ล้านคนเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2565 (จาก 39.59 ล้านคนเป็น 40.25 ล้านคน) คิดเป็นร้อยละ 1.7 [1] จำนวนแรงงานที่เพิ่มมากขึ้น แรงงานมีแนวโน้มได้รับผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยต่อชีวิต รวมถึงความเสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุจากการทำงาน ทำให้เกิดการบาดเจ็บ เสียชีวิต ทพพลภาพ เจ็บป่วยเรื้อรัง ตลอดจนเกิดความสูญเสียเชิงเศรษฐกิจอื่นๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมไปถึงการเกิดความเสียหายทางทรัพย์สินอันเนื่องมาจากการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ในการปฏิบัติงาน

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจากพฤติกรรมหรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัย จึงจำเป็นต้องหาวิธีป้องกันและควบคุมพฤติกรรมที่เป็นพฤติกรรมเสี่ยงด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใหม่ หากสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเสี่ยงของพนักงานให้เป็นพฤติกรรมปลอดภัยได้ จะมีส่วนทำให้สถิติของการเกิดอุบัติเหตุลดลง [2]

มีผลการศึกษาที่พบว่า การเกิดอุบัติเหตุที่โครงการก่อสร้างลดลงหลังการดำเนินโปรแกรมพฤติกรรมปลอดภัย [3] ซึ่งเป็นไปตามผล

การศึกษาที่พบว่าโปรแกรมพฤติกรรมปลอดภัยมีประสิทธิผลการป้องกันอุบัติเหตุและดัชนีความปลอดภัย (Safety Index) ของพนักงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จากช่วงเริ่มต้นการทดลอง [4] หรือจำนวนพฤติกรรมความปลอดภัยที่ถูกสังเกตมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุของพนักงาน [5] และอุบัติเหตุมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการดำเนินโปรแกรมพฤติกรรมความปลอดภัยจากในปีแรกที่อุบัติเหตุลดลงร้อยละ 26 และลดลงเป็นร้อยละ 69 ในปีที่ 5 ของการดำเนินโปรแกรม [6]

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า มีผู้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ แต่ยังไม่สามารถทำนายพฤติกรรมการเกิดอุบัติเหตุดังกล่าวได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุและสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุของพนักงานในกระบวนการผลิตยานยนต์เพื่อเป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ การศึกษาก่อนหน้านี้ได้มีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการพยากรณ์ เช่น การศึกษาของ Lee et al. [7] ศึกษาการพยากรณ์การฟื้นตัวของ การได้ยิน ในการสูญเสียการได้ยินทันทีที่เกิดขึ้น ในช่วงเดียว โดยใช้ Logistic regression (baseline), support vector machine, extreme gradient boosting, light gradient boosting machine และ multilayer perceptron จากผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง light gradient boosting machine และ multilayer perceptron มีค่าความแม่นยำดีที่สุด Zare et al. [8] ได้ศึกษาโมเดลและการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในการสูญเสียการได้ยินของคนงานโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ผลการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถเป็นเครื่องมือที่มี

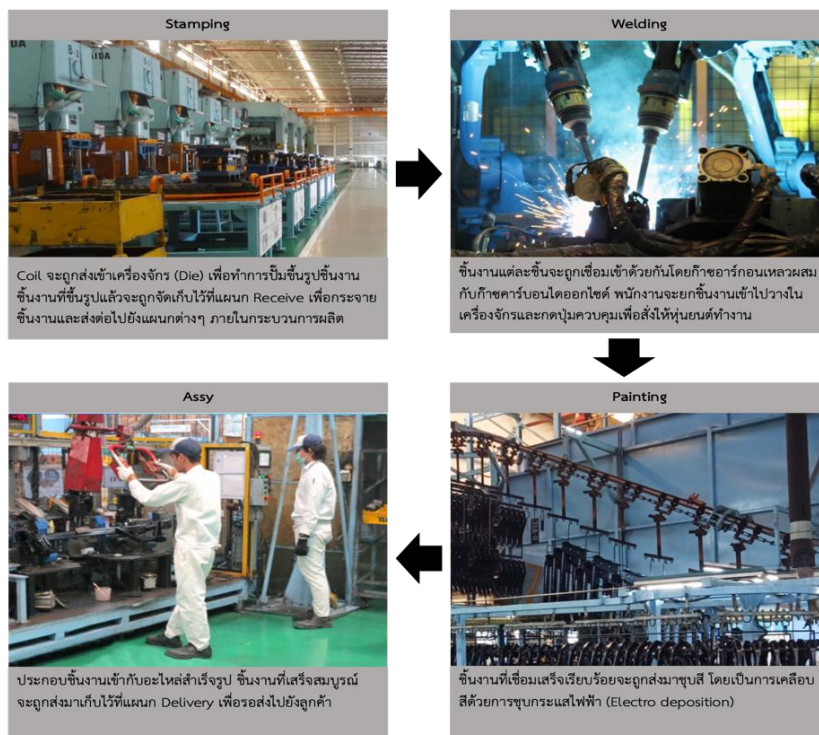
ประสิทธิภาพในการระบุความเสี่ยงทางการได้ยิน และช่วยในการออกแบบและดำเนินโปรแกรมการอนุรักษ์การได้ยินในอุตสาหกรรม โดยตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแสดงเป็นระดับคะแนนได้และเป็นข้อมูลให้กับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานนำไปใช้ในการวางแผนออกมาตรการเฝ้าระวัง ป้องกันและควบคุมพฤติกรรมที่เป็นพฤติกรรมเสี่ยงด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใหม่ ส่วนพฤติกรรมที่ปลอดภัยให้คงรักษาไว้ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยอย่างยั่งยืน ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมความปลอดภัยจะกลายเป็นสิ่งที่มีค่าทันที ถ้าหากไม่มีการนำมาใช้หรือปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ดังนั้นการตระหนักในพฤติกรรมความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการทำงานในภาคอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของพนักงานในกระบวนการผลิตยานยนต์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
2. เพื่อสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. รูปแบบการศึกษาและพื้นที่ศึกษา
ศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross – Sectional Study) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม พ.ศ. 2567 ในพนักงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีอายุระหว่าง 18 ถึง 55 ปี และมีประสบการณ์ทำงานไม่น้อยกว่า 1 ปี จำนวน 272 คน ใน 4 กระบวนการทำงาน ได้แก่ 1) Stamping 2) Welding 3) Painting 4) Assy ดังรูปที่ 1 ณ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นและเลือกสุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนแต่ละพื้นที่แบบเจาะจง โดยสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง 272 คน จากจำนวนพนักงาน ทั้งหมด 630 คน ซึ่งได้มาจากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างดังสมการที่ 1

$$n = \frac{x^2 N p(1-p)}{e^2 (N-1) + x^2 p(1-p)} \quad (1)$$

เมื่อ

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N = ขนาดของประชากร = 630 คน

e = ระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ = 0.05

x = ค่าไคสแควร์ที่ df เท่ากับ 1 และระดับความเชื่อมั่น 95% = 3.841

p = สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร = 0.5

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์พนักงานด้วยแบบสัมภาษณ์ปัจจัยในการป้องกันอุบัติเหตุที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผ่านผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพิจารณาถึงความถูกต้องตามประเด็นการศึกษา ความสอดคล้องตามกรอบแนวคิดการวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัย โดยพิจารณาเป็นรายข้อและหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) แต่ละข้อคำถามอยู่ระหว่าง 0.70-1.00

3.1 ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการทำงาน

เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถาม เช่น เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา สูงสุด ระยะเวลาทำงาน ประสบการณ์การทำงาน และประสบการณ์การได้รับอุบัติเหตุจากการ

ทำงาน

3.2 ข้อมูลความรู้ เจตคติ และการปฏิบัติในการป้องกันอุบัติเหตุ

เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถามความรู้เรื่องการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงาน ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดจำนวน 10 ข้อ ให้เลือกตอบว่าข้อความในแต่ละข้อนั้นถูกหรือผิด (2 ระดับ) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ตอบได้ถูกต้อง ให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนนและตอบผิดให้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน คะแนนรวม 10 คะแนน

เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถามแบบประเมินเจตคติและการป้องกันอุบัติเหตุ ลักษณะคำถามแต่ละข้อจะมี 4 ตัวเลือก (4 ระดับ) คือเห็นด้วยมากอย่างยิ่ง เห็นด้วยมาก เห็นด้วยน้อย เห็นด้วยน้อยอย่างยิ่ง โดยให้ผู้ตอบเลือกตอบเพียง 1 ตัวเลือก และข้อคำถามที่สร้างขึ้นจะมีทั้งลักษณะข้อความทางด้านบวก (Positive Statement) จำนวน 35 ข้อและลักษณะข้อความด้านลบ (Negative Statement) จำนวน 9 ข้อ เกณฑ์ในการให้คะแนน ลักษณะคำตอบของข้อความจากมากที่สุดจนถึงน้อยที่สุดให้คะแนน 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนข้อที่เป็นข้อความเชิงลบจะให้คะแนนกลับกัน คะแนนรวมเจตคติและการปฏิบัติในการป้องกันอุบัติเหตุของผู้ตอบแบบสอบถามเท่ากับ 176 คะแนน แบบประเมินเจตคติและการป้องกันอุบัติเหตุมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.868 แบ่งออกเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 แบบวัดปัจจัยนำ (Predisposing factors) คือปัจจัยภายในตัวบุคคล (Internal factors) ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่เป็นแรงจูงใจให้บุคคลกระทำพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีเหตุผลอันจะนำไปสู่การกระทำพฤติกรรมที่ยั่งยืน แบ่งออกเป็น 4 ตอน คือแบบรับการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ แบบรับการรับรู้ความรุนแรงของ

การเกิดอุบัติเหตุ แบบรับการรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุและแบบรับการรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ

ส่วนที่ 2 แบบวัดปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) คือสิ่งที่เป็นแหล่งทรัพยากร หรือสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นสำหรับเอื้อในการแสดงพฤติกรรมของบุคคล ประกอบด้วย การเข้าถึงอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล นโยบายส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การสื่อสารข้อมูลการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงาน

ส่วนที่ 3 แบบวัดปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) คือปัจจัยภายนอกทางสังคมที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนให้พฤติกรรมสุขภาพที่เกิดขึ้นมีความยั่งยืนหรือเกิดซ้ำบ่อยขึ้น ปัจจัยเสริมเป็นได้ทั้งการสนับสนุนจากบุคคล ประกอบด้วย การได้รับการสนับสนุนทางสังคมจากคนในครอบครัว เพื่อนร่วมงาน หัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ

ส่วนที่ 4 แบบตรวจวัดปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ประกอบด้วย ด้านกายภาพ ด้านเคมี ด้านชีวภาพ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการบันทึกผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน

3.3 ข้อมูลคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ

ประเมินหาระดับคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุจำนวน 15 ข้อ ลักษณะการตอบแบบสอบถามแต่ละข้อจะมี 4 ตัวเลือกคือปฏิบัติทุกครั้ง ปฏิบัติบ่อยครั้ง ปฏิบัติบางครั้ง และไม่เคยปฏิบัติ เกณฑ์ในการให้คะแนนตามลักษณะของข้อความจากปฏิบัติทุกครั้งจนถึงไม่เคยปฏิบัติให้คะแนน 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ ส่วนลักษณะข้อความที่ตรงกันข้ามจะให้คะแนนกลับกัน คะแนนรวมพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุเท่ากับ 45 คะแนน

4. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการทำงาน ข้อมูลพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ ความรู้ การป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงาน ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ ปัจจัยเสริม และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ

5. การสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองระบบการประมวลผลข้อมูลของสมองมนุษย์ซึ่งสามารถใช้ในการทำนายค่าตัวแปรได้ โดยมีวิธีการประมวลผลดังสมการที่ 2 และมีการส่งออกข้อมูลผ่านฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function) ดังสมการที่ 3

$$X = A_1W_1 + A_2W_2 + \dots + A_nW_n + W_0 \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

เมื่อ

X = ค่าจากการประมวลผลในแต่ละโหนด

(Node) A_n = ค่าข้อมูลนำเข้า (Input)

W_n = ค่าน้ำหนักในแต่ละโหนด (Weights)

W_0 = ค่า Threshold

ทั้งนี้ต้องทำการสุ่มแบ่งข้อมูลปัจจัยนำเข้า (Input) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลเรียนรู้ (Train set) ร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่าง ชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) ร้อยละ 30 ของกลุ่มตัวอย่าง [9] จากนั้นนำชุดข้อมูลเรียนรู้มาดำเนินการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายด้วยโปรแกรม Waikato Environment for Knowledge Analysis หรือ WEKA version 3.9 ซึ่งกำหนดค่าโครงสร้างสถาปัตยกรรมของ

ระบบให้มีชั้นซ่อน (Hidden layers) จำนวน 2 ชั้น (Layer) โดยปรับค่าโหนด (Node) แต่ละชั้นตั้งแต่ 1 ไปจนถึง 10 ปรับอัตราการเรียนรู้ (Learning rate) ตั้งแต่ 0.05 - 0.5 กำหนดค่าโมเมนตัม (Momentum) เท่า 0.05 และกำหนดเวลาในการเรียนรู้ (Learning time) เท่ากับ 100,000 รอบ เพื่อค้นหาโครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (Mean Square Error: MSE) โดยโครงข่ายประสาทเทียมได้รับการฝึกฝนด้วยข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุและคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุของพนักงาน

6. การทดสอบความคลาดเคลื่อนในการทำนายคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ

ทดสอบคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุจากการทำนายด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ค่าทำนาย) กับค่าคะแนนความเสี่ยงจริง (ค่าจริง) ด้วยชุดข้อมูลทดสอบและคำนวณหาค่าผลรวมของค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อน

สัมบูรณ์ (Mean absolute percentage error : MAPE) ดังสมการที่ 4

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ

A_t = ค่าคะแนนความเสี่ยง (ค่าจริง)

F_t = ค่าคะแนนความเสี่ยง (ค่าทำนาย)

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัย

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุของพนักงานในกระบวนการผลิต ยานยนต์ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคะแนนความเสี่ยงพบว่ามี 4 ปัจจัย ได้แก่ การรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ (คะแนน) ระดับความดันเสียง (dBA) ดัชนีความร้อน ($^{\circ}\text{C}$) และการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ (คะแนน) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุของพนักงานในกระบวนการผลิต ยานยนต์

(n=272)

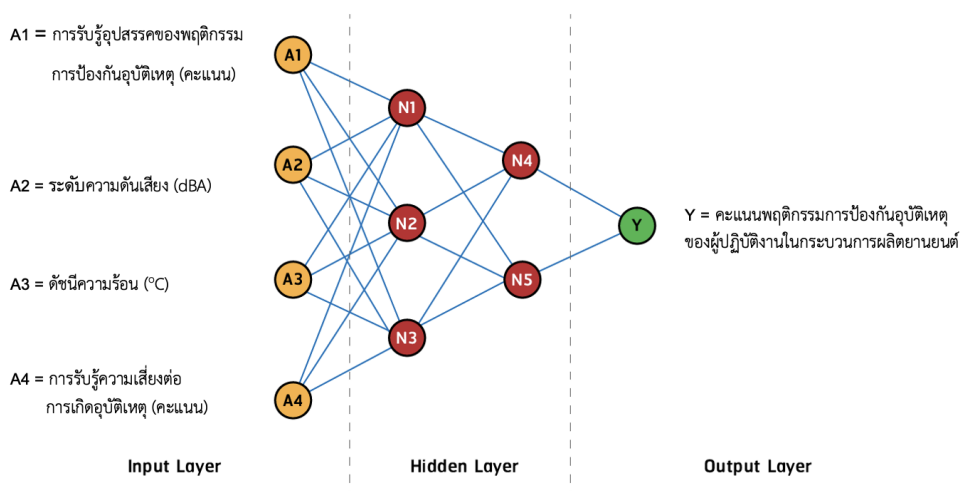
ปัจจัย	Unstandardized Co-efficients		t	p-value*
ค่าคงที่	42.676	6.862	6.219	<0.001
การรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุ (คะแนน): A_1	0.774	0.163	4.746	<0.001
ระดับความดันเสียง (dBA): A_2	-0.173	0.038	-4.489	<0.001
ดัชนีความร้อน ($^{\circ}\text{C}$): A_3	-0.442	0.133	-3.328	0.001
การรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ (คะแนน): A_4	0.360	0.125	2.873	0.004
$R=0.580$ $R^2 = 0.337$ Std.Error = 4.54855 $F=27.918$ P-Value <0.001				

* p-value <0.05

2. โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนาย
คะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ

ผลการนำชุดข้อมูลเรียนรู้ของ 4 ปัจจัยที่มี
อิทธิพลต่อคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ
มาสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนาย
คะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ พบว่า
โครงข่ายประสาทเทียมมีสถาปัตยกรรม 4-3-2-1

มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของผลต่างสัมบูรณ์ใน
การทำนายน้อยที่สุด ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปร
นำเข้า 4 ตัว โหนดชั้นซ่อนชั้นที่ 1 และ 2 เท่ากับ
3 และ 2 ตามลำดับ โดยมีตัวแปรนำออก 1 ตัว
โมเมนตัมเท่ากับ 0.05 อัตราการเรียนรู้เท่ากับ
0.1 และเวลาในการเรียนรู้เท่ากับ 100,000 รอบ
ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าเฉลี่ยของผลต่างสัมบูรณ์น้อยที่สุด (MSE)

โครงข่ายประสาทเทียมมีการปรับค่าน้ำหนักในแต่ละโหนดเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด การทำนาย
คะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ พบว่า ชั้นนำเข้ามีทั้งหมด 4 โหนด โดยแต่ละโหนดมีค่าน้ำหนัก
ดังตารางที่ 2 ในส่วนชั้นซ่อนชั้น 1 และ 2 มี 3 และ 2 โหนดตามลำดับ โดยมีค่าน้ำหนักแต่ละโหนดดัง
ตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักในชั้นนำเข้า (Input layer)

Input Node	ค่าน้ำหนัก (Weights)		
	Node 1	Node 2	Node 3
A1	-1.40	0.98	-1.57
A2	1.18	-11.19	5.49
A3	1.01	6.94	6.46
A4	-0.62	0.45	1.90
Threshold	1.95	-8.91	-2.45

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักในชั้นซ่อน (Hidden layer) ชั้นที่ 1

Node	ค่าน้ำหนัก (Weights)	
	Node 4	Node 5
N1	-4.00	-6.40
N2	2.89	0.05
N3	-2.05	-2.20
Threshold	3.78	-1.30

ตารางที่ 4 ค่าน้ำหนักในชั้นซ่อน (Hidden layer) ชั้นที่ 2

Node	ค่าน้ำหนัก (Weights)	
	Y	
N4	1.73	
N5	4.26	
Threshold	-1.09	

3. ความคลาดเคลื่อนในการทำนายคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ

ผลการนำชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 54 ชุดข้อมูล มาทำการทดสอบคะแนนความเสี่ยง จากการทำนายด้วยโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าคะแนนความเสี่ยงจริง พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีผลรวมของค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับร้อยละ 3.30 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การทดสอบความคลาดเคลื่อนในการทำนายคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ

ลำดับ	ตัวแปร				คะแนนความเสี่ยง (ค่าทำนายจาก ANN: 4-3-2-1)	คะแนน ความเสี่ยง (ค่าจริง)	MAPE
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄			
1	16	69	29	32	43.95	44.00	0.00
2	13	81	34.2	31	26.25	42.00	0.14
3	16	63	31.7	30	33.79	34.00	0.00
4	15	91	31.8	29	27.29	32.00	0.05
5	13	91	29.1	30	35.16	33.00	0.02
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
53	15	77	29.1	31	40.59	36.00	0.05
54	13	87	29.1	27	35.37	41.00	0.05
รวม							3.30

สรุปและอภิปรายผล

การรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ (คะแนน) ระดับความดันเสียง (dBA) ดัชนีความร้อน ($^{\circ}\text{C}$) และการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ (คะแนน) สามารถนำมาสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ

การรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ (คะแนน) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากการรับรู้อุปสรรคของพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุนทรี สารางค์, กัลยาณี บุญทศ, สุภาพร ทองแจ่มและยุพิน ภาวียน [10,11] ที่กล่าวไว้ว่าความตระหนักต่อการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลส่งผลต่อพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ แม้ว่าอุปกรณ์นั้นจะเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ผู้ปฏิบัติงานจะรู้สึกรำคาญและร้อนอบอ้าว ตลอดจนสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เอื้อต่อการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล [8] การรับรู้สมรรถนะของตนเอง เช่น ความตระหนักต่อการพักผ่อนไม่เพียงพอ ซึ่งการพักผ่อนไม่เพียงพอเป็นการเพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุได้ [9]

ระดับความดันเสียง (dBA) และดัชนีความร้อน ($^{\circ}\text{C}$) มีอิทธิพลเชิงลบต่อคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ อันเนื่องมาจากการทำงานที่มีเสียงดังจะส่งผลต่อพฤติกรรมและเจตคติของบุคคลในการปฏิบัติงาน [12] เช่น เสียงจากการตีโลหะ ทับโลหะ หรือเสียงเครื่องย้าหมด เป็นต้น นอกจากนั้นผลกระทบและอันตรายจากเสียงดังสามารถทำลายอวัยวะรับฟังเสียงจนทำให้เกิดการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินได้ [13] หากพนักงานมีพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากเสียงอยู่ในระดับสูง จะลดโอกาสในการสูญเสียการได้ยินได้ [14] กลุ่มตัวอย่างที่ทำงานในพื้นที่ที่

มีความร้อนเกินมาตรฐานจะเกิดอาการและแสดงอาการจากการสัมผัสพลังงานความร้อนขณะทำงาน ซึ่งการได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อมในการทำงานเข้าไปในร่างกายมากเกินไปทำให้เกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อนได้ [15]

การรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมีอิทธิพลเชิงบวกต่อคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ อันเนื่องมาจากการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานล้วนมาจากปัจจัยนำ ซึ่งได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานและการรับรู้ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ [16] ตลอดจนการรายงานเมื่อพบสิ่งผิดปกติต่อหัวหน้างานหรือผู้บังคับบัญชาโดยตรง [17] การตรวจสอบเครื่องมือให้เหมาะสม พร้อมใช้ ก่อนและหลังการใช้งาน [18,19] รวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้เหมาะสมตามลักษณะงาน [20] ส่งผลต่อการลดลงของอุบัติเหตุหรือเกิดความเสียหายแก่สถานประกอบการ

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีสถาปัตยกรรม 4-3-2-1 มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีผลรวมของค่าเฉลี่ยของร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับร้อยละ 3.30 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาวิจัยการทำนายพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากฝุ่นละอองของพนักงานในโรงโม่หิน [21] โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าตามเกณฑ์ของ Lewis (1982) พบว่าค่า MAPE น้อยกว่าร้อยละ 10 มีความแม่นยำในการทำนายอยู่ในระดับดีมาก [22] ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการทำนายคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ ช่วยให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระบุพนักงานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและออกแบบมาตรการ

ป้องกันอุบัติเหตุที่เฉพาะเจาะจงสำหรับพนักงานแต่ละคนได้ รวมถึงช่วยในการติดตามผลการดำเนินงานของมาตรการการป้องกันอุบัติเหตุ

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับอนุมัติจริยธรรมในการดำเนินการศึกษาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยมนุษย์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 019/2567 เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

References

- [1] The Ministry of Labour. *A Statistics on the number of employees*. [Online]. Available: <https://www.nso.go.th>
- [2] N. Khraikhruankul, "The implementation of behavior based safety theory to change risk behavior in forklift drivers and wheel loader drivers," Thammasat University, 2014.
- [3] Agwu, M. O., "Perception survey of the impact of behaviour based safety on accident prevention in the bonny NLNG construction project, Nigeria British Journal of Economics", *Management & Trade*, 3, pp. 48-59, 2013.
- [4] Chen, D. & Tiana, H., "Behavior based safety for accidents prevention and positive study in China Construction Project," *Procedia Engineering*, 43, pp. 528-534, 2012.
- [5] Mettert, T. A., "The effectiveness of the behavior-based safety program at jacobs sverdrup's NASA langley ROME contract," Old Dominion University, 2006.
- [6] Krause, T. R., Seymour, K. J. and Sloat, K. C. M. , "Long-term evaluation of a behavior-based method for improving safety performance: a meta-analysis of 73 interrupted time-series replications," *Safety Science*, vol. 32, 1999, pp. 1-18.
- [7] Lee, M. K., Jeon, E.-T., Baek, N., Kim, J. H., Rah, Y. C., & Choi, J., "Prediction of hearing recovery in unilateral sudden sensorineural hearing loss using artificial intelligence," *Scientific reports*, 12(1), 3977, 2022.
- [8] Zare, S., Ghotbiravandi, M. R., Elahishirvan, H., Ahsaeed, M. G., Rostami, M., & Esmaeili, R., "Modeling and predicting the changes in hearing loss of workers with the use of a neural network data mining algorithm," *A field study Archives of Acoustics*, 45(2), 2020.
- [9] C. Maschai, N. Srisano, V. Maschai and W. Buathong, "Relationship Physical Fitness Assessment Results of Students with Data Mining at Rajaprachanugroh 1 School," *Faculty of Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, 14(2). 2021.
- [10] S. Sarangkham, K. Bunthod and S. Thongjam, "Factors Associated with Work Safety Behavior among Woven Bamboo Workers at Ban Nasamai, Yasothon Province," in *Esearch and Innovation for SDGs in the Next Normal* 16th, 2002, pp. 205-215.

- [11] Y. Pavayon, “*The predictive factors of occupational injury protection behaviors among pile construction workers*,” Thammasat University, 2012.
- [12] K. Yoosuk, “*Organizational behavior, Bangkok*,” Chulalongkorn University Press, 2000.
- [13] T. Thetkathek, ศศิธร ร่มพา, อารุญ เกตุสาคร “*Health impact assessment, Bangkok*,” Chulalongkorn University Press, 2013.
- [14] Health and Executive. *Guidance for employers on the control of Noise at Work Regulation*. [Online]. Available: <http://www.hse.gov.uk>
- [15] C. Jakreng, “*Physical Heat Effects from Occupational Exposure to Natural Heat Among Salt Production Worker in Samutsongkhram Province*,” Srinakharinwirot University, 2010.
- [16] K. Charoenpol, C. Chantawong and Y. Leelukkanaveera, “Preventive accidental working behavior Construction worker,” *Public Health Nursing*, vol. 30(2), pp. 64-68. 2016.
- [17] A. Muenjitnoy, “Factors affecting amata nakorns industrial estate workers’ use of personal protective equipment and safet behaviors,” *Safety Science*, 2009, pp. 53-66.
- [18] K. Samuttharak, “Accident Prevention Behaviors of Ceramic Factory Labors in Lampang Province,” *Faculty of Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, Vol. 5(2), 2012.
- [19] Liu Ying, Hua Zhijiaa, Lei Lianbao, “*Motivation Mechanism of Accident Prevention in Coal Mine*,” Anhui University of Technology, 2012.
- [20] S. Rattanapirom, “*Accident Prevention Behaviors of The Operational Employees of BASF GROUP COMPANY In Thailand*,” Silpakorn University, 2016.
- [21] K. Samana, “*Integrated the stepwise multiple regression analysis and back propagation artificial neural network for predicting the preventive behaviors toward dust exposure among stone-crushing mill workers*,” Thammasat University, 2018.
- [22] C. Lewis, “*Industrial and business forecasting methods: A Radical guide to exponential smoothing and curve fitting*,” London; Boston: Butterworth Scientific. 1982.

การประยุกต์ใช้การจัดการแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการ บรรจุขวดแก้วในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มของโรงงานเครื่องดื่มแห่งหนึ่ง

อรปริยา รัตนารุณวงศ์¹, พีรภพ จอมทอง², พลกฤต วัชรพลานนท์³

^{1, 3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

²สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

Email: watcharaparanon_p@silpakorn.edu³

Received: Sep 26, 2024

Revised: Oct 22, 2024

Accepted: Nov 01, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่กระบวนการบรรจุของโรงงานตัวอย่างซึ่งมีการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วโดยเครื่องจักรเป็นหลัก ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลัก เครื่องจักรในระหว่างการทำงานผลิต เนื่องจากโรงงานต้องการเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมจึงมีการจัดทำแผนผังสายธารคุณค่าเพื่อหาสาเหตุของทั้งกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว และทำกิจกรรมการค้นหาความสูญเสียโดยการเดินสำรวจ โดยใช้แนวคิดแบบลีน เช่น ความสูญเสียเปล่าของกระบวนการผลิต 8 ประการมาช่วยในการระบุปัญหา พบว่ากระบวนการหลักที่มีปัญหาและสามารถแก้ไขได้ก็คือ ปัญหาฝาติดบริเวณทางลงของ Capper จะเป็นปัญหาฝาติดที่มีจุดหลักในการเกิดปัญหายุ่งที่รางฝาจับ ก่อนเข้ากระบอกกลับฝา จึงได้นำแผนผังสายธารคุณค่าและ Why-Why analysis เข้ามาใช้หาต้นตอของปัญหาและออกมาตรการป้องกัน เช่น ปัญหาอาการฝาติดที่รางฝาจับก่อนเข้ากระบอกกลับฝาทำการออกมาตรการป้องกันคือ จัดทำแผนทำความสะอาดให้ครอบคลุมเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยสามารถลดปัญหาฝาติดทางลงที่ Capper ลงมาได้จากเดิม 1.45% ลดลงมาเหลือ 0.95% คิดเป็น 34.48 % ส่งผลให้กระบวนการผลิตไหลลื่นขึ้นจากเดิม

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร, อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม, การวิเคราะห์ทำไม-ทำไม, แผนผังสายธารคุณค่า, การจัดการแบบลีน

Lean Management is Used to Improve Efficiency in The Glass Bottle Filling Process of a Beverage Factory

Ornpreeya Rattanawaruwong¹, Peerapop Jomtong², Ponlakit
Watcharaparanon^{3*}

^{1,3}Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering and Industrial
Technology, Silpakorn University

²Department of Biomedical Engineering, Faculty of Health Sciences, Christian
Email: Watcharaparanon_p@silpakorn.edu³

Received: Sep 26, 2024

Revised: Oct 22, 2024

Accepted: Nov 01, 2024

Abstract

This study focuses on the packing process of a sample plant that mostly uses machines to pack glass bottle beverages, with overall machine efficiency serving as the primary indicator of machine efficiency throughout production. Because the factory wants to improve overall efficiency, a value stream map was created to identify the source of the entire glass bottle beverage packaging process, and a loss-finding activity was carried out by walking around and using lean concepts, such as the eight production process wastes, to help identify the problem. It was discovered that the major procedure with problems that can be resolved is the cap being caught at the Capper exit. This is a cap stuck problem, with the major issue occurring at the cap rail before entering the cap return cylinder. As a result, Why-Why analysis was done to determine the underlying cause of the problem, and preventive measures were implemented, such as the issue with the cap becoming caught at the cap rail before entering the cap return cylinder. The preventive action was to devise a detailed cleaning schedule so that the equipment could operate at peak efficiency. This reduces the problem of the cap being caught at the Capper exit by 34.48%, from 1.45% to 0.95%, significantly improving overall machine efficiency.

Keyword : Overall efficiency of the machine, Beverage industry, Why-Why analysis, Value Stream Map, Lean Management

บทนำ

สถานการณ์การผลิตปัจจุบันของบริษัท ตัวอย่างในกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วมีความต้องการในการผลิตในจำนวนมาก และต้องมีการบรรจุแบบต่อเนื่อง ทางบริษัท ตัวอย่างดำเนินกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วโดยเครื่องจักรเป็นหลัก โดยมีค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลักเครื่องจักรในระหว่างการทำ การผลิต (Key Performance Indicators: KPIs) ซึ่งทางบริษัทมีการคำนึงถึง OEE ของกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มเป็นอันดับต้นๆ เพื่อให้บริษัท สามารถผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า ทางบริษัทจะต้องมีความพร้อมของเครื่องจักรที่ กระบวนการบรรจุ

บริษัทมีนโยบายในการปรับปรุงเพื่อให้ เครื่องจักรมีความพร้อมในการทำงานมากขึ้น ซึ่ง สามารถปรับปรุง OEE ให้เพิ่มขึ้นได้โดยใช้ หลักการแนวคิดแบบลีน ที่เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้น การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า การลด ความสูญเสีย และเพิ่มคุณค่าในกระบวนการเพื่อ ผลิตสินค้าให้มีประสิทธิภาพและประกัน คุณภาพสูง โดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ และใช้เวลา ในการผลิตสั้นที่สุดเพื่อส่งมอบสินค้าที่ลูกค้า ต้องการอย่างมีคุณภาพและทันเวลา

ผู้วิจัยจึงได้มีแนวทางในการปรับปรุงโดย ประยุกต์ใช้หลักการแนวคิดแบบลีนเป็นเครื่องมือ ในการปรับปรุง และพัฒนากระบวนการบรรจุ เครื่องดื่มประเภทขวดแก้วของบริษัทให้มีผลลัพธ์ อย่างยั่งยืน ใช้หลักการวงจร PDCA เป็นหลักการ ในการดำเนินกระบวนการวิจัย โดยเริ่มจาก การศึกษาและทำการเก็บข้อมูลกระบวนการบรรจุ เครื่องดื่มประเภทขวดแก้วของบริษัทเพื่อค้นหา จุดหรือกระบวนการที่เป็นปัญหาหลักของ กระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว

แล้วทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่ แท้จริง (Root Cause) เพื่อให้สามารถระบุวิธีการ ปรับปรุงที่ต้นเหตุและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเดิม ซ้ำได้ หลังจากทำการปรับปรุงแล้วจะต้องมีการ ติดตามผลเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าจะไม่เกิด ปัญหาเดิมซ้ำขึ้นอีก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วิเคราะห์แผนผังสายธารคุณค่าเพื่อหาจุด ที่เป็นสาเหตุที่ส่งผลต่อ OEE ของกระบวนการ บรรจุ เครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว
2. เลือกใช้เครื่องมือและมาตรการในแนวคิด แบบลีนแก้ไขปัญหาลดระยะเวลาของเวลา เครื่องจักรขัดข้อง

การเพิ่มผลผลิต

การปรับปรุงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต ดำเนินการ โดยการศึกษาการทำงาน การวิเคราะห์วิธีการทำงาน เพื่อเป็นการปรับปรุงงาน พัฒนาการทำงานใหม่ที่ดีกว่าเดิม การพัฒนามาตรฐานวิธีการทำงาน และ กำหนดเวลามาตรฐาน เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ กระบวนการ Flow Process Chart คือ แผนผังที่ แสดงถึงลำดับของกิจกรรมรวมถึงความสัมพันธ์ ของกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ทำงานเพื่อแสดงความชัดเจนและง่ายต่อการ จัดการ โดยกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของ งานให้ชัดเจนทราบขั้นตอนทั้งหมดในการทำงาน จากนั้นจึงเลือกขั้นตอนที่ไม่เหมาะสมเพื่อนำมา ปรับปรุง โดยใช้หลักการ 5 W 1 H เพื่อวิเคราะห์ ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการผลิต (บุรินทร์ ทองอุดม, ม.ป.ป, น.3)

การเพิ่มผลผลิต หมายถึง อัตราส่วนระหว่าง ผลผลิตที่ได้ (Output) กับปัจจัยนำเข้า (Input) ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพจากการทำงานของแต่ละ บุคคลและองค์การ ใช้วิธีการให้เกิดการจัดสรร

ทรัพยากรที่สิ้นเปลืองน้อยที่สุด โดยมีเป้าหมายคือ ประสิทธิภาพ

$$\text{การเพิ่มผลผลิต} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้ (Output)}}{\text{ปัจจัยนำเข้า (Input)}} \quad (1)$$

แนวคิดแบบลีน

การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นปรัชญาการผลิตที่มีพื้นฐานกระบวนการแนวคิด หรือ การดำเนินงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิต ลดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็นในการทำงานออกไป ในระบบการผลิตภายในโรงงาน เพื่อลดต้นทุนการผลิตลง และสร้างมูลค่าให้กับสินค้า ความแตกต่างของแนวคิดแบบลีนในการผลิตจะสามารทำให้เห็นการไหลในการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ และตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์จนถึงการบริการลูกค้า (1stCraft Team, ม.ป.ป.) (กชกรณ์ และ ศักดิ์ดา, 2561, น.31)

องค์กรแบบลีน (Lean organization) คือ องค์กรที่ดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องไม่มีสิ่งสูญเปล่า (Waste) เกิดขึ้นในทุกกระบวนการและสามารถในการปรับตัวตอบสนองต่อความต้องการของสังคม และมีการปรับเปลี่ยนได้อย่างทันท่วงที (พัชรา เอ็งบริบูรณ์พงศ์ ใจดี, 2560, น.135)

แผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM)

แผนผังสายธารคุณค่า เป็นเครื่องมือพื้นฐานตามแนวคิด Lean ที่แสดงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน ทำให้เห็นภาพรวมของกระบวนการรวมถึงใช้วิเคราะห์ความสูญเปล่าที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน จึงจัดว่าเป็นเครื่องมือเริ่มต้นสำหรับวิเคราะห์กระบวนการผลิต การไหลของงาน และระยะเวลาการผลิตงาน เพื่อค้นหาโอกาสพัฒนากระบวนการให้ลดความสูญเปล่า และเพิ่มคุณค่าต่อลูกค้า โดยจะทำให้สามารถเข้าใจ

ภาพรวมของกระบวนการ (Overall process) จากมุมมองของลูกค้าโดยมุ่งแนวทางปรับปรุงการไหลของทรัพยากรและสารสนเทศตลอดทั้งโซ่อุปทานซึ่งทำให้สามารถระบุกิจกรรมที่จำเป็นสำหรับการกำจัดความสูญเปล่า

ดังนั้น VSM จึงเป็นแนวทางที่ใช้จำแนกกิจกรรมก่อให้เกิดมูลค่า (Value added activity) และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non-Value added activity) โดยนำข้อมูลผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สถานะปัจจุบัน (Current state) ที่ถูกแสดงด้วยเอกสารสำหรับกำหนดสถานะในอนาคต (Future state) (ตุลาพล นิติเดชา, 2564, น.42-43)

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE)

ตัวชี้วัดที่นิยมใช้คือการวัดประสิทธิภาพผลโดยรวมของเครื่องจักร ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ครอบคลุมถึงการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดเชิงปริมาณของการผลิตผลที่ควรจะได้ รวมถึงการวัดประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงคุณภาพของการผลิตผลที่ควรจะได้ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรประกอบด้วยตัวแปรหลัก 3 ค่า ได้แก่ (ชานนท์ อินตานนท์, 2556, น.18-19)

1) อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability Rate: A) คือความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องจักร (Operation Time) กับเวลารับภาระงาน (Loading Time)

$$\text{Availability Rate} = \frac{\text{Loading time} - \text{Stoppage time}}{\text{Loading time}} = \frac{\text{Operating time}}{\text{Loading time}} \quad (2)$$

2) ประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร (Performance Efficiency: P) คือสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร โดยการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องจักรสุทธิ (Net operation time) กับเวลาเดินเครื่องจักร (Operation time)

$$\text{Performance Eff.} = \frac{\text{Standard time} - \text{Number of production}}{\text{Operating time}} = \frac{\text{Net operating time}}{\text{Operating time}} \quad (3)$$

3) อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q) คือความสามารถในการผลิตของดีให้ตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรและตามข้อกำหนดของลูกค้าต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Number of good production}}{\text{number of production}} \quad (4)$$

ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

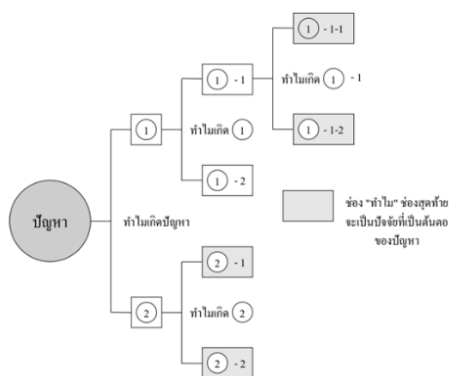
$$\text{OEE} = \text{Availability Rate} \times \text{Performance Eff.} \times \text{Quality Rate} \quad (5)$$

Why-Why analysis

Why-Why Analysis เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้พบต้นตอ หรือรากเหง้าที่แท้จริง และที่สำคัญคือเพื่อนำไปสู่การแก้ไข และป้องกันการเกิดซ้ำต่อไป เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบมีขั้นมีตอน ไม่เกิดการตกหล่น (บุญญิต นิยมสวาท, ม.ป.ป.)

วิธีการคิดของ Why-Why Analysis เมื่อเรามีปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น จะมาคิดว่า

อะไรเป็นปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้มันเกิดโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” โดยตั้งคำถามไปเรื่อยจนกระทั่งได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปัญหาในข้อสุดท้าย ดังรูปที่ 1

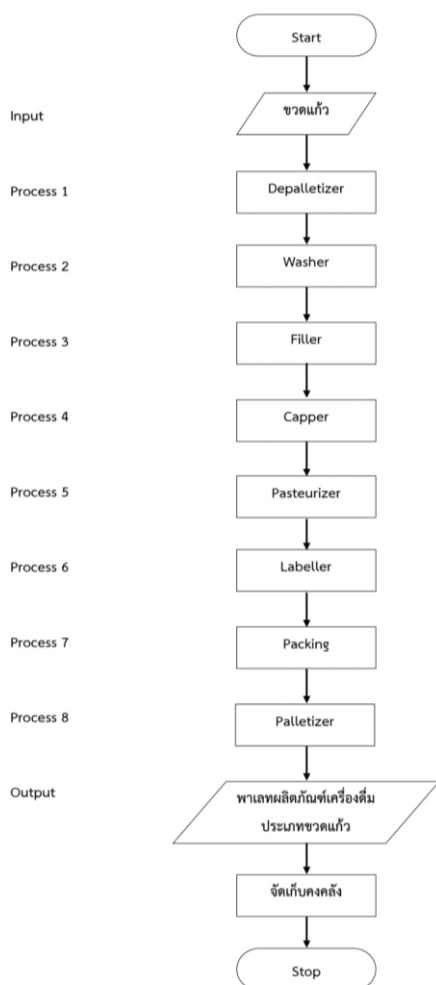


รูปที่ 1 Why-Why analysis
ที่มา: บุญญิต นิยมสวาท, ม.ป.ป.

ระเบียบวิธีวิจัย

ศึกษาและทำการเก็บข้อมูลของอุตสาหกรรม
การผลิตเครื่องตีแม่พิมพ์เหล็ก

กระบวนการบรรจุเครื่องตีแม่พิมพ์เหล็ก
สามารถแบ่งออกตามการจัดกลุ่มเครื่องจักร
ได้เป็น 8 กระบวนการ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว

รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนผังสายธารคุณค่า

รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวคิดระบบการผลิตแบบลีน ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจริงที่เกี่ยวกับการดำเนินการผลิตบริเวณกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วของบริษัท เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า หรือ VSM โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลในรายงานแสดงผลการผลิต (Production report) เกี่ยวกับแต่ละกระบวนการ

ผลิตในช่วงเวลา มกราคม – มีนาคม 2566 ทำการนำข้อมูลทั้งหมดมาจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า เพื่อสามารถทำให้สามารถมองเห็นสภาพการณ์ปัจจุบันของแต่ละเครื่องจักรในกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว ว่ามีเครื่องจักรไหนที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่า และเป็นคอขวดของกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว รวมถึงระบุเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมและเวลารวมของกิจกรรมของแต่ละเครื่องจักรเมื่อได้กระบวนการที่ต้องการจะปรับปรุงแล้วจะต้องทำการเลือกปัญหาหลักในแต่ละกระบวนการนั้น ซึ่งจะต้องเป็นอาการปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ จนบ่อยครั้งเรามองเป็นเรื่องปกติ ทำการกำหนดเป้าหมายของแต่ละปัญหาในกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อ OEE ของกระบวนการบรรจุ จึงทำการตั้งเป้าหมายโดยการใช้ %Breakdown เป็นตัวชี้วัดของการปรับปรุง และตั้งเป้าหมายการลด %Breakdown ของแต่ละปัญหาลง 50% จากก่อนทำการปรับปรุง

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

สำรวจสภาพของกระบวนการที่เป็นปัญหา คือการสำรวจสภาพของพื้นที่ที่เกิดปัญหาทั้งในด้านสถิติ และการสำรวจสภาพปัจจุบันของพื้นที่จริงที่เกิดปัญหา เพื่อให้สามารถมองเห็นปรากฏการณ์ของปัญหาที่ต้องการจะทำการปรับปรุงทั้งในสถิติ และปัจจุบัน ต่อมาจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้หลักการ Why – Why Analysis เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุให้ลึกไปจนเจอเจอตอปัญหาที่แท้จริง โดยการวิเคราะห์จะอยู่ในการร่วมมือจากพนักงานในกลุ่มทุกคน ข้อมูลที่วิเคราะห์ออกมาจะต้องเป็นข้อเท็จจริง ปราศจากความคิดเห็นส่วนตัว ซึ่งจะทำกรวิเคราะห์ผ่านการมองกลไกของเครื่องจักรเป็นหลัก

กำหนดวิธีการปรับปรุง ลงมือปรับปรุงตาม วิธีการและมาตรการที่กำหนด

ค้นหาวิธีการปรับปรุงแก้ปัญหา เพื่อทำการหาวิธีการปรับปรุงต้นตอของปัญหาที่วิเคราะห์ได้จากการจัดทำ Why – Why Analysis โดยวิธีการแก้ไขจะต้องอยู่ในหลักความเป็นจริงที่สามารถลงมือแก้ไขได้ ทำการเรียงลำดับขั้นตอนที่จะดำเนินการปรับปรุงก่อนทำการลงมือปรับปรุงตามวิธีการและมาตรการที่กำหนด โดยจะเรียงลำดับของสิ่งที่ จะทำการปรับปรุงตามความสำคัญเร่งด่วนของปัญหา หรือความง่ายของการปรับปรุง เพื่อให้การปรับปรุงตามวิธีการและมาตรการที่กำหนดดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ตรวจสอบและติดตามการปรับปรุง

ทำการตรวจสอบและติดตามผลการปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันความเสียหายที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นหรือเมื่อเกิดความเสียหายจะได้ทำการแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว และทำการติดตามผลเพื่อเก็บข้อบกพร่องในการแก้ไขมาทำการปรับปรุง

จัดทำมาตรฐาน และวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้นไปอีก

จัดทำมาตรฐานในจุดที่ยังไม่มีมาตรฐาน หรือทำการปรับปรุงมาตรฐานในจุดที่มีการปรับปรุงที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐาน และทำการนำผลการติดตามที่เป็นข้อบกพร่องมาหาวิธีการปรับปรุงให้ดีขึ้น หรือหาวิธีการปรับปรุงที่จะส่งผลให้กระบวนการผลิตดำเนินไปได้ดีขึ้นไปอีก

ผลการวิจัย

รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

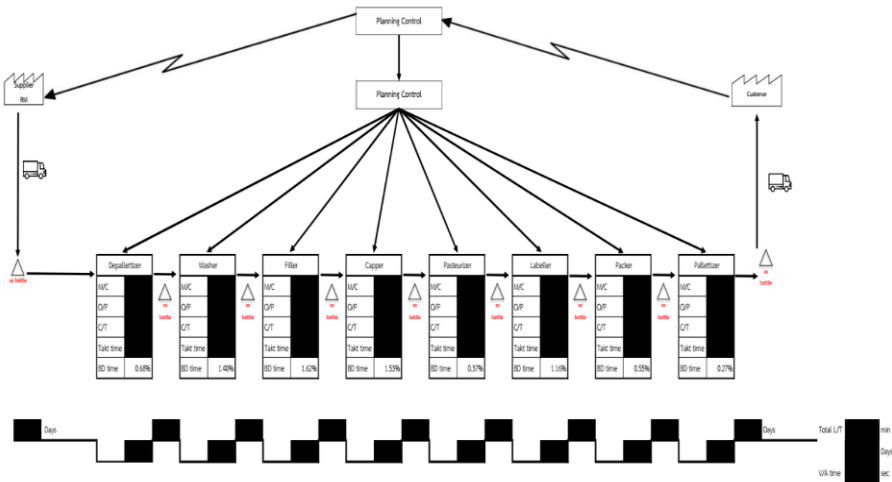
ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจริงที่เกี่ยวกับการดำเนินการผลิตบริเวณกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วของบริษัท เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนผังสายธารคุณค่า หรือ VSM ในเดือน มกราคม - มีนาคม 2566 ของกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วของบริษัท เพื่อสามารถทำให้สามารถมองเห็นสภาพการณ์ปัจจุบันของกระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้วดังรูปที่ 3

ทำให้สามารถมองเห็นได้ว่าเครื่องจักรที่มี %Breakdown สูงเป็นอันดับต้นของกระบวนการบรรจุ ได้แก่ Filler, Capper, Washer และ Labeler ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องจักรที่สำคัญในการนำมาปรับปรุง คือ Filler และ Capper ดังรูปที่ 4

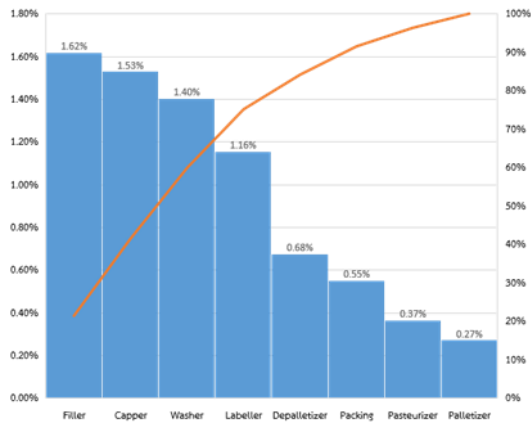
เมื่อทำการสำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการของเครื่อง Filler และ Capper พบว่าปัญหาของกระบวนการหลักมีดังรูปที่ 5

จากการสำรวจปัญหาของกระบวนการจากปัญหาที่เกิดขึ้นอันดับต้นของทั้ง 2 เครื่องจักรจะพบว่าปัญหาที่เกิดจาก Filler ส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นแต่เมื่อแก้ไขแล้วจะหายไปไม่เกิดขึ้นซ้ำอีก หรือ One time breakdown ทางผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกปัญหาที่เกิดแบบเรื้อรัง คืออาการปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ จนบ่อยครั้งเรามองเป็นเรื่องปกติ คือ ปัญหาฝาติดทางลงที่ Capper, ปัญหา Ring bowl มีเสียงผิดปกติที่ Filler, ปัญหา Alarm motor protector has tripped vacuum pump ที่ Filler

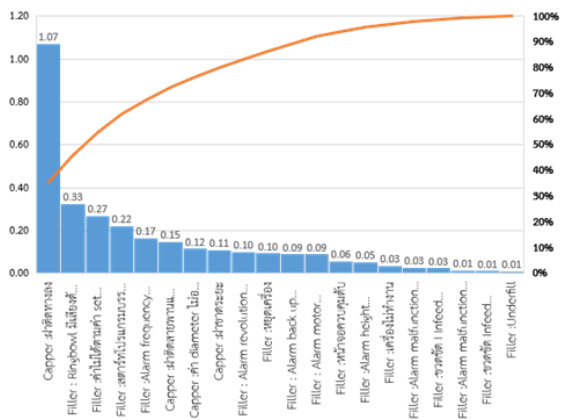
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2568



รูปที่ 3 แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการบรรจุเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว



รูปที่ 4 ข้อมูล Breakdown ของเครื่องจักร



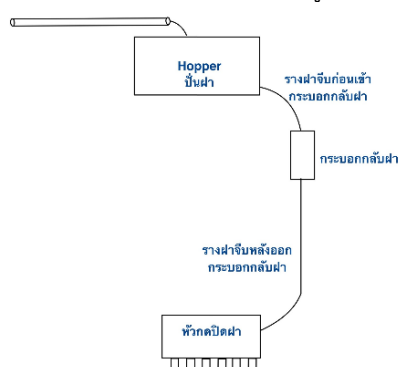
รูปที่ 5 ข้อมูลปัญหาของกระบวนการ

วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้ Why-why Analysis เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่ง เริ่มจากการแยกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะที่อาการปัญหานั้นเกิดขึ้นอยู่จริง และเลือกหัวข้อสำรวจผ่านการมองกลไกของเครื่องจักรทุกจุดที่อาจจะส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ของอาการปัญหา

ปัญหาฝาดิตทางลงที่ Capper

ปัญหาฝาดิตบริเวณทางลงของ Capper จะเป็นปัญหาฝาดิตที่มีจุดหลักในการเกิดปัญหายอยู่ที่รางฝาดิจก่อนเข้ากระบอบกกลับฝาดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ทางลงของ Capper

ฝาดิตบริเวณรางก่อนเข้ากระบอบกกลับฝาด สามารถแยกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดปัญหามาได้ 2 ปรากฏการณ์ คือ ปรากฏการณ์ฝาดิจเสียรูป และปรากฏการณ์ชายฝาดิจเกยกัน

ปรากฏการณ์ฝาดิจเสียรูป เมื่อทำการวิเคราะห์ผ่านกลไกของเครื่องจักร จะพบว่ามี 3 กลไกของเครื่องจักรที่เมื่อเกิดความผิดปกติแล้วอาจจะส่งผลทำให้เกิดอาการปัญหา ได้แก่ ฝาดิจเสียรูปจากถังปั่นฝาด A, ฝาดิจเสียรูปจากรางระนาบ A และฝาดิจเสียรูปจากถังปั่นฝาด B เมื่อทำการสำรวจแล้วจะพบว่ามีเพียง 2 หัวข้อสำรวจที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ฝาดิจเสียรูป คือ ฝาดิจเสียรูปจากถังปั่นฝาด A และฝาดิจเสียรูปจากถังปั่นฝาด B

ปรากฏการณ์ชายฝาดิจเกยกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ผ่านกลไกของเครื่องจักร จะพบว่ามี 3 กลไกของเครื่องจักรที่เมื่อเกิดความผิดปกติแล้วอาจจะส่งผลทำให้เกิดอาการปัญหา ได้แก่ มีช่องว่างระหว่างรางฝาดิจกับฝาดิจ (ความสูง), มีช่องว่างระหว่างรางฝาดิจกับฝาดิจ (ความกว้าง) และแรงลมเป่าฝาดิจไม่อยู่ในค่ามาตรฐาน เมื่อทำการสำรวจแล้วจะพบว่ามีเพียง 2 หัวข้อสำรวจที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ชายฝาดิจเกยกัน คือ มีช่องว่างระหว่างรางฝาดิจกับฝาดิจ (ความกว้าง) และแรงลมเป่าฝาดิจไม่อยู่ในค่ามาตรฐาน

ปัญหา Ring bowl มีเสียงผิดปกติที่ Filler

ปัญหา Ring bowl มีเสียงผิดปกติที่เครื่อง Filler จะมีปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดปัญหาเพียงปรากฏการณ์เดียว คือ มีเสียงดังจากบริเวณ Ring Bowl

ปรากฏการณ์มีเสียงดังจากบริเวณ Ring Bowl เมื่อทำการวิเคราะห์ผ่านกลไกของเครื่องจักร จะพบว่ามี 1 กลไกของเครื่องจักรที่เมื่อเกิดความผิดปกติแล้วอาจจะส่งผลทำให้เกิดอาการปัญหา Ring bowl มีเสียงผิดปกติที่ Filler คือ เกียร์ main drive มีเสียงดังขณะหมุน

ปัญหา Alarm motor protector has tripped vacuum pumpที่ Filler

ปัญหา Alarm motor protector has tripped vacuum pumpที่ Filler จะมีปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดปัญหาเพียงปรากฏการณ์เดียว คือ เครื่องหยุดหมุนvacuum pump ไม่ทำงาน

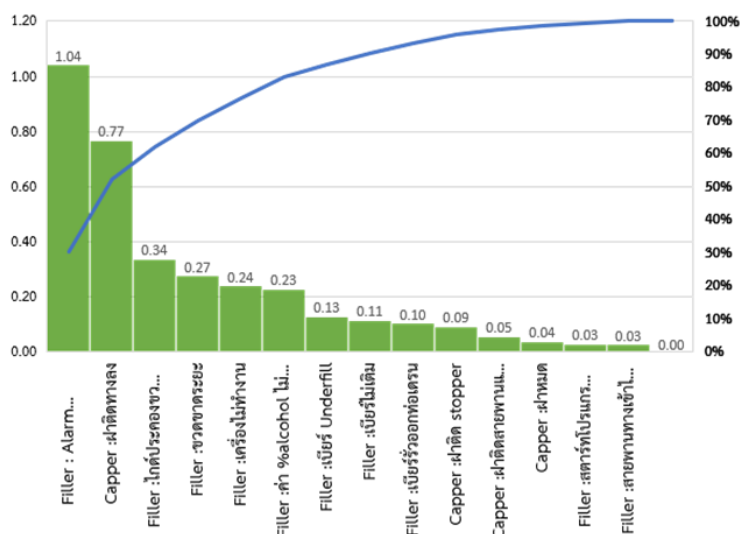
ปรากฏการณ์เครื่องหยุดหมุนvacuum pump ไม่ทำงาน เมื่อทำการวิเคราะห์ผ่านกลไกของเครื่องจักร จะพบว่ามี 1 กลไกของเครื่องจักรที่เมื่อเกิดความผิดปกติแล้วอาจจะส่งผลทำให้เกิดอาการปัญหา Alarm motor protector has tripped vacuum pump ที่ Filler คือ vacuum pump ชาร์จ ดึง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Why-Why analysis

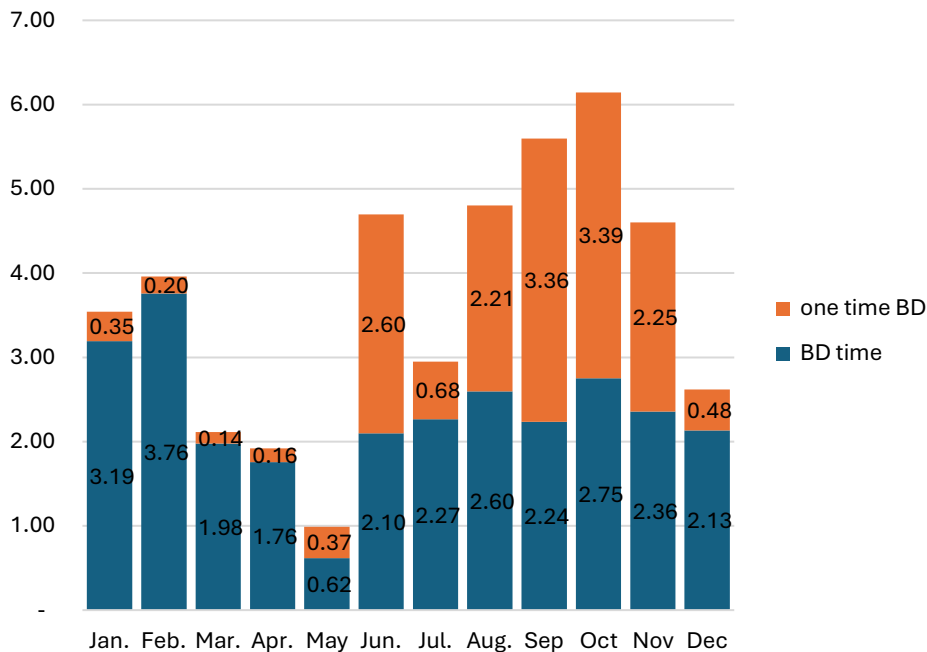
อาการปัญหา	ปรากฏการณ์	หัวข้อสำรวจ	ทำไม 1	ทำไม 2	ทำไม 3	ทำไม 4	การแก้ไขและมาตรการป้องกัน
ฝาติดที่รางฝา จิบก่อนเข้า กระบอกล้าง ฝา	ฝาจิบเสียรูป	ฝาเสียรูปจาก ถังฝา A	เซนเซอร์เรียก ฝาไม่หยุด	มีฝุ่นเกาะ เซนเซอร์	ไม่มีแผนทำ ความสะอาด เซนเซอร์	↔	จัดทำแผนทำความสะอาดให้ ครอบคลุม
		ฝาเสียรูปจาก ถังฝา B	Switch rever ค้าง	ฝุ่นขีดในแกน Switch rever	ไม่มีแผนทำ ความสะอาด	↔	จัดทำความสะอาด ทุก 1 เดือน
	ชายฝาจิบเกย กัน	มีช่องว่าง ระหว่างรางฝา จิบกับฝาจิบ (ความกว้าง)	รางฝาจิบสึก	การ เสื่อมสภาพ จากการใช้งาน	ไม่มีแผน เปลี่ยนและ ตรวจสอบ	↔	จัดทำ Path on Stock
						↔	จัดทำแผน ตรวจสอบทุกปี เมื่อ พบว่าชำรุดทำการ เปลี่ยน
		แรงลมเป่าฝา จิบไม่อยู่ในค่า มาตรฐาน	ค่าของแรงลม เป่าฝาจิบที่ มาตรฐานไม่ เป็นค่าที่ทำให้ ฝาเดินได้ดี	↔	↔	↔	ทำการเก็บข้อมูล แรงลมเป่าฝาจิบที่ เหมาะสมและทำ การบันทึกเพื่อใช้ เป็นค่าในการ ตรวจสอบ
						↔	จัดทำแผน Diary Check ค่าแรงลม จัดทำ Visual Control บอกช่วง ในเกจ
Ring bowl มี เสียงผิดปกติ	มีเสียงดังจาก บริเวณ Ring Bowl	เกียร์ Main Driveมีเสียงดัง ขณะหมุน	เกียร์มีน้ำเข้า	Seal เกียร์ ชำรุด	ไม่มีแผน ตรวจสอบ Seal เกียร์	↔	เปลี่ยนเกียร์ Main drive ring bowl จัดทำแผน ตรวจสอบ Seal เกียร์
Alarm motor protector has tripped vacuum pump	เครื่องหยุด หมุน vacuum pump ไม่ ทำงาน	vacuum pump ชำรุด	ใบพัดบั่นเสียด สีกับ Housing	ใบพัดถลอก	ไม่มีน็อตล็อก	Housing มี พื้นที่จำกัด	ติดตั้งเครื่อง ตรวจสอบการ ลั่นสะเทือน
			ความชื้นจาก ระบบหล่อเย็น เข้าขั้วสายไฟ	↔	↔	↔	จัดทำแผนไล่ ความชื้น

ตารางที่ 2 วิธีการปรับปรุงต้นตอของปัญหา

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	หัวข้อปรับปรุง	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
1	แผนทำความสะอาด Sensor ชุด star wheel เครื่อง Code X ไม่ชัดเจน	จัดทำแผนทำความสะอาดให้ครอบคลุม	15/10/2023	15/11/2023
2	ไม่มีแผนทำความสะอาดฝุ่นในแกน Switch rever	จัดทำแผนทำความสะอาดทุก 1 เดือน	15/10/2023	15/11/2023
3	ไม่มีแผนตรวจสอบรางฝาจับสีก	จัดทำแผนตรวจสอบช่วง list part OH เมื่อพบว่าชำรุดทำการเปลี่ยนในช่วง OH	1/6/2023	18/6/2023
		จัดทำ Path C1 on stock	1/6/2023	15/8/2023
4	ไม่มีแผนตรวจสอบกระบอกลบเสื่อมที่สภาพจากการใช้งาน	จัดทำแผนตรวจสอบโดยใช้ Limited Sample ทุก 6 เดือน	1/6/2023	18/6/2023
		เปลี่ยนกระบอกลบฝา	1/6/2023	18/6/2023
5	ค่าของแรงลมเป่าฝาจับที่ 2.5 Barไม่เป็นค่าที่ทำให้ฝาสามารถเดินได้ดี	ทำการเก็บข้อมูลแรงลมเป่าฝาจับที่เหมาะสม และทำการบันทึกเพื่อใช้เป็นค่าในการตรวจสอบ	20/10/2023	25/11/2023
		จัดทำแผนตรวจสอบค่าแรงดันลมประจำวัน	6/11/2023	20/11/2023
6	เกิดการทำความสะอาดที่ไม่ถูกวิธีทำให้น้ำเข้าขั้วสายสัญญาณ Encoder	จัดทำ OPL การทำความสะอาด	1/11/2023	15/11/2023
		เปลี่ยน Encoder และขั้วสาย	1/6/2023	18/6/2023
7	น้ำเข้า Bearing เกิดจากการทำความสะอาดไม่ถูกวิธี	จัดทำ OPL การทำความสะอาด	1/11/2023	15/11/2023
		เปลี่ยน Bearing	1/6/2023	18/6/2023
8	Vacuum pump ชำรุดจากใบเสียดสีกับ housing	เปลี่ยน Vacuum pump	1/6/2023	18/6/2023
		ติดตั้งเครื่องตรวจสอบการสันสะท้อน	1/11/2023	30/11/2023
9	Vacuum pump ชำรุดจากความชื้นจากระบบหล่อเย็นเข้าขั้วสายไฟ	จัดทำแผนไล่ความชื้น	1/11/2023	15/11/2023
10	Seal เกียร์ชำรุด ทำให้น้ำเข้า	เปลี่ยนเกียร์ main drive ring bowl	1/6/2023	18/6/2023
		จัดทำแผนตรวจสอบ seal gear	1/11/2023	15/11/2023



รูปที่ 7 ข้อมูลปัญหาของกระบวนการหลังทำการปรับปรุง



รูปที่ 8 ติดตามผล Breakdown

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้การจัดการแบบลีนในกระบวนการบรรจุขวดของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มประเภทขวดแก้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการผลิตด้วยการจัดทำแผนผังสาธิตคุณค่า เพื่อให้สามารถมองเห็นสถานการณ์ปัจจุบันของแต่ละเครื่องจักรในกระบวนการ ซึ่งบทความนี้จึงได้สนใจไปที่กระบวนการ Filler และ Capper ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มี ๗ เป็นอันดับต้นของกระบวนการ โดยมีปัญหาหลักที่สนใจ ได้แก่ ปัญหาฝาติดทางลงที่ Capper, ปัญหา Ring bowl มีเสียงผิดปกติที่ Filler, ปัญหา Alarm motor protector has tripped vacuum pump ที่ Filler เมื่อทำการจัดทำ Why – Why Analysis ในแต่ละปัญหาเพื่อทำการหาวิธีการปรับปรุงต้นตอของปัญหาและทำการลงมือปรับปรุงตามผลการวิเคราะห์ Why – Why Analysis ของทุกปัญหาแล้วพบว่า

ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้คือ ปัญหาฝาติดบริเวณทางลงของ Capper จะเป็นปัญหาฝาติดที่มีจุดหลักในการเกิดปัญหาอยู่ที่รางฝาจับก่อนเข้ากระบอกกลับฝา โดยสามารถลดปัญหาลงมาได้จากเดิม 1.45% ลดลงเหลือ 0.95% คิดเป็น 34.48 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแห่งหนึ่งที่ได้สนับสนุนและให้ข้อมูลในการการวิจัยครั้งนี้ บุคลากรทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนข้อมูล เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- [1] 1stCraft Team. *“What is Lean Manufacturing? What should factories know?”*. Retrieved from Sumiphol Manufacturing Technology. (n.d.). [Online]. Available: <https://1stcraft.com/what-is-lean-manufacturing/>
- [2] Muataz Hazzaz F. Ai Hazza, and Mohammad Yeakub Ali, *“Performance improvement using analytical hierarchy process and overall equipment effectiveness (OEE): Case study,”* 2021.
- [3] H. Tamer, W. Shaheen. Basheer, and N. István, *“Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach,”* 2021.
- [4] K. Chumphonwong and S. Siriphotthasophon, *“Lean production, Application of lean production system to reduce cost in the production process.”* pp. 31, 2018.
- [5] K. Deesiltham, *“Increasing competitive potential with lean concept.”* SE-Education, 2005.
- [6] C. Inthano, 7 Wastes. Reducing waste in the corn seed improvement process using lean techniques, pp. 12, 2022.
- [7] C. Hanchangsit, *“Increase productivity, increase production”,* achieve efficiency with Excel. IDC Premier, 2017.
- [8] C. Intanon, *“Measuring overall efficiency of machines. Increasing overall efficiency of machines: A case study of a plastics manufacturing plant,”* pp. 18-19, 2013.
- [9] N. Ontam, *“Management principles according to the PDCA cycle quality development process. PDCA management technique (Deming Cycle),”* pp. 44, 2019.
- [10] D. Jinakul, *“Principles of Lean Production. Application of Lean to Increase Efficiency of Research Project Subsidy,”* pp. 12-15, 2014.
- [11] T. Nitidecha. Value Stream Diagram. *“Application of Lean Concept to Increase Efficiency of Academic Support Work in Educational Institutions: Case Study of Faculty of Logistics,”* Burapha University, pp. 42-44, 2021.
- [12] T. Buarapha, S. Rakkarn, and P. Sriwichai, *“Improving the efficiency of machine maintenance in the production process: a case study of a beverage factory,”* 2021.
- [13] T. Singhkaew, *“PDCA Quality Management Cycle. Development of student care system using PDCA cycle: A case study of Wat Pa Teng Huai Yab School, Ban Thi District, Lamphun Province,”* pp. 44, 2019.
- [14] D. Jinakul, *“Principles of Lean Production. Application of Lean to Increase Efficiency of Research Project Subsidy Fund,”* pp. 12-15, 2014.
- [15] D. Jinakul, *“Principles of Lean Production. Application of Lean to Increase Efficiency of Research Project Subsidy,”* pp. 12-15, 2014.

- [16] IE Business Solution Co., Ltd. “What are the 8 types of waste?” Retrieved from IE Business Solution. (n.d.). [Online]. Available: <https://ieprosoft.com/what-are-the-8-types-of-waste/>
- [17] B. Niyomsawaat. “Why-Why analysis”. Retrieved from SlidePlayer. (n.d.). [Online]. Available: <https://slideplayer.in.th/slide/17572181/>
- [18] B. Thong-udom. “Increasing labor productivity (productivity). Thailand.”. (n.d.).
- [19] P. HengboriboonpongJaidee, “Lean Organization. Lean Management System: From Concept to Practice in Public Health that Creates Community Engagement,” pp. 135, 2017.

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับจิ้งหรีด

ด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติแบบพีไอดี

วิสิทธิ์ ลุ่มชนะนาว์¹, ธนกร ดุจเพ็ญ²

^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Email: wisit.lc@bru.ac.th¹

Received: Oct 30, 2024

Revised: Dec 03, 2024

Accepted: Jan 21, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพ่นฝอยขนาดเล็ก และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาวะการอบแห้ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยวัสดุและอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแบบ PID อุปกรณ์ทำความร้อนมีกำลังไฟฟ้าขนาด 2,000 วัตต์ จำนวน 4 ตัว อุปกรณ์เทอร์โมคัปเปิลชนิด PT100 เพื่อวัดค่าอุณหภูมิภายในถังอบแห้ง ขั้นตอนการทดลองโดยกำหนดค่า Set Point (SP) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบ PID ตั้งค่าอุณหภูมิทดลอง 4 ระดับคือ 50°C, 70°C, 100°C และ 120°C ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ผลทดลองด้านตัวควบคุมอุณหภูมิพบว่าเมื่อกำหนดค่า SP ในแต่ละช่วงระดับอุณหภูมิ พบว่าค่าอุณหภูมิภายในถังอบแห้งมีค่าเริ่มต้นทดลองที่ใกล้เคียงกัน 30°C-35°C และผลทดลองตัวควบคุมพบว่ามีค่าความร้อนเกินจุด (Overshoot) ช่วงเวลาเข้าสู่จุด SP มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งจะอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 6.20-16.10 นาที 2) ผลทดลองด้านการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่ตัวเหนี่ยวนำความร้อนทำงาน พบว่าเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นกินกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.8-17.5 แอมแปร์ ซึ่งจะแปรผันตามค่า SP ที่ปรับสูงขึ้น และ 3) ผลทดลองด้านการอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับจิ้งหรีด ขั้นตอนการทดลองโดยกำหนดค่าอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 80, 100 และ 120 มีค่าน้ำหนักก่อนอบแห้ง 1,000 กรัม พบว่าหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งพ่นฝอยมีค่าความชื้นมาตรฐานตามระดับอุณหภูมิที่กำหนดได้ว่าค่า SP80=51.25%w.b, 33.88%d.b, SP100 =21.23%w.b, 17.51%d.b และ SP120=6.61%w.b, 6.20%d.b ตามลำดับผลการทดลอง

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย, จิ้งหรีด, ระบบอัตโนมัติ, ตัวควบคุมแบบพีไอดี

The Development of a Spray Dryer for Crickets with an Automatic Temperature Control System Using PID

Wisit Lumchanow¹, Thanakorn Dujpen²

^{1,2} Department of Electrical and Electronics Technology,
Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University
Email: wisit.lc@bru.ac.th¹

Received: Oct 30, 2024

Revised: Dec 03, 2024

Accepted: Jan 21, 2025

Abstract

This research article presents an automatic temperature control system using a PID controller. The objectives of the study were to design and construct a small-scale spray dryer and to performance test of the drying process control system. The research equipment included PID temperature control materials and devices, a heat source with four 2,000-watt heating coils, and a PT100 thermocouple to measure the temperature inside the drying chamber. In the experimental procedure, a set point (SP) was established to test the performance of the PID controller, with the temperature set at four levels: 50°C, 70°C, 100°C, and 120°C. The research results are divided into three areas, 1) temperature control: When setting the SP (Set Point) for each temperature range, the initial temperature inside the drying chamber was found to be similar, ranging from 30°C to 35°C. Regarding the performance of the controller, an overshoot (exceeding the set temperature) was observed, and the time to reach the SP varied between 6.20 to 16.10 minutes. 2) Electrical Performance: The tests measuring voltage and current during the heating process revealed that the developed dryer consumed between 1.8 to 17.5 amps, depending on the SP setting, with higher SP levels resulting in increased electrical consumption. And 3) Spray Drying of Crickets: For the spray drying experiment on crickets, three temperature levels were set: 80°C, 100°C, and 120°C. The initial weight of the crickets before drying was 1,000 grams. After the spray drying process, the moisture content at each temperature level was as follows: SP80= 51.25%w.b, 33.88% d.b, SP100=21.23%w.b, 17.51%d.b, SP120=6.61%w.b, 6.20%d.b.

Keywords : Spray Drying Machine, Cricket, Automatic System, PID Controller

บทนำ

บทความวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นในการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยขนาดเล็กที่สามารถนำไปใช้ในงานด้านอบแห้งและสำหรับโครงการวิจัยนี้ได้ทดสอบกับการอบแห้งจังหวัดเพื่อเป็นกรณีศึกษาของวัตถุดิบจำพวกแมลง และเมื่อไม่นานมานี้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีนโยบายสนับสนุนให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตแมลงสำหรับเป็นอุตสาหกรรมอาหารใหม่ [1] และการขับเคลื่อนการวิจัยด้านสัตว์เศรษฐกิจด้านแมลงจังหวัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมมากในการนำมารับประทานเป็นอาหารของคนไทยนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และหลายประเทศในเอเชียรวมถึงชาวยุโรปเริ่มหันมารับประทานจังหวัด [2] และคุณค่าทางโภชนาการของแมลงจังหวัดมีโปรตีนร้อยละ 38.6-65.5 และมีไขมันร้อยละ 4.70-34.19 ของน้ำหนักแห้งใน 100 กรัม [3] และเมื่อไม่นานมานี้องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) [4] ได้ระบุไว้ว่าแมลงเป็นแหล่งอาหารในอนาคตของโลก โดยคาดการณ์ว่าจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น [5] อย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้มีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ภายใน 15 ปี ในตลาดการรับประทานแมลงทั่วโลกจะมีอัตราขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.8 ระหว่างปี พ.ศ.2561-2566 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1]

จากหลักการดังกล่าวผู้วิจัยได้ลงสำรวจพื้นที่กลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจังหวัดในจังหวัดบุรีรัมย์เพื่อตอบสนองนโยบายขับเคลื่อน และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ.2566-2570) และสอดคล้องกับแผนพัฒนาจังหวัด 5 ปี ของจังหวัดบุรีรัมย์ที่ต้องการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ให้ความต่อเนื่องและยั่งยืน โดยมีพื้นที่วิจัยอยู่ใน 23 อำเภอของจังหวัดบุรีรัมย์ ผลสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเกษตรกร

ผู้เพาะเลี้ยงจังหวัดเชิงธุรกิจทั้งแบบรวมกลุ่มและแบบธุรกิจครอบครัวเป็นจำนวนมากซึ่งช่องทางการจัดจำหน่ายแมลงจังหวัดในปัจจุบันส่วนใหญ่จำหน่ายในชุมชน หรือหากขายไม่หมดแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการเก็บในตู้แช่รอจัดจำหน่ายจนกว่าจะขายหมด ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาและอุปสรรคในการขาย ผลจากการสำรวจพบว่ากลุ่มเกษตรกรต้องการองค์ความรู้ในการส่งเสริมการขายและยังขาดเทคโนโลยี องค์ความรู้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มจากแมลงจังหวัดในการขยายตลาดการขายจังหวัดไปยังกลุ่มคนที่ไม่นิยมรับประทานแมลงจังหวัดทอดหรือที่มีลักษณะเป็นตัวแมลงหรือในช่วงที่จัดจำหน่ายไม่ได้จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นกลุ่มผู้เพาะเลี้ยงจังหวัดและผู้วิจัยได้หาแนวทางร่วมกันในการสร้างมูลค่าเพิ่มจากแมลงจังหวัด โดยมีแนวคิดที่จะแปรรูปผลิตภัณฑ์จังหวัดด้วยการพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย [6-7] โดยเป็นเครื่องมือและนวัตกรรมชุมชนในการสร้างมูลค่าเพิ่มจากแมลงจังหวัดผลิตภัณฑ์ใหม่ [8-9] เพื่อขยายตลาดและเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการตลาดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพ่นฝอยสำหรับจังหวัด
2. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุมอุณหภูมิของสภาวะการอบแห้ง

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา

(Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานและรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย จำเป็นต้องใช้เครื่องมือมาช่วยในการจัดรูปแบบข้อมูลให้มีความพร้อมและการวิเคราะห์ผลการศึกษาเพื่อตอบโจทย์วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้เพื่อนำเข้าข้อมูลการเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์ชิปไอซีใช้สำหรับประมวลผลการควบคุมแบบอัตโนมัติ อุปกรณ์เซนเซอร์วัดความชื้นภายในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย อุปกรณ์ฮีตเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และอุปกรณ์สายสัญญาณ

2. การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง

การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการทั้งในด้านทฤษฎีและอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่าง ๆ [6] มาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดนวัตกรรมโดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนออกแบบและหลักการ
ทำงานของตัวควบคุมอุณหภูมิความร้อนภายในถึงอบแห้ง ได้จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับตัวควบคุมแบบพีไอดี (Proportional-integral-derivative controller; PID) [10-11] ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ตัวควบคุมแบบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบพีไอดี ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้ควบคุมอุณหภูมิ 0°C - 1,300°C (องศาเซลเซียส) ในงานอุตสาหกรรม มีขนาดเล็ก ราคาถูก และมีประสิทธิภาพในการควบคุมได้อย่างถูกต้อง ตัวควบคุมการทำงานให้มีความแม่นยำและเสถียรโดยการคำนวณหาค่าควบคุม

จากความผิดพลาดระหว่างค่าที่ต้องการ (Set point) และค่าที่วัดได้ (Process Variable) องค์ประกอบของสมการ Proportional (P) เป็นค่าที่ได้จากสัดส่วนความผิดพลาด ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ต้องการและค่าจริง โดยการคูณค่าความผิดพลาดนี้ด้วยค่าเกนสัดส่วน (Proportional Gain, k_p) ส่วน Integral (I) เป็นค่าที่ได้จากผลรวมของความผิดพลาดในอดีตเมื่อเวลาผ่านไป เพื่อแก้ไขความผิดพลาดที่สะสมในระยะยาวโดยคูณด้วยค่าเกนอินทิกรัล (Integral Gain, k_i) และส่วน Derivative (D) เป็นค่าที่ได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดในปัจจุบัน เพื่อทำนายและแก้ไขความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต โดยคูณด้วยค่าเกนอนุพันธ์ (Derivative Gain, k_d) โดยสามารถพิจารณาสมการ [12-13] ดังนี้

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots(1)$$

เมื่อ $u(t)$ คือ ค่าสัญญาณควบคุมด้านเอาต์พุตของตัวควบคุม

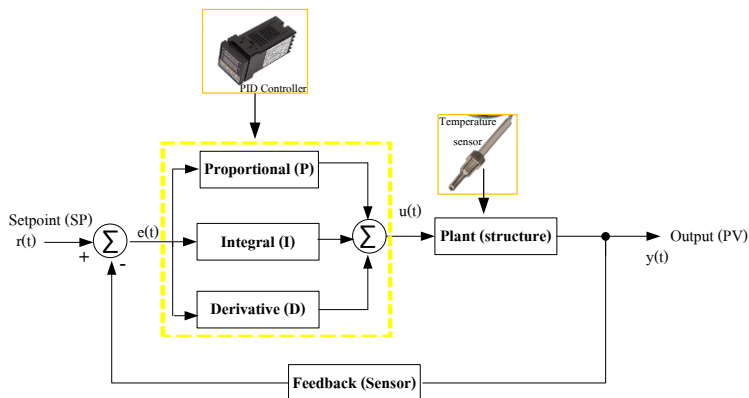
$e(t)$ คือ ค่าผิดพลาดในเวลาปัจจุบัน

k_p คือ ค่าสัดส่วนเกน (Proportional Gain)

k_i คือ ค่าอินทิกรัลเกน (Integral Gain)

k_d คือ ค่าอนุพันธ์เกน (Derivative Gain)

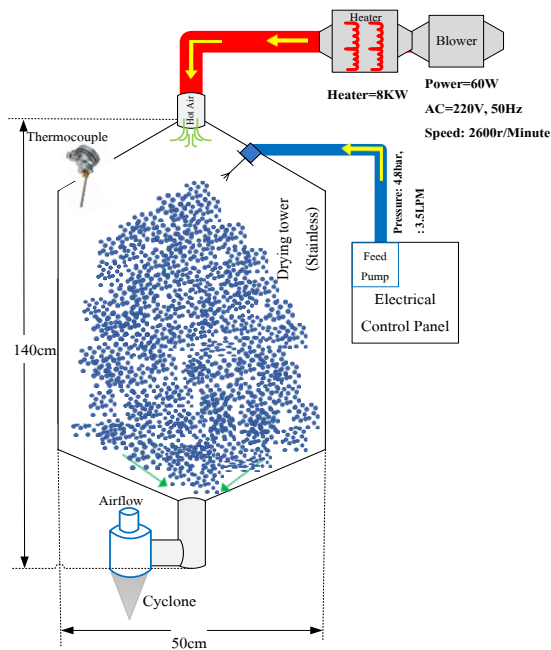
แสดงกระบวนการทำงานของตัวควบคุมแบบป้อนกลับดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบควบคุมแบบ PID

2.2 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอบแห้ง การออกแบบถังอบแห้งจะกำหนดขนาด และรูปร่างของถังอบแห้งให้สอดคล้องกับการไหล ของอากาศและการกระจายของฟอยเพื่อให้การ อบแห้งเป็นไปอย่างทั่วถึง สำหรับการเลือกแหล่ง ความร้อนของโครงการวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์

ฮีตเตอร์ไฟฟ้ามีขดลวดความร้อน ขนาด 8 กิโลวัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ ชุดขดลวด ความ ร้อนทั้งหมดจะถูกติดตั้งภายในถังอบขนาด 50×140 เซนติเมตร แสดงโครงสร้างดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างของเครื่องมือที่สร้างขึ้น

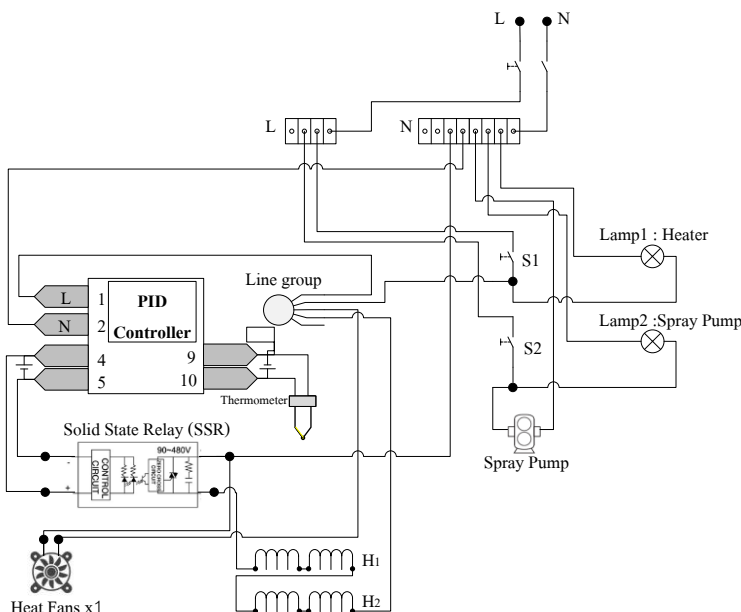
2.3 ขั้นตอนการออกแบบวงจรควบคุมระบบการทำงานประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เครื่องมือที่สร้างขึ้นใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ มีรายละเอียดการต่อวงจรดังนี้

2.3.1 ระบบการเปิด-ปิด (On-Off) ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้สวิทช์ S1 เป็นชุดควบคุมเปิด-ปิด การทำงานของชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และสวิทช์ S2 เป็นควบคุมเปิด-ปิด การทำงานของชุดปั๊มพ่นฝอย

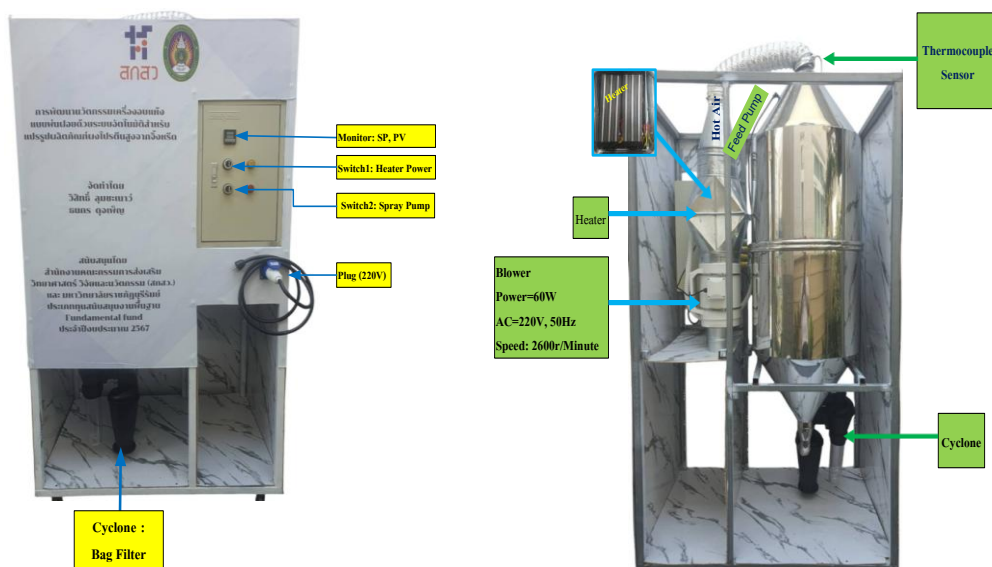
2.3.2 ขั้นตอนการต่อวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วยขาอุปกรณ์สำหรับต่อใช้งานจำนวน 6 ขา เรียงตามลำดับ คือขาที่ 1 ต่อกับสาย Line (L) ขาที่ 2 ต่อกับสาย Neutral (N) ขาที่ 4 ต่อกับขั้วบวก (+) อุปกรณ์โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay; SSR) ขาที่ 5 ต่อกับขั้วลบ (-) ของ SSR ขาที่ 9 ต่อกับขั้วลบ (-) อุปกรณ์เทอร์โมคัปเปิลเซนเซอร์ และขาที่ 10 ต่อกับขั้วบวก (+) ของเทอร์โมคัปเปิล

2.3.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ SSR เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ที่ไม่มีหน้าสัมผัสในการตัด-ต่อวงจร (Contact) โดยใช้หลักการของเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ที่ไม่มีส่วนเคลื่อนที่จึงไม่มีเสียงในขณะเวลาตัด-ต่อของหน้าสัมผัส ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวเหนี่ยวนำความร้อน (Induction Heat) การเหนี่ยวนำความร้อนแม่เหล็กโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดเหนี่ยวนำ เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กให้เหนี่ยวนำขึ้นโลหะให้เกิดความร้อนโดยใช้การต่อวงจรแบบอนุกรมกันจำนวน 4 ตัว ๆ ละ 2 กิโลวัตต์

แสดงผลการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3 และลักษณะโครงสร้างตัวเครื่องดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 วงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 4 โครงสร้างตัวเครื่องอบแห้ง

2.4 การคำนวณหาค่าความชื้นสมมูลเป็นตัวบอกรปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบโดยการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุดิบที่มีความชื้นฐานเปียกกับวัตถุดิบที่มีความชื้นฐานแห้ง โดยมีวิธีการคำนวณ [14] ดังนี้การคำนวณหาค่าความชื้นสมมูลเป็นตัวบอกรปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบโดยการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุดิบที่มีความชื้น

2.5 การคำนวณหาค่าความชื้นสมมูลเป็นตัวบอกรปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบโดยการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุดิบที่มีความชื้นฐานเปียกกับวัตถุดิบที่มีความชื้นฐานแห้ง โดยมีวิธีการคำนวณ [14] ดังนี้

1) ความชื้นฐานเปียก (wet basis; w.b)

$$M_{w.b}(\%) = \left(\frac{W_w - d}{W_w} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ

$M_{w.b}(\%)$ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

W_w คือ มวลวัตถุดิบเปียก (kg) หรือค่าน้ำหนักที่หายไปหลังจากผ่านการอบแห้ง

d คือ มวลแห้งของวัตถุดิบ (kg) หรือค่าน้ำหนักหลังจากผ่านการอบแห้ง

2) ความชื้นฐานแห้ง (dry basis; d.b)

$$M_{d.b}(\%) = \left(\frac{W_d - d}{d} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

เมื่อ

$M_{d.b}(\%)$ คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

W_d คือ มวลวัตถุดิบเปียก (kg) หรือค่าน้ำหนักที่หายไปหลังจากผ่านการอบแห้ง

d คือ มวลแห้งของวัตถุดิบ (kg) หรือค่าน้ำหนักหลังจากผ่านการอบแห้ง

จากสมการ 2 และ 3 อัตราความชื้นสามารถแสดงได้ด้วยค่าปริมาณน้ำต่อมวลรวมของมาตรฐานเปียกหรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง การคำนวณความชื้นแบบ (w.b) จะทำให้ความชื้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการคำนวณจะใช้ค่าความชื้นที่คำนวณแบบ (d.b) ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ

2.6 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ระหว่างอบแห้งสามารถทำได้โดยใช้สูตรที่เกี่ยวข้องกับกำลังไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งและระยะเวลาที่ใช้ทำงานโดยคำนวณได้จากสมการ [15] ดังนี้

1) สูตรการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ kWh) สามารถคำนวณได้จาก

$$W = P \times T \dots\dots\dots(4)$$

เมื่อ

W คือ พลังงานไฟฟ้า (kW-h)

P คือ กำลังไฟฟ้า (kW)

T คือ เวลาในการใช้งาน (ชั่วโมง)

2) สูตรการคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ใช้สามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{P}{V} \dots\dots\dots(5)$$

เมื่อ

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

P คือ กำลังไฟฟ้า (kW)

V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

3) สูตรการคำนวณจำนวนหน่วยต่อวัน (ยูนิต) สามารถคำนวณได้จาก

$$Unit = \frac{P \times N}{1,000} \times H \dots\dots\dots(6)$$

เมื่อ

U คือ จำนวนหน่วยต่อวัน (Unit)

P คือ กำลังไฟฟ้า

N คือ จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า

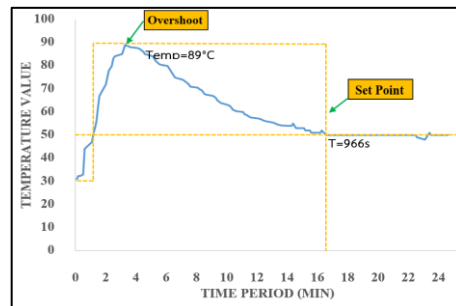
H คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใน 1 วัน

จากสมการ 4 ถึง 6 สามารถวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทำงานของเครื่องอบแห้งที่

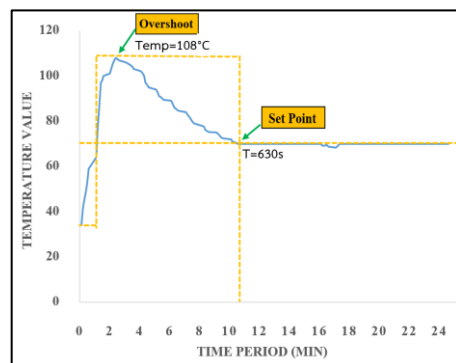
สร้างขึ้นเพื่อบ่งบอกถึงปริมาณการใช้งานและค่าใช้จ่ายของการใช้งาน

ผลการวิจัย

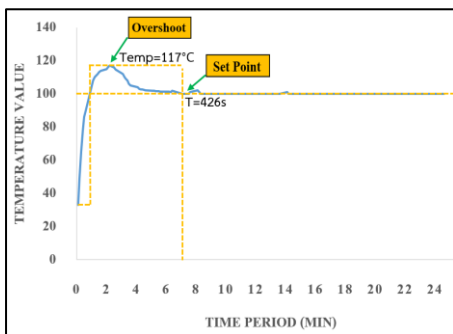
1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิขั้นตอนกระบวนการทดลองโดยเลือกวิธีการวัดอุณหภูมิกำหนดค่า Set Point แบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ 50°C, 70°C, 100°C และ 120°C พร้อมทำการบันทึกข้อมูลการทดลองอุณหภูมิและวิเคราะห์ผลเพื่อตรวจสอบระบบควบคุมมีผลทดลองดังนี้



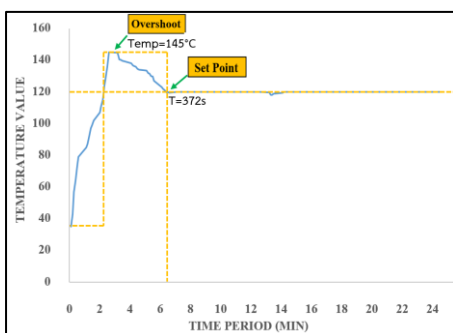
รูปที่ 5 SP=50°C



รูปที่ 6 SP=70°C



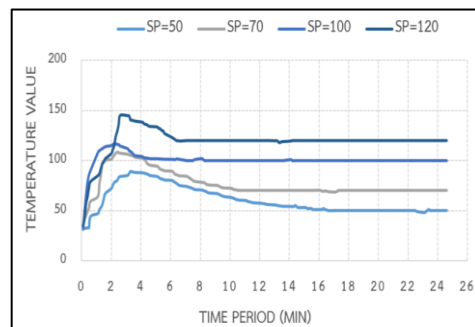
รูปที่ 7 SP=100°C



รูปที่ 8 SP=120°C

จากรูปที่ 5 ถึง 8 แสดงผลทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิ พบว่าเมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิที่ SP 50 ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 32°C ตัวเหนี่ยวนำความร้อนและตัวควบคุมปรับระดับความร้อนเกินจุดหรือ Overshoot สูงสุดที่ 89°C ช่วงเวลาเข้าสู่จุด SP ที่ 9.66s (วินาที) ผลการกำหนดค่าอุณหภูมิที่ SP 70 ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 34°C ตัวเหนี่ยวนำความร้อนและตัวควบคุมปรับระดับความร้อนเกินจุดหรือ Overshoot สูงสุดที่ 108°C ช่วงเวลาเข้าสู่จุด SP ที่ 6.30s ผลการกำหนดค่าอุณหภูมิที่ SP 100 ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 33°C ตัวเหนี่ยวนำความร้อนและตัวควบคุมปรับระดับความร้อนเกินจุดหรือ Overshoot สูงสุดที่ 117°C ช่วงเวลาเข้าสู่จุด SP ที่ 4.26s และผลการกำหนดค่าอุณหภูมิที่ SP 120 ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35°C ตัวเหนี่ยวนำความร้อนและตัวควบคุมปรับระดับ

ความร้อนเกินจุดหรือ Overshoot สูงสุดที่ 145°C ช่วงเวลาเข้าสู่จุด SP ที่ 3.72s และแสดงกราฟผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่ Set Point ของระบบควบคุมดังรูปที่ 9

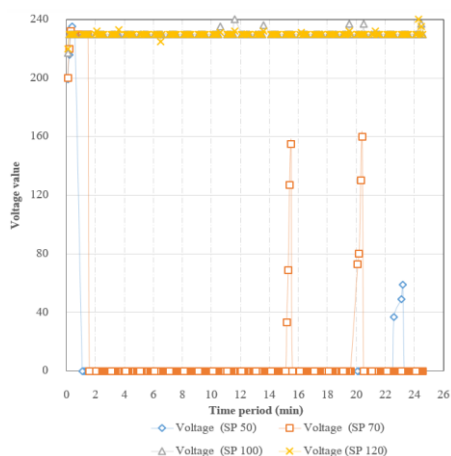


รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและเวลา

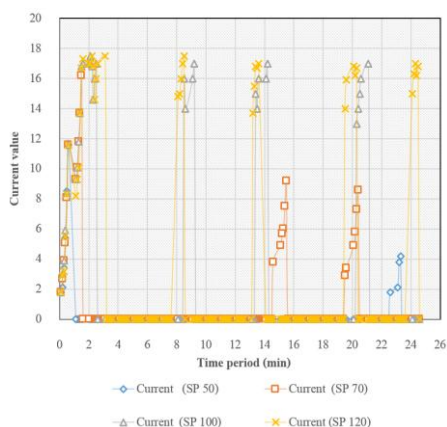
สรุปผลการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิภายในถังอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถควบคุมการทำงานของตัวเหนี่ยวนำความร้อนได้ตามที่กำหนด (Set point) อย่างถูกต้อง และผลทดลองค่า Set point ในแต่ละช่วงการทดลองพบว่ามีค่าความร้อนเกินจุดที่กำหนดหรือ (Overshoot) เนื่องมาจากการเกิดโอเวอร์ชูตของอุปกรณ์ฮีตเตอร์ในระบบที่ควบคุมด้วย PID เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเกินค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งเกิดจากความเฉื่อยของตัวเหนี่ยวนำความร้อน (Heater) ความล่าช้าของเซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิภายในถังอบแห้งกระบวนการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำมากขึ้นเพื่อลดการโอเวอร์ชูตสามารถปรับปรุงการออกแบบระบบด้วยการวางเซนเซอร์และฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้นและการปรับพารามิเตอร์ตัวควบคุม PID ให้

เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต่อยอนวัตกรรม

2. ผลการวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าชั่วขณะของตัวเหนี่ยวนำความร้อน กระบวนการทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าชั่วขณะการทำงานของตัวเหนี่ยวนำความร้อนตามจุดที่กำหนด (Set point) คือ SP=50, SP=70, SP= 100, SP=120 ตามลำดับ แสดงผลการวัดปริมาณค่าแรงดันไฟฟ้าดังรูปที่ 10 และค่ากระแสไฟฟ้างดังรูปที่ 11



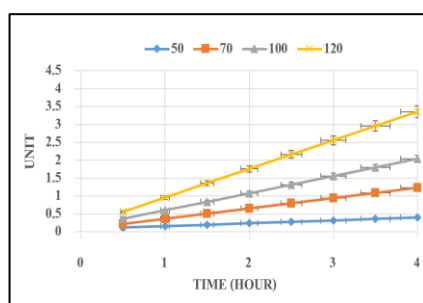
รูปที่ 10 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะของตัวเหนี่ยวนำความร้อน



รูปที่ 11 ผลการวัดค่ากระแสไฟฟ้าชั่วขณะของตัวเหนี่ยวนำความร้อน

3. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า โดยนำผลของการกินกระแสไฟฟ้าชั่วขณะมาวิเคราะห์หาจำนวนหน่วยยูนิิต (unit) คำนวณได้จากสมการที่ 6 สามารถนำมาคิดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นในการใช้งานแต่ละครั้งได้โดยปัจจุบันการไฟฟ้าคิดอัตราค่าไฟฟ้า 4.5 บาทต่อหน่วยยูนิิตจะแสดงจำนวนยูนิิตที่ได้จากการทดลองดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า

4. ผลการทดลองอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยขั้นตอนการทดลองกำหนดค่าอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 80°C, 100°C, 120°C ซึ่งมีค่าน้ำหนักก่อนอบแห้ง ปริมาณน้ำหนัก 1,000 กรัม พบว่าหลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งพ่นฝอย ค่าน้ำหนักลดลงอยู่ที่ 602 กรัม 548 กรัม 516 กรัม ตามลำดับค่าอุณหภูมิ และคำนวณค่า w.b, d.b ตามสมการที่ 2, 3

ตารางที่ 1 ผลการทดลองอบแห้ง

ผลการวัดความชื้นในวัตถุดิบตามค่าอุณหภูมิที่กำหนด (°C)		
80	100	120
51.25%w.b	21.23%w.b	6.61%w.b
33.88%d.b	17.51%d.b	6.20%d.b



รูปที่ 13 จิ้งหรีดอบแห้ง

สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาเครื่องอบแห้งพ่นฝอย ทำการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสามารถรักษาค่าจุดเป้าหมาย (Set Point, SP) ที่ 50°C, 70°C, 100°C และ 120°C ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบมีการเกิดความร้อนเกินจุด (Overshoot) ที่แต่ละค่า SP และใช้เวลาคงตัวตั้งแต่ 6.20 ถึง 16.10 นาที ขึ้นอยู่กับค่า SP นอกจากนี้การทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของตัวเหี่ยวนำความร้อนพบว่าค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามค่า SP ที่ตั้งไว้ ระบบหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลงหลังเกิดความร้อนเกินจุด และตัวเหี่ยวนำเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าค่า SP โดยกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.8 ถึง 17.5 แอมแปร์ ซึ่งพบว่ามีการเสาค้างที่ค่า SP ที่สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าพบว่าเมื่อกำหนดค่า SP 50°C เปิดใช้งานเครื่องจำนวน 4 ชั่วโมง รวมเป็นจำนวน 0.4 หน่วยยูนิต เมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1.8 บาท/4 ชม. เมื่อกำหนดค่า SP 70°C ใช้รวมทั้งหมดจำนวน 1.23 หน่วย เท่ากับ 5.53 บาท เมื่อกำหนดค่า SP 100°C ใช้รวมทั้งหมดจำนวน 2.04 หน่วย เท่ากับ 9.18 บาท และเมื่อกำหนดค่า SP 120°C ใช้รวมทั้งหมดจำนวน 3.36 หน่วย เท่ากับ 15.12 บาท สรุปผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานได้ว่าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับจิ้งหรีดมีการใช้พลังงาน

ต่ำและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในการนำไปประยุกต์ใช้ และผลการทดลองเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถจัดการควบคุมอุณหภูมิและการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้พารามิเตอร์ที่กำหนด และจากผลการทดลองสอดคล้องกับผลการอบแห้งโดยลมร้อนกับวัตถุต่าง ๆ [16-18] เนื่องจากอุณหภูมิในการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน และรวมถึงการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานของเครื่อง ซึ่งการสูญเสียค่าพลังงานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของถังอบแห้ง [19-20]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ซึ่งบทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยพัฒนานวัตกรรมเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยด้วยระบบอัตโนมัติสำหรับแปรรูปผลิตภัณฑ์ผงโปรตีนสูงจากจิ้งหรีดเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการตลาดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านมะค่าใต้ ตำบลบ้านยาง อำเภอเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นสถานที่ทำการวิจัยที่ให้อาณาจารย์ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลองให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

References

- [1] S. Kanchanaphusit, “*The Department of Livestock Development raises cricket export standards,*” Department of Livestock Development. July. 22, 2024. [Online]. Available: <https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/354-hotnews-cat/23747-3>
- [2] S. Viboonthanakul, Insect protein: “*The food of the future and an opportunity for Thailand's economy,*” July. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.marketingoops.com/exclusive/trending-exclusive/edible-bug/>
- [3] T. Jamjanya & Y. Hanboonsong. (n.d.), “*Importance, types, and nutritional value of edible insects.*” July. 22, 2024. [Online]. Available: https://home.kku.ac.th/orip2/orip_main/attach/knowledge_1407230024_bug%20nutrition.pdf
- [4] V. Kemsawasd, et al., “Road to The Red Carpet of Edible Crickets through Integration into the Human Food Chain with Biofunctions and Sustainability,” *A Review. International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), pp. 1801-1801, 2022.
- [5] M. Ruggeri, et al., “Nutritional and Functional Properties of Novel Italian Spray-Dried Cricket Powder,” *Antioxidants*, 12(1), pp. 112-112, 2023.
- [6] AC. Kumoro, et al., “A Brief Overview of Spray Drying Technology and Its Potential in Food Applications. *Journal of Human, Earth, and Future*, 5(2). Pp. 279-305, 2024.
- [7] T. A. G. Langrish, J. A. Harrington, Xing Huang, Chao Zhong, “Using CFD Simulations to Guide the Development of a New Spray Dryer Design.” *Processe*, 8(8). pp. 932, 2020.
- [8] Isaac. Ho, et al., “*Will It Cricket? Product Development and Evaluation of Cricket (Acheta domesticus) Powder Replacement in Sausage, Pasta, and Brownies.*” *Foods*, 11(19). pp. 3128-3128, 2022.
- [9] I. Jakab, et al., “Cricket flour-laden millet flour blends' physical and chemical composition and adaptation in dried pasta products.” *Acta Alimentaria*, 49(1). pp. 4-12, 2020
- [10] M. Fadri, et al., Baehaqi. “Design of a Cricket Dryer Using PID Control.” *Mestro*, 4(01). pp. 7-13, 2022.
- [11] Xia, Zheng, et al., “Drying Temperature Precision Control System Based on Improved Neural Network PID Controller and Variable-Temperature Drying Experiment of Cantaloupe Slices.” *Plants*, 12(12). pp. 2257-2257, 2023.
- [12] K. Djuraev, “*Synthesis of a digital PID controller to control the temperature in the agricultural products drying chamber.*” *E3S web of conferences*, 390. pp. 03002, 2023.

- [13] S. N. Piboon, "The drying process of croaker fish using an electric dryer with PID temperature control." *Princess of Naradhiwas University Journal*, 2012, 7(2). pp. 1-11.
- [14] P. Komwachirakul, et al. , "Development of a long pepper drying system using a rotary dryer combined with infrared radiation. " Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 2020. [Online]. Available: https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/3875/ENG_65_02.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed July. 10 , 2024).
- [15] T. Kheawpae, et al. , "Design and construction of a bulrush drying machine: A case study of drying harvested bulrush." *In Proceedings of the 8 th Conference on Engineering, Science, Technology, and Architecture* at Northeastern University, July. 21 , 2017.
- [16] P. Praneedpolkrang, "Spray drying techniques for drying agricultural products. " *Journal of Research, Rajamangala University of Technology Srivijaya*, 12(2), pp. 347-361} 2020.
- [17] S. Saiyotha, et al., "A study of the spray drying system. " (n. d.) . [Online]. Available: https://ird.rmuti.ac.th/newweb/download_document/บทความมทร/อบแห้งแบบพ่นฝอย.pdf. (accessed July. 26, 2024).
- [18] K. Sathapornprasart & P. Praneedpolkrang. "Drying model of cricket dried using the spouted fluid bed dryer." *Srinakharinwirot University Journal (Science and Technology)*, 14(28). pp. 1-14, 2022.
- [19] N. Harnsapan, "Development of powdered calamondin products using spray drying methods. Master's thesis," Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Ramkhamhaeng University, 2021.
- [20] N. Donlaw & T. Thepakorn. (2011). "A study of the optimal conditions for spray drying of green tea extract at a pilot plant scale. " Mae Fah Luang University. [Online]. Available: <http://archives.mfu.ac.th/database/files/original/94cdb6e5453d1f1673d7d504054b8986.pdf> (accessed July. 1, 2024).

Design and Development of a Product Database for Brake Lining: A Case Study of a Brake Lining Factory

Tongmean Teang¹, Thanathorn Karot²

^{1, 2}Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Email: teang_t@silpakorn.edu¹

Received: Feb 24, 2025

Revised: Mar 14, 2025

Accepted: Mar 24, 2025

Abstract

The automotive parts manufacturing industry is characterized by intense competition, rapidly changing customer demands, and particular customer requirements. As a result, precise design and rapid development of new products are essential for maintaining competitiveness. Our case study is a lining brake factory with several thousand stock-keeping units. Managing all product-related data, such as engineering of change, bill of material and engineering files is crucial yet challenging due to the complexity of the products, manufacturing processes, and supply chain. This study aims to design and develop a product data brake lining management system to centralize product data within organization. It presents three main modules: the Input Data module, the Query Data module, and the Security module. The system is developed following the Software Development Life Cycle (SDLC). The system is based on web application technology, utilizing PostgreSQL for the database, React.js for the client side, and Express.js for the server side. The key technology used in this study is also discussed. The system evaluated through questionnaires completed using a user satisfaction form. User feedback indicated a satisfaction level of 4.48 out of 5 and a standard deviation 0.53. Moreover, it can reduce working time for all teams to create product data or search and retrieve product data from 131.6 min to 52.6 min, which reduces working time by 60% compared to the traditional method.

Keywords : Product Data, Database Management, SDLC, Bill of Material, Automotive Parts

Introduction

The global industrial landscape has been significantly influenced by Industry 4.0 policies and the adoption of digital technologies to improve competitiveness through reduced manufacturing costs, enhanced product quality, and flexible production systems [1] . Furthermore, increasing competition, rapidly evolving and highly specific customer demands have compelled organizations to adapt [2]. This shift has led to greater product diversity and increasingly complex manufacturing processes [3] . Effective product data management is a key aspect of maintaining competitiveness in such an environment. However, due to outdated or limited technological infrastructure, organizations often face technical challenges, such as decentralized product data. Product data is often not readily shared across teams, primarily due to technological limitations. Currently, Microsoft Excel remains the predominant tool for managing data within organizations. Consequently, different teams maintain isolated Excel files for their respective data, resulting in a fragmented and decentralized product data management system. This fragmentation poses significant challenges, including data integrity issues and reduced operational efficiency.

In this case study factory, the current process of new product development,

product data such as the Bill of Materials (BOM) , and Product Specifications are sent to related teams via Excel files. This approach has duplicated datasets across the organization, with each team maintaining its version of the product data. Due to the limitations of Excel, which does not support efficient cross- team sharing, several issues have arisen. These include inconsistencies between teams' datasets, wasted time in data transmission and queries, and a lack of synchronization in product data.

This study aims to design and develop a database for brake lining product data to centralize product data within organization, enabling cross-team usage throughout various team within organization. The system consists of three main modules: the Input Data module, the Query Data module, and the Security module. The system is developed following the Software Development Life Cycle (SDLC) methodology and utilizes web-based technologies.

Objective

1. To Design and Development Database Product Data Brake Lining
2. To Centralize Product Data Within Organization

Methodology

In order to achieve the research objectives, the research step is as follows.

1. Related Theory

1.1 Web Application

A web application is a software program accessible via the internet without requiring local installation. Additionally, it can be accessed by using a browser (Chrome, Safari) and then able to start using a web application right there online [4].

1.2 Software Development Life Cycle (SDLC)

The system development process will be carried out following the software development cycle or Software Development Life Cycle (SDLC) [5] as follows:

- Planning: Begin with requirements either from a customer or user.
- Analysis: Determine the scope of the project or software and the resources which are used to accomplish it.
- Design: Software design of the user response screen (User Interface: UI) and Software Coding, including database and network design.
- Development: The software development phase is practical by developing the software as already designed to become a reality which can be used to meet the requirements of customers or users efficiently.

- Testing and Implementation:

Testing is a way to find bugs. The software must be tested until software errors or bugs are minimized. A visual environment is created to deploy the system.

- Maintenance: After using it for a while, customers or users may find additional software errors (bugs). They can notify the admin to fix the bug. Then, periodically fix the bugs once they occur.

2. Related Research

Yang & Zhang, (2014)[6] presented a solution for small-and medium-sized enterprise product data management systems, designed and developed for certain industries, as users require. This research analyzes the system and business solution system architecture based on the net framework. It also describes the main functions of systems, such as drawing management, project management, and security management, and then discusses some key technologies used in the current system. The results show that it can improve the enterprise's product data management efficiency.

Watcharapong, (2022)[7] analyzed, designed, and developed database systems for new production tires in order to serve the manufacturing flexibility of case study tire

manufacturers. This study aims to reduce working time for new tire feasibility studies and to support the investment decision on machine investment. The results of this study prove that it is possible to reduce the time for a new tire model feasibility study from 5 weeks to 2 weeks, which reduces working time by 60% compared to the original method, increases data accuracy and reduces human error. Our study proposes a multi-role database system specifically for brake lining manufacturing, emphasizing data security and accessibility across production, sales, and procurement teams.

3. Design and Develop

The system development process will follow the Software Development Life Cycle methodology containing six steps, as outlined below:

3.1 Planning: This step begins with collecting all product data related to the manufacturing processes. The product data is categorized into four sections: Work in Process (WIP), Work in Process Drill (WIP DR), Work in Process Finished Goods (WIP FG), and Bill of Material (BOM). Additionally, relevant personnel must be identified. Afterward, all materials associated with the system need to be gathered. It includes planning the system's scope and estimating the timeline for its completion. The users are divided into two parts: one creates product data consisting of the

APQP (Advance Product Quality Planning) team, and the other uses product data consisting of the production team, accounting team, procurement team, and sales team.

3.2 Analysis: This phase involves gathering and analyzing users' requirements and understanding the system's domain. It also includes a detailed analysis of user roles and the various modules within the system.

3.3 Design

3.3.1 Module Design: In this design, the system comprises three main modules, as outlined below:

- Data Input: This module includes two functions: one allows data entry through an MS Excel file, while the other supports form-based input. It also updates data using form-based input.

- Data Output/Query: This module includes two functions: one enables data experts to work with data through an MS Excel file while the other function is able to select specific records and copy then paste them into any spreadsheet program.

- Security: This module enables the system to validate users through their login credentials (email and password) to ensure that all user data are accurately captured during any system activity or interaction, such

as creating, updating, and deleting data.

3.3.2 User Base design: In this design, the system comprises three main user group as follows

- admin: The system provides full access to all functions, including data input, querying, deletion, updates, and user management.

- creator: The system provides key functionalities, including data input,

querying, deletion, and updates, excluding user management.

- user: The system only allows access to query data.

3.3.3 Database Design: In this design, the database architecture was illustrated using an Entity-Relationship Diagram (ER- Diagram) to represent entities and their relationships, as shown in Figure 1.

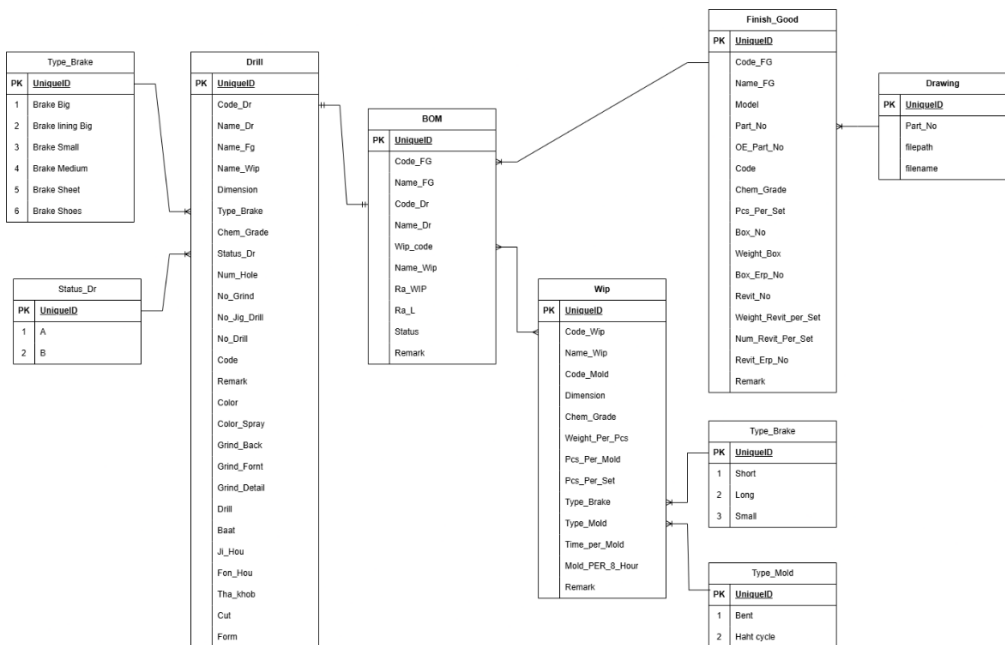


Fig. 1 Database Design using ER-Diagram

3.3.4 Development: This system was developed using web- based technology, running on the Node. js JavaScript runtime environment. Express.js is used on the server side, while React.js is employed on the client side. PostgreSQL serves as a database. Communication

between the server and client is facilitated through API, with Postman used to test API calls. Visual Studio is the integrated development environment (IDE) for code development [8].

3.3.5 Testing and Implementation In this phase, testing ensures the

system functions according to the expected outcomes. It involves comparing the expected and actual results to verify that the system operates correctly based on the given requirements. The database system was deployed on local area networks, and all related teams were able to access the database system. After that, related teams will be trained in utilizing the database system by providing user manuals, and the database system will be tested in the workplace.

3. 3. 6 Maintenance: After implementation, close communication with users is essential to address bugs and prevent server downtime promptly.

4. Sample

In this study, the sample is divided into two groups as follows:

- Creator user: This group consists of 3 employees from the APQP team who are responsible for creating product data.
- Query user: This group consists of 6 employees who need to query product data for internal use. These users are distributed across various teams within the organization: one from the production team, one from the accounting team, two from the procurement and two from the sales team.

5. Statistics Tools

The questionnaire was a method for data collection in this study and was divided into two parts. First, personal information was collected from the sample using a checklist questionnaire from each team, which was analyzed using the percentage value. Second, the collection of user satisfaction data after utilizing the database system. was analyzed using Likert Rating Scales. which consist of five levels scales [9]:

- Level 1 denotes very unsatisfied.
- Level 2 denotes unsatisfied.
- Level 3 denotes neutral.
- Level 4 denotes satisfied.
- Level 5 denotes very satisfied.

After gathering the data, the researcher converts the score using interval criteria.

- The range of values from 1.00 to 1.49 denotes very unsatisfied.
- The range of values from 1.50 to 2.49 denotes unsatisfied.
- The range of values from 2.50 to 3.49 denotes neutral.
- The range of values from 3.50 to 4.49 denotes satisfied.
- The range of values from 4.50 to 5.00 denotes very satisfied.

The research analyzes trends of information distribution of questionnaires by using mean and standard deviation.

6. Result Evaluation

6.1 Employee Satisfaction Evaluation

This research collects personal information and employee satisfaction from those who utilize database systems within case study companies by performing a survey and using the questionnaire tools. The topics used for

satisfaction assessment after using the database system are divided into four parts: System Information Display, System Quality and Accuracy, System Efficiency, and System Procedures. Table 1 presents an evaluation form for assessing satisfaction with the database system.

Table 1 The form for evaluating satisfaction after using the database system

Question	Satisfaction Level				
	5	4	3	2	1
System Information Display					
1. Clarity and simplicity of menu tab categorization					
2. Suitability of displayed data in various menus (data arrangement/orderliness)					
3. Size, clarity, and format of text displayed on the screen					
System Quality and Accuracy					
1. Accuracy of system processing when adding new record					
2. Sufficiency of data sections (columns) for usage					
3. Ability to utilize product data for operational purposes					
System Efficiency					
1. Speed in response, processing, and data display					
2. Speed in display and report generation					
3. Security management and access rights configuration					
System Procedures					
1. Appropriateness and ease of understanding system procedures					
2. Reduced steps and faster product data retrieval compared to traditional methods					
3. Reduction in redundant data retrieval compared to traditional methods					

6.2 Working Time Evaluation

This research starts with a study process and the standard time of each team, including the production team, the account team, the procurement team, and the sales team, to retrieve and search for product data. The production team uses product data for production planning. The account team uses product data to calculate the standard cost for each finished product. The sales team uses product data to check whether the product exists or not before accepting an order from the customer. The procurement team uses product data to check product specifications before accepting purchasing orders. It is necessary to retrieve and search for product data to

ensure the completion of these processes. This study measures the approximated standard time required for retrieval and searching product data in each process. The working times were then compared between the traditional method and the method using a database system.

Results

The results of this research consist of three parts as follows:

1 . Result of Database Product Data Brake Lining

The database system was developed based on the module designed as follows:

The screenshot displays a web application for 'Compact Brake'. On the left is a dark sidebar menu with options: Home, Wip (selected), Report, Excel Insert, and a list of WIP types (Wip.Dr, Wip.Fg, Bom, Drawing, Product Data, User Managem...). The main content area is titled 'Create New WIP (สร้างรหัสกิ่งสำเร็จรูป)'. It contains several input fields and dropdown menus: 'Code Wip', 'ชื่อวัสดุ' (Material Name), 'Name Wip', 'ลักษณะการใช้งาน' (Usage Characteristics), 'รหัสแม่พิมพ์' (Mold Code), 'ลักษณะแม่พิมพ์' (Mold Characteristics), 'ขนาด(กว้าง*ยาว*สูง)' (Size), 'เวลาต่อชิ้น' (Time per piece), 'เบอร์เคลือบ' (Coating Number), and 'พื้นที่ต่อชิ้น' (Area per piece). The top right corner shows a 'Logout' button and the user 'admin@compact.com(admin)'.

Fig. 2 Form-based Input

Figure 2 presents a form-based input interface designed to capture and

store data into the database, structured according to user requirements.

Fig. 3 MS Excel file Input-based

Figure 3 illustrates an MS Excel file-based input interface designed to capture and store data in a database structured according to user requirements. The Excel

file must either follow the original header format or can be downloaded as an Excel template.

Name_Wip	รหัสแม่พิมพ์	ขนาด(กว้าง*หนา-ยาว)	น้ำหนักต่อชิ้น	ชิ้นต่อพิมพ์	ชิ้นต่อชุด	Actions
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	-	-	4	-	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	216*19.0*11.0-194	1600	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	216*19.0*11.0-194	1600	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	216*18.0*11.0-194	1550	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	216*19.0*11.0-194	1600	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	216*19.0*11.0-194	1600	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	216*19.0*11.0-194	1600	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 5/2 ขนาด-R	MF 005	-	-	4	-	Detail Edit
FUSO เทนเลส 4/2 ขนาด-R	MF 004	-	-	4	-	Detail Edit
FUSO เทนเลส 4/2 ขนาด-R	MF 004	216*19.0*16.0-189	1650	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 4/2 ขนาด-R	MF 004	216*19.0*16.0-189	1650	4	8	Detail Edit
FUSO เทนเลส 4/2 ขนาด-R	MF 004	216*18.0*16.0-189	1550	4	8	Detail Edit

Fig. 4 Report Webpage

Figure 4 illustrates the report data interface. On this web page, users can press the 'Detail' button to view detailed information, the 'Edit' button to update specific records, and the 'Delete' button to remove specific records. Additionally,

users can select specific records to export as an Excel file. Users can also select specific records and copy and paste them into any spreadsheet program.

2. Result of employee satisfaction

Table 2 The result of employee satisfaction

Sample Characteristics	Percentage (%)	Satisfaction Level	Mean	SD
APQP Team	33.3	Very Satisfied	4.63	0.48
Procurement team	22.2	Satisfied	3.95	0.35
Sales team	22.2	Satisfied	4.25	0.45
Account team	11.1	Very Satisfied	5.00	0.00
Production team	11.1	Very Satisfied	4.91	0.27
Total	100	Satisfied	4.48	0.53

According to Table 2, the number of employees who use a database system is divided into the APQP team, which accounts for 33.30 %; the Procurement team, which accounts for 22.20 %; the Sales team, which accounts for 22.20 %; the Account team, which accounts for 11.10 %, and the Production team, which accounts for 11.10% of the total sample.

The overall level of employee satisfaction after using the database system is satisfied, with a mean of 4.48 and a standard deviation (SD) of 0.53. The account team's highest satisfaction is very

satisfied, with a mean of 5.00 out of 5.00 and a standard deviation (SD) of 0.00. Due to this, the database system can help the sales team retrieve product data more conveniently than the traditional methods. The lowest satisfaction is the procurement team level satisfaction, with a mean of 3.95 out of 5.00 and a standard deviation (SD) of 0.35 because the interface should be improved to make it more attractive and effective.

3. Result of working time

Table 3 Standard time of the traditional method and using the database system

Teams	Process	Before (Minute)	After (Minute)	Difference time (Minute)	Percentage (%)
Procurement team	Search and Retrieval Product Data	30	5	25	83.30
Sales team	Search and Retrieval Product Data	35	10	25	71.42
Account team	Search and Retrieval Product Data	40	25	15	37.50
Production team	Search and Retrieval Product Data	10	5	5	50
APQP team	Create Product Data	16.60	7.60	9	54.21
Total		131.60	52.60	79	60

Table 3 compares the standard time of the traditional method and new method for each team. The standard time to complete creating product data before and after using the database system is 16.6 minutes and 7.60 minutes, with a 54.21% difference. The standard time to complete the search and retrieve product data before and after using the database system for the procurement team, sales team, account team, and production team is 30 minutes and 5 minutes with 83.3% difference, 35 minutes and 10 minutes with 71.42% difference, 40 minutes and 25 minutes with 37.5% difference, 10 minutes and 5 minutes with 50.0% difference, respectively. Overall, the total standard time for these tasks was reduced from 131.6 minutes to 52.6 minutes, representing a 60% improvement across all teams. The highest difference is the procurement team, 25 minutes or 83.30%. The lowest difference is the account team 15 minutes or 37.50%. These findings highlight the system's effectiveness in reducing data management effort.

Conclusion

This research focuses on design and develop product data database to centralized product data in sample factory which enable various teams to access product data more conveniently than the traditional methods. By transitioning from an Excel-based data management system

to a web-based centralized platform, the study successfully addresses key issues, including data fragmentation, inconsistencies between teams' datasets, and excessive time spent accessing product data. The time-saving objective was a critical focus of this study, representing a 60% improvement. This reduction benefits all teams, with the procurement team showing the highest improvement of 83.30%. Such efficiency gains underscore the potential of centralized systems to streamline operations in manufacturing environments. The system achieves a 60% reduction in working time, significantly enhancing efficiency across all teams. The new system enhances operational efficiency and reduces working time to access product data within case study factories.

In addition, The overall employee satisfaction at level 4.48 out of 5.00 and a standard deviation 0.53. Furthermore, the system's modular design, incorporating Input, Query, and Security modules, allows for streamlined data management. Web-based accessibility, combined with React.js, Express.js, and PostgreSQL, ensures the system is scalable and adaptable to meet evolving business needs.

In future work, the organization should consolidate all data into a centralized system to further enhance

database efficiency and reduce time-related inefficiencies in accessing and managing data. Additional features, such as AI-driven search tools, Data-Driven and predictive analytics for further efficiency gains, could further increase the value and accessibility of data for decision-making.

References

- [1] J. Rosinski, *“Beyond excellence in the automotive industry in Industry 4.0? Lessons learned from the creative business sector,”* in Digital Business Models in Industrial Ecosystems: Lessons Learned from Industry 4.0 Across Europe, pp. 217–234, 2021.
- [2] P. Morrakotsriwan, K. Kaewlob, S. Unhapipat, B. Horbanluekit, and S. Amornsamankul, “Enhancements to human resource and data resource management performance in the development of disc brake pad products,” *Eng. Access*, 2024, vol. 10, pp. 81–89.
- [3] P. Morrakotsriwan, K. Kaewlob, S. Unhapipat, B. Horbanluekit, and S. Amornsamankul, “Enhancements to human resource and data resource management performance in the development of disc brake pad products,” *Eng. Access*, 2024, vol. 10, pp. 81–89.
- [4] GeeksforGeeks, *What is Web App? GeeksforGeeks*, Jan. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-web-app/>
- [5] Office of the Permanent Secretary (OPS), MHESI Thailand. *“Information system development”*. Mar. 23, 2023. [online]. Available: https://www.ops.go.th/en/content_page/item/8067-is-development
- [6] W. Yang and S. Zhang, “A PDM system for small and medium enterprises based on .NET framework,” in *Proc. Enterprise Systems Conf*, pp. 24–27, 2014.
- [7] V. Watcharapong, *“Development of database system for production of new tire model,”* Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD), no. 6612, 2022. [Online]. Available: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6612>
- [8] Skooldio, *“Entering the Tech industry is not difficult! Just understand SDLC or Software Development Life Cycle.”*, Skooldio Blog, 2024. [Online]. Available: <https://blog.skooldio.com/sdlc-software-development-life-cycle-101/>
- [9] GotoKnow, *“Likert rating scales,”* GotoKnow, Jan. 11, 2019. [Online]. Available: <https://www.gotoknow.org/posts/659229>

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุหีบห่อขวดน้ำอัดลม: การลดเวลาการเปลี่ยนอะไหล่และการปรับตั้งค่าเครื่องจักรในสายการผลิต PET5

สุพัตรา ศรีญาณลักษณ์¹, ปาริตา ภัยอย่ามี²

^{1, 2}คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Email: Suphattra.sr@spu.ac.th¹

Received: Mar 10, 2025

Revised: Mar 31, 2025

Accepted: Apr 11, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการเปลี่ยนอะไหล่และปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุหีบห่อขวดน้ำอัดลมขนาดใหญ่ในสายการผลิต PET5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดเวลาสูญเสียกระบวนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การศึกษากระบวนการบรรจุหีบห่อ (2) การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้น (3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis และ (4) การดำเนินการปรับปรุง โดยมีการพัฒนาแนวทางสำหรับเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 และ 2 สำหรับเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 ได้มีการติดตั้งลักษณะที่ขึ้นส่วนอะไหล่ ออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อป้องกันขวดล้ม และจัดทำมาตรฐานการปรับระยะสายพานและชุดเป่าลม ส่วนเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 ทำการปรับปรุงระยะช่องทางเดินขวด (Guide) หน้าและหลังเครื่องบรรจุ พร้อมออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดระยะ ผลการวิจัยพบว่าการปรับปรุงสามารถลดเวลาการเปลี่ยนอะไหล่ของเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 จาก 90 นาที เหลือ 76 นาที (ลดลงร้อยละ 15.5) และเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 จาก 60 นาที เหลือ 48 นาที (ลดลงร้อยละ 20) ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มศักยภาพในการผลิตและเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ประมาณ 5,832,000 บาทต่อปี นอกจากนี้แนวทางการปรับปรุงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตอื่นที่ใช้เครื่องจักรประเภทเดียวกัน

คำสำคัญ : การปรับตั้งค่าเครื่องจักร, การลดเวลาการเปลี่ยนอะไหล่, การผลิตเครื่องดื่มน้ำอัดลม, เทคนิคการวิเคราะห์ วาย-วาย, การตั้งค่าแนวศูนย์กลาง

Enhancing Carbonated Beverage Bottle Packaging: Reducing Changeover Time and Machine Setup in PET5 Production

Suphattra Sriyanalugsana ^{1*}, Parita Paiyamee ²

^{1, 2}School of Engineering, Sripatum University

Email: Suphattra.sr@spu.ac.th¹

Received: Mar 10, 2025

Revised: Mar 31, 2025

Accepted: Apr 11, 2025

Abstract

This research aims to enhance the spare parts replacement process and machine setup for large-scale carbonated beverage bottle packaging in the PET5 production line to improve production efficiency and reduce time losses. The research methodology consists of four stages: (1) studying the packaging process, (2) collecting data on time losses occurring during operations, (3) analyzing the root causes of inefficiencies using the Why-Why Analysis technique, and (4) implementing process improvements. The improvement strategies were applied to two packaging machines. For Packaging Machine 1, enhancements included implementing identification markings on spare parts, designing auxiliary equipment to prevent bottle tipping, and establishing standardized procedures for conveyor belt and air-blowing unit adjustments. For Packaging Machine 2, modifications focused on refining the guide rail adjustments at the front and rear of the machine, along with developing auxiliary equipment to enhance measurement accuracy. The results showed a reduction in the changeover time for Packaging Machine 1 from 90 to 76 minutes (15.5%) and for Packaging Machine 2 from 60 to 48 minutes (20%), contributing to increased production capacity and an estimated additional revenue of 5,832,000 Baht per year. The proposed methodology is scalable and can be applied to other production lines using similar machinery, offering a systematic approach to operational efficiency improvement.

Keywords : Machine Setup, Changeover Time reduction, Carbonated Beverage Production, Why-Why Analysis Technique, Centerline adjustment

บทนำ

อุตสาหกรรมเครื่องดื่มของไทยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 2.2 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 โดยในปี พ.ศ. 2566 ปริมาณการผลิตรวมอยู่ที่ 14,237.4 ล้านลิตร และคาดว่าจะเติบโตอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2567 [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุตสาหกรรมน้ำอัดลม ซึ่งเป็นตลาดเครื่องดื่มที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ด้วยมูลค่าตลาดรวม 62,000 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2566 เติบโตร้อยละ 16 จากปี พ.ศ. 2565 [2] การเติบโตของตลาดทำให้ผู้ผลิตน้ำอัดลมต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อรองรับความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยประสิทธิภาพของเครื่องจักร ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การผลิตดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิต

บริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องดื่มน้ำอัดลม มียอดการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด[3] การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตโดยการจัดการเครื่องจักรจึงเป็นเป้าหมายสำคัญของบริษัท โดยในสายการผลิต PET5 มีเครื่องบรรจุหีบห่อ 2 เครื่อง ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลและคำนวณเวลามาตรฐานของทั้ง 2 เครื่องจักรในปัจจุบัน[4-5] พบว่าระยะเวลาเปลี่ยนอะไหล่เฉลี่ย 90 นาทีต่อรอบ และประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 87.9 สำหรับเครื่องที่ 1 และ ระยะเวลาเปลี่ยนอะไหล่เฉลี่ย 60 นาทีต่อรอบ และประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 94.2 สำหรับเครื่องที่ 2 บริษัทมีเป้าหมายในการลดเวลาการเปลี่ยนอะไหล่ของเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 ลงร้อยละ 10 และเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 ลงร้อยละ 15

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดเวลาในการเปลี่ยนอะไหล่และปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุหีบห่อขวดน้ำอัดลมเพื่อการตอบสนองเป้าหมายของบริษัท

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษากระบวนการบรรจุหีบห่อ

แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)[6] และผังแสดงกระบวนการทำงาน (Flow Process Chart)[7-8] เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษากระบวนการบรรจุหีบห่อขวดน้ำอัดลม (Shrink Wrapping Machine) พบว่าในกระบวนการนี้มีเครื่องบรรจุหีบห่อ 2 เครื่อง สำหรับบรรจุขวดน้ำอัดลมขนาดใหญ่ ประกอบด้วยขนาด 1.25, 1.5 และ 1.6 ลิตร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะขนาดขวดสำหรับใช้กับเครื่องบรรจุหีบห่อ 1 และ 2

โดยเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 มีขั้นตอนการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ และการปรับตั้งเครื่องทั้งหมด 12 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การเตรียมชิ้นส่วนอะไหล่ เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดขวด และรูปแบบการห่อขวด จำเป็นต้องเตรียมชิ้นส่วนอะไหล่ที่

เหมาะสมกับขนาดขวดใหม่ (2) การปลดล็อกระบบจับยึด (Finger Part) เพื่อถอดชิ้นส่วนที่ใช้ยึดขวดเดิมออก และเตรียมติดตั้งชิ้นส่วนใหม่ (3) การถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หน้าเครื่อง ซึ่งมีจำนวน 5 ชิ้น เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงขนาดขวด (4) การถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หลังเครื่อง ซึ่งมีจำนวน 5 ชิ้น เช่นเดียวกับตัวจัดแบ่งขวดหน้าเครื่อง (5) การปรับระยะความสูงของชุดตรวจสอบขวดล้ม เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดขวดที่กำลังลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุหีบห่อ (6) การปรับระยะสายพานหน้าเครื่อง เพื่อให้ขวดสามารถลำเลียงได้อย่างราบรื่น และไม่เกิดการสะดุด (7) การปรับระยะชุดเป่าลมหน้าเครื่อง เพื่อให้ฟิล์มห่อหุ้มขวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (8) การปรับ

ระยะชุดเป่าลมหลังเครื่อง ซึ่งทำหน้าที่เดียวกันกับชุดเป่าลมหน้าเครื่อง (9) การปรับระยะชุดเป่าลมด้านหลังฝั่งจ่อพารามิเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เดียวกันกับการปรับระยะชุดเป่าลมในขั้นตอนที่ 7 และ 8 (10) การเปลี่ยนรอกนำฟิล์ม (Bar) เพื่อพาฟิล์มให้สามารถห่อหุ้มขวดได้ โดยอาศัยแรงดึงที่เหมาะสม (11) การเปลี่ยนขนาดฟิล์ม และอุปกรณ์ช่วยยึดฟิล์ม เพื่อรักษาความตึงของฟิล์มเมื่อถูกดึงออกจากม้วน (12) การสับคัตเตอร์แบ่งฟิล์มขึ้น เมื่อต้องเปลี่ยนรูปแบบการห่อจาก 4 ขวด เป็น 12 ขวด บทความวิจัยนี้ได้เลือกขั้นตอนในการปรับปรุงทั้งหมด 7 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 3-9 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 และขั้นตอนที่ทำการปรับปรุง

ในส่วนของเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 มีขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง 5 ขั้นตอนดังนี้ (1) การโหลดโปรแกรมการทำงานในระบบพารามิเตอร์ เพื่อตั้งค่าขนาดขวดที่จะทำการบรรจุหีบห่อให้ถูกต้องตามที่กำหนด (2) การปรับระยะสเกลของตัวจัดขวด (Guide) บริเวณทางเข้า เพื่อให้ขวดสามารถเข้าสู่กระบวนการห่อขวดได้ (3) การปรับระยะช่องทางเดินขวดบริเวณหน้าและหลังเครื่อง เพื่อให้ขวดสามารถลำเลียงเข้าเครื่องได้โดยไม่เกิด

การติดขัด (4) การปรับเซ็นเซอร์ตรวจสอบขวดล้ม เพื่อป้องกันไม่ให้ขวดเกิดการล้มระหว่างกระบวนการลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุหีบห่อ (5) การปรับระยะตัวจัดขวด (Guide) บริเวณช่องประกอบขวด เพื่อปรับความกว้างของช่องทางเดินขวดให้เหมาะสมกับขนาดขวดที่ต้องการบรรจุ บทความวิจัยนี้ได้เลือกขั้นตอนในการปรับปรุง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 3 และ 5 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 และขั้นตอนที่ทำการปรับปรุง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้น และเลือกขั้นตอนที่จะปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ทำการเก็บข้อมูลหน้างาน เป็นเวลา 1 เดือน โดยสังเกตขั้นตอนที่เกิดการสูญเสียเวลาในกระบวนการบรรจุหีบห่อ ร่วมกับเก็บข้อมูลการสูญเสียย้อนหลัง ตั้งแต่เดือน ก.พ - ส.ค 2567 ดังตารางที่ 1 และทำการเก็บข้อมูลจากการสังเกตขั้นตอนการเปลี่ยนอะไหล่ จับเวลาการเปลี่ยนอะไหล่ สังเกตการทำงานของเครื่องบรรจุหีบห่อ 1 และการปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุหีบห่อ 2

2.1 เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1

การดำเนินงานสำหรับการเปลี่ยนอะไหล่ในเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 ถูกแยกออกเป็น 12 ขั้นตอน โดยแต่ละกิจกรรมมีลักษณะการดำเนินงาน และเวลาที่ใช้ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนที่สามารถปรับปรุงโดยการระดมสมองระหว่างผู้วิจัย และพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง พบว่าทั้ง 7 ขั้นตอนนี้ เกิดการสูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร โดยลำดับที่ 3-9 มีรายละเอียดกระบวนการทำงานดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลเวลาที่สูญเสียในกระบวนการบรรจุหีบห่อขวดน้ำอัดลม เดือน ก.พ - ส.ค พ.ศ. 2567

เดือน	ระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร(นาที/ครั้ง)					จำนวนที่สูญเสีย (ครั้ง/เดือน)	เวลาที่สูญเสีย (นาที/เดือน)
	1	2	3	4	5		
ก.พ.	37	120	120	40		4	317
มี.ค.	90	100	60	30		4	280
เม.ย.	45	120	40	32	10	5	247
พ.ค.	60	56	50			3	166
มิ.ย.	30	120	50	34		4	234
ก.ค.	30	30	60	40		4	160
ส.ค.	60	50	67			3	177

ตารางที่ 2 เก็บข้อมูลขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในกระบวนการเปลี่ยนอะไหล่ เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1

ขั้นตอน	กิจกรรม	พนักงาน (คน)	เวลา (นาที)
1	เตรียมอะไหล่และอุปกรณ์	1	*
2	ปลดล๊อคระบบจับยึด (Finger Parts) ในเครื่องพารามิเตอร์	1	10
3**	ถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หน้าเครื่อง	1	10
4**	ถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หลังเครื่อง	1	10
5**	ปรับระยะความสูงชุดตรวจสอบขวดล้ม	1	10
6**	ปรับระยะสายพานหน้าเครื่อง	1	5
7**	ปรับระยะชุดเป่าลมหน้าเครื่อง	1	10
8**	ปรับระยะชุดเป่าลมหลังเครื่อง	1	10
9**	ปรับระยะชุดเป่าลมด้านหน้าฝั่งจอพารามิเตอร์	1	5
10	เปลี่ยนราว (Bar) พาฟิล์ม เป็นราวคู่	1	5
11	เปลี่ยนขนาดฟิล์ม และอุปกรณ์ช่วยยึดฟิล์ม	1	10
12	สับคัตเตอร์แบ่งฟิล์มขึ้น	1	5
รวม			90 นาที

หมายเหตุ 1. * คือ ทำขณะเครื่องจักรทำงาน โดยไม่นับรวมเวลาที่เครื่องจักรหยุด

2. ** คือ ขั้นตอนที่เลือกมาทำการปรับปรุง

ตารางที่ 3 รายละเอียดกระบวนการทำงานของขั้นตอนที่เกิดการสูญเสียเวลาเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1

ขั้นตอน	รายละเอียดกระบวนการ	รายละเอียดการทำงาน
3	ถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หน้าเครื่อง	การถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หน้าเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 เป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ที่หน้าเครื่องจักร เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของหีบบรรจุขวด เช่น เปลี่ยนจากหีบบรรจุ 4 ขวด เป็น 12 ขวด
4	ถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หลังเครื่อง	ขั้นตอนที่ 4 เป็นการถอดตัวจัดแบ่งขวด (Guide) หลังเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่แบบเดียวกับขั้นตอนที่ 3
5	ปรับระยะความสูงชุดตรวจสอบขวดล้ม	การปรับระยะความสูงชุดตรวจสอบขวดล้มบรรจุหีบห่อที่ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดขวด ต้องใช้ไม้บรรทัดในการวัดระยะความสูงของเสาเซ็นเซอร์ เพื่อให้มีความสูงเท่ากับขนาดขวด
6	ปรับระยะสายพานหน้าเครื่อง	การปรับระยะสายพานหน้าเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 เป็นการหมุนปรับทีละตัว ซึ่งกระบวนการดังกล่าวขาดการอ้างอิงค่ามาตรฐานที่ชัดเจน ส่งผลให้เกิดความซับซ้อนและความยุ่งยากในการปรับตั้งค่าที่เหมาะสม
7	ปรับระยะชุดเป่าลมหน้าเครื่อง	การปรับระยะของชุดเป่าลมหลังเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 เป็นการหมุนทีละตัว จากเดิมมีการกำหนดค่ามาตรฐานไว้ ณ บริเวณใกล้เคียง เนื่องด้วยระยะเวลาที่ผ่านไปนาน ทำให้ค่ามาตรฐานเกิดการเปลี่ยนแปลง และยังไม่ได้รับการแก้ไขหรือปรับปรุงให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน
8	ปรับระยะชุดเป่าลมหลังเครื่อง	ในขั้นตอนนี้ มีลักษณะการปรับระยะชุดเป่าลมแบบเดียวกับ ขั้นตอนที่ 7 และเกิดปัญหาเดียวกัน
9	ปรับระยะชุดเป่าลมด้านหน้าฝั่งจอพารามิเตอร์	การปรับระยะชุดเป่าลมด้านหน้าจอพารามิเตอร์มีลักษณะการปรับ และปัญหาเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 7 และ 8

2.2 เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2

การดำเนินงานสำหรับการปรับตั้งเครื่อง

บรรจุหีบห่อที่ 2 ถูกแยกออกเป็น 5 ขั้นตอน โดย

แต่ละกิจกรรมมีลักษณะการดำเนินงาน และเวลาที่ใช้อย่างตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขั้นตอนและเวลาในกระบวนการปรับตั้งเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2

ขั้นตอน	กิจกรรม	พนักงาน (คน)	เวลา (นาที)
1	โหลดโปรแกรม	1	5
2	ปรับระยะตัวจัดขวด (Guide) ทางเข้า	1	10
3*	ปรับระยะช่องทางเดินขวดหน้าและหลังเครื่อง	1	15
4	ปรับเซ็นเซอร์ตรวจสอบขวดล้ม	1	15
5*	ปรับระยะตัวจัดขวด (Guide) ช่องประกอบขวด	1	15
รวม			60 นาที

หมายเหตุ 1. * คือ ขั้นตอนที่เลือกมาทำการปรับปรุง

จากตารางที่ 4 ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนที่สามารถปรับปรุงโดยการระดมสมองระหว่างผู้วิจัย และพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง พบว่าทั้ง 2

ขั้นตอนนี้ เกิดการสูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร โดยขั้นตอนที่ 3 และ 5 มีรายละเอียดกระบวนการทำงานดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายละเอียดกระบวนการทำงานของขั้นตอนที่เกิดการสูญเสียเวลาเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2

ขั้นตอน	รายละเอียดกระบวนการ	รายละเอียดการทำงาน
3	ปรับระยะช่องทางเดินขวด หน้า และหลังเครื่อง	การปรับระยะช่องทางเดินขวดทั้งบริเวณด้านหน้า และด้านหลังเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 เนื่องจากบางตำแหน่งของขั้นตอนมีการปรับตั้ง ไม่มีเครื่องหมายแสดงตำแหน่งที่ชัดเจน
5	ปรับระยะตัวจัดขวด (Guide) ช่องประกอบขวด	การปรับระยะตัวจัดขวด (Guide) ช่องประกอบขวด เป็นการปรับระยะช่องทางให้ขวดสามารถเลื่อนเข้าไปยังขั้นตอนห่อฟิล์ม วิธีเดิมเป็นการใช้ไม้บรรทัด และการนำขวดมาวางเรียงกันเพื่อวัดระยะความกว้างของช่อง

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

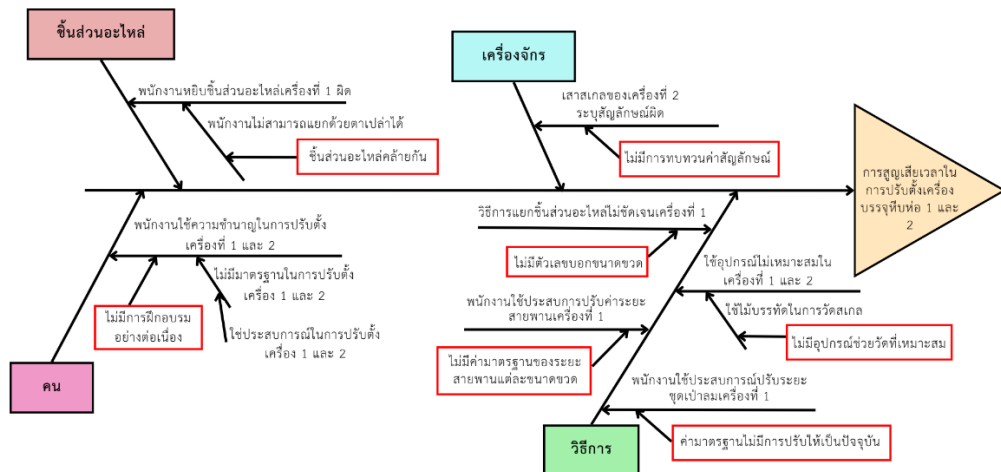
ขั้นตอนนี้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดการสูญเสียเวลาในการเปลี่ยนอะไหล่และปรับตั้งค่าเครื่องจักรของทั้ง 2 เครื่อง โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Why - Why Analysis [9-10] และแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) [11] ผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุที่แท้จริงเกิดจาก ชิ้นส่วนอะไหล่ เครื่องจักร คน และวิธีการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ และแสดงดังรูปที่ 4

1) ชิ้นส่วนอะไหล่ พบว่าเกิดจากชิ้นส่วนอะไหล่คล้ายกัน

2) เครื่องจักร พบว่า ขาดการทบทวนค่าสัญลักษณ์

3) คน พบว่าขาดการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง

4) วิธีการ พบว่า เครื่องบรรจุ 1 ไม่มีตัวเลขบอกขนาดขวด ไม่มีค่ามาตรฐานของระยะสายพานแต่ละขนาดขวด และค่ามาตรฐานไม่มีการปรับให้เป็นค่าปัจจุบัน ส่วนไม่มีอุปกรณ์ช่วยวัดที่เหมาะสมเกิดขึ้นทั้งเครื่องบรรจุ 1 และ 2



รูปที่ 4 แสดงแผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุที่แท้จริง

4. การดำเนินการปรับปรุง

การปรับปรุงการสูญเสียเวลาในการเปลี่ยนอะไหล่ และปรับตั้งเครื่องบรรจุหีบห่อทั้ง 2 เครื่อง โดยการประยุกต์ใช้หลักการ Visual Control[12] และ One Point Lesson: OPL [13] ร่วมกับ LERT Tools เช่น ค่ามาตรฐาน (Centerline: CL)[14-15] เพื่อมาทำการปรับปรุง กระบวนการดังนี้

4.1 เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1

4.1.1 การจัดทำสัญลักษณ์บนชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อแยกขนาดของขวด และห่อขวดในขั้นตอนที่ 3 และ 4

4.1.2 การออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยการปรับความสูงของเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบขวดล้ม โดยใช้การควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) ร่วมกับการกำหนดค่าตำแหน่งมาตรฐาน (Centerline) ของแต่ละขนาดของขวด และทำการจัดอบรมแบบ OPL เพื่อให้พนักงานหน้าเครื่องเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์เสริมในขั้นตอนที่ 5

4.1.3 การจัดทำมาตรฐานการปรับระยะสายพานในขั้นตอนที่ 6 เป็นการนำค่ามาตรฐานมาติดไว้ ณ บริเวณที่มีการปรับเครื่อง

4.1.4 การปรับระยะชุดแป้น

ในขั้นตอนที่ 7-9 เป็นการจัดทำมาตรฐานมาติดไว้บริเวณที่มีการปรับเครื่อง

4.2 เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2

4.2.1 ทำการทบทวนสัญลักษณ์ที่ใช้ในการปรับระยะช่องทางเดินขวด หน้า และหลังเครื่องของขั้นตอนที่ 3 และระบุสัญลักษณ์ที่ตรงกับการทำงานปัจจุบัน

4.2.2 ปรับระยะตัวจัดขวด (Guide) ช่องประกอบขวด เป็นการออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับการวัดในขั้นตอนที่ 5

ผลการวิจัย

1. เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1

1.1 การปรับปรุงสัญลักษณ์บนชิ้นส่วนอะไหล่

ชิ้นส่วนอะไหล่ บางชิ้นมีการติดสติ๊กเกอร์ที่มีตัวเลข และสี เพื่อใช้ในการจำแนก อย่างไรก็ตาม สัญลักษณ์ดังกล่าวเกิดการชำรุดเมื่อเวลาผ่านไป ส่งผลให้การมองเห็นยากขึ้น จึงเกิดการหยิบผิด ทำให้เสียเวลาใน

การเปลี่ยนอะไหล่ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุง โดยการออกแบบระบบการติดตั้งเกียร์ใหม่ ที่ระบุขนาด ห่อ และสีของขวด ดังตารางที่ 6 การปรับปรุงนี้ช่วยให้สามารถจัดกลุ่มอะไหล่ได้อย่างเป็นระบบ เพิ่มความสะดวกในการค้นหา และหยิบใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 6 การแยก สี ขนาด และห่อของขวด

1.25L: P6
1.25L: P12
1.5L: P4
1.5L: P12
1.6L: P6
1.6L: P12

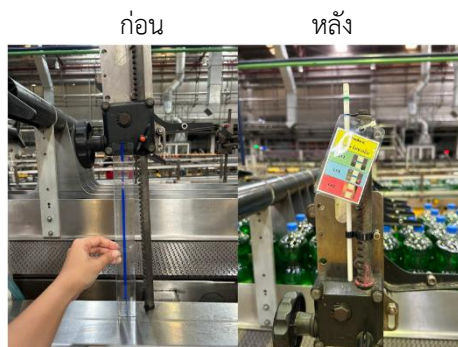


รูปที่ 5 ชิ้นส่วนอะไหล่ก่อนและหลังการปรับปรุง

1.2 การออกแบบอุปกรณ์เสริมการปรับความสูงของเซ็นเซอร์เช็คขวดล้ม

จากวิธีเดิมเป็นการใช้ไม้บรรทัดในการวัดค่าความสูงของเสา จากพื้นถึงกล่องเซ็นเซอร์ ใช้เวลาในการปรับอยู่ที่ 10 นาที ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบอุปกรณ์เสริม เพื่อลดเวลาในการปรับ และง่ายต่อการใช้งาน โดยจัดทำการควบคุมด้วย

การมองเห็น และทำการกำหนดมาตรฐานแทบสีของแต่ละขนาดขวด พร้อมจัดทำอบรมแบบ OPL ให้แก่พนักงานหน้าควบคุมเครื่อง เพื่อให้พนักงานเข้าใจการใช้งานของตัวอุปกรณ์เสริม ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การปรับตั้งเซ็นเซอร์เช็คขวดล้ม

1.3 การจัดทำมาตรฐานการปรับระยะ

สายพาน

จัดทำมาตรฐานการปรับระยะสายพาน โดยการบันทึกค่าการปรับตั้งในแบบฟอร์มตรวจสอบ เพื่อวิเคราะห์หาค่าที่ใช้งานบ่อยที่สุดและกำหนดเป็นค่ามาตรฐาน สำหรับการปรับ ทั้งนี้ แบบฟอร์มยังคงถูกจัดเก็บในพื้นที่หน้างานเพื่อให้พนักงานอ้างอิง และตรวจสอบได้สะดวก โดยทำการติดตั้งค่ามาตรฐานไว้ ณ จุดที่มีการปรับตั้ง ดังรูปที่ 7

1.4 การจัดทำมาตรฐานการปรับระยะ

ชุดเป่าลม

การจัดทำมาตรฐานการปรับระยะชุดเป่าลม เป็นการปรับปรุงแบบเดียวกับการปรับระยะสายพาน โดยการบันทึกค่าการปรับตั้งในแบบฟอร์ม และทำการติดตั้งค่ามาตรฐานไว้ ณ จุดที่มีการปรับตั้ง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 การติดค่ามาตรฐานการปรับระยะสายพาน



รูปที่ 8 แสดงการติดตั้งค่ามาตรฐานบริเวณที่มีการปรับตั้งระยะสายพาน

2. เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2

2.1 การจัดทำสัญลักษณ์ตำแหน่งการปรับระยะช่องทางเดินขวดหน้า และหลังเครื่อง

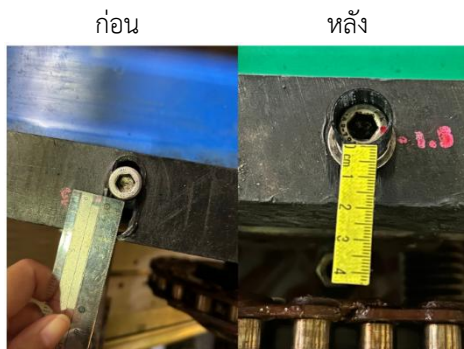
เพื่อแก้ไขปัญหาในการจุดที่มีการปรับ โดยดำเนินการจัดทำสัญลักษณ์ ณ บริเวณที่มีการปรับ โดยจากเดิมบางจุดมีตัวเลขกำกับที่ชัดเจน แต่บางจุดใช้เพียงการทำสัญลักษณ์ด้วยปากกาสี ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป สีดังกล่าวเริ่มจางลง และยากต่อการมองเห็น จึงได้ปรับปรุงโดยใช้สัญลักษณ์ตัวเลข และสีที่มองเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อช่วยให้พนักงานสามารถระบุจุดปรับตั้งได้รวดเร็ว และลดเวลาที่ใช้ในการ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงสัญลักษณ์ตามจุดการปรับระยะช่องทางเดินขวด

2.2 การออกแบบอุปกรณ์เสริมที่เหมาะสมต่อการวัดช่องประกอบขวด

ปัญหาการสูญเสียเวลาในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร (Adjust Guide) เกิดจากการใช้อุปกรณ์วัดที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้กระบวนการล่าช้า ได้แก้ไขโดยการออกแบบอุปกรณ์เสริม แทนการใช้ไม้บรรทัดในการวัดระยะช่องประกอบขวด เพื่อลดความคลาดเคลื่อน และเพิ่มความสะดวกในการปรับตั้ง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงการวัดระยะช่องประกอบขวด

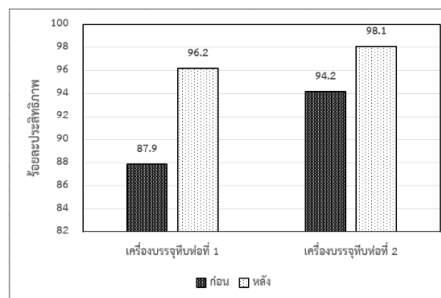
สรุปและอภิปรายผล

จากการปรับปรุงสรุปได้ว่าการลดเวลาการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ และการปรับตั้งเครื่องส่งผลให้การดำเนินงานมีความต่อเนื่อง โดยเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 สามารถลดเวลาลงได้ 14 นาทีต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 15.50 บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ร้อยละ 10.00 ในขณะที่เครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องลงได้ 12 นาทีต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 20 บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ร้อยละ 15 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบเวลาก่อนและหลังปรับปรุงกับเป้าหมาย

เครื่อง บรรจุ หีบห่อ	เวลา (นาทีต่อครั้ง)			ปรับปรุง (ร้อยละ)
	ก่อน	หลัง	ลดลง	
1	90	76	14	15.5
2	60	48	12	20

จากการวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรพบว่าเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 1 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 87.9 เป็นร้อยละ 96.2 และเครื่องบรรจุหีบห่อที่ 2 ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 94.2 เป็นร้อยละ 98.1 ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องบรรจุหีบห่อ 1 และ 2 ก่อนและหลังปรับปรุง

การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพส่งผลโดยตรงต่อการผลิตสามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการขายได้ 5,832,000.00 บาทต่อปี และสามารถประยุกต์ใช้แนวทางการปรับปรุงนี้ในสายการผลิตขวดน้ำอัดลมขนาดเล็กได้ ซึ่งการประยุกต์ใช้การควบคุมด้วยการมองเห็น ร่วมกับการตั้งค่าแนวศูนย์กลางสอดคล้องกับงานวิจัย[15]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาที่สนับสนุนข้อมูล เครื่องมือ อุปกรณ์และวัตถุดิบ ทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

References

- [1] S. Ingakitthi, "Beverage Manufacturing Business (1st ed.)." March. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.lhbank.co.th/getattachment/abce7f23-70e5-4363-a2b2-c7277c30e3c3/economic-analysis-Industry-Outlook-2024-Beverages-Manufacturing>

- [2] R. Somboon, “Exploring the Reasons Why Carbonated Soft Drinks Remain the Largest Beverage Market Segment (1st ed.).” October. 24, 2024. [Online]. Available:<https://www.brandage.com/article/40737>
- [3] ThaiNamthip, “*ThaiNamthip Corporation Limited (1st ed.)*.” October. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.thainamthip.co.th/>
- [4] Frederick Winslow Taylor, United States: Charles E. Nichols, 2004.
- [5] Frank B. and Lillian Gilbreth, New York: Sturgis & Walton Company, 1917.
- [6] A. Parvez, I. Parveen, M. I. Mahmud, and H. M. Cho, “Impact of 'Check Sheet' and 'Flow Chart' to Improve Quality and Efficiency of Finishing Unit in a Garment Industry,” in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dubai, UAE, pp. 145-150. Mar. 2020.
- [7] R. M. Barnes, “*Motion and Time Study: Design and Measurement of Work, 7th ed.*” New York, NY, USA: Wiley, 1991.
- [8] M. A. Pollak et al., “Optimizing process flow diagrams to guide implementation of a behavioral weight loss intervention in primary care,” *Translational Behavioral Medicine*, vol. 11, no. 3, pp. 642–651. Jun. 2021.
- [9] D. Wheeler, *Beyond the Five Whys: Root Cause Analysis and Systems Thinking*. Wiley, 2023.
- [10] T. Ohno, “A Plan-Do-Check-Act Based Process Improvement Intervention for Reducing Setup Time,” *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 14, pp. 4321-4333. July. 2020.
- [11] O. Roderich, *5 Whys: The Effective Root Cause Analysis*. Independently published, 2021.
- [12] C. A. Ortiz and M. Park, *Visual Controls: Applying Visual Management to the Factory*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010.
- [13] D. K. dos Santos, R. A. da Silva, and F. A. Forcellini, “A3 Methodology: Going Beyond Process Improvement,” *Independent Journal of Management & Production*, Apr. 2022, vol. 13, no. 2, pp. 389-406.
- [14] J. P. Womack and D. T. Jones, “A validation model to reduce non-contributory time based on Lean Manufacturing tools,” *Cogent Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 1-15. 2023.
- [15] K. Dolpanya, “Reduced Bottle-Filling Machine Setup Time Waste Using Single-Minute Exchange of Die (SMED),” *Journal of Professional Routine to Research*, vol. 11, pp. 29-39. January-June. 2024.

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของระบบการตรวจจับวัตถุ: กรณีศึกษาการตรวจจับรอยตำหนิบนตัวถังรถยนต์จำลองหลังการพ่นสี

อนันตา สินไชย¹, ทรงวุฒิ พานิชย์², สุทธิดา ยอดอาษา³

¹คณะเทคโนโลยีวิศวกรรมบูรณาการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^{2, 3}วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email: ananta.sin@kmitl.ac.th¹

Received: Mar 18, 2025

Revised: Apr 21, 2025

Accepted: May 02, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส ในการตรวจจับรอยตำหนิบนพื้นผิวตัวถังรถยนต์หลังการพ่นสี โดยรอยตำหนิที่ใช้ในการศึกษาอ้างอิงจากลักษณะที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการผลิต และจำลองขึ้นในระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 75 ชิ้น จากนั้นถ่ายภาพทั้ง 75 ชิ้น และปรับเปลี่ยนรูปร่างหรือการจัดวางเพื่อเพิ่มจำนวนภาพเป็น 150 ภาพ ภาพทั้งหมดถูกทำป้ายกำกับและนำมาใช้สำหรับการฝึกสอนและทดสอบแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยของความเที่ยง ที่ 0.886 นอกจากนี้ การศึกษานี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ โยโลรุ่นสิบสองเอส กับ โยโลรุ่นห้าเอส และซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ซอฟต์แวร์ซีรา และซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิชชั่น การประเมินผลดำเนินการภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยใช้ตัวชี้วัดความแม่นยำ ความเที่ยง ความสามารถในการตอบถูก และ F1-score ผลการทดลองพบว่า โยโลรุ่นสิบสองเอส ให้ค่าความสามารถในการตอบถูก สูงสุดที่ร้อยละ 95.2 และค่า F1-score ที่ร้อยละ 88.9 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดในกลุ่มโอเพ่นซอร์ส และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์ซีรา ขณะที่ ซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิชชั่น แสดงประสิทธิภาพโดยรวมที่น่าสนใจ ด้วยค่า F1-score เท่ากับร้อยละ 95.8 อย่างไรก็ตาม แบบจำลองทั้งหมดยังมีข้อจำกัดในการตรวจจับรอยตำหนิที่มีขนาดเล็กหรือถูกบดบังด้วยชิ้นสีเคลือบและสีไม่สม่ำเสมอ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า โยโลรุ่นสิบสองเอส มีศักยภาพในการเป็นทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบรอยตำหนิบนพื้นผิวตัวถัง และควรมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อรองรับการใช้แบบเวลาจริงในสายการผลิต

คำสำคัญ : การเรียนรู้เชิงลึก, โยโล, การวิเคราะห์ภาพ, การตรวจจับรอยตำหนิ, การตรวจสอบผิวตัวถัง

A Comparative Study of Object Detection Systems: A Case Study on Detecting Surface Defects on Simulated Automotive Bodies after Spray Painting

Ananta Sinchai¹, Songwut Phanit², Suttida Yod-asa³

¹School of Integrated Innovative Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

^{2,3}College of Advanced Manufacturing Innovation, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Email: ananta.sin@kmitl.ac.th

Received: Mar 18, 2025

Revised: Apr 21, 2025

Accepted: May 02, 2025

Abstract

This study evaluates the performance of the YOLOv12s model for detecting defects on automotive body surfaces after painting. The defects were based on real production process characteristics and simulated in the lab with 75 pieces, which were photographed and modified to create 150 images for training and testing the model. YOLOv12s achieved an average precision of 0.886. The study also compares YOLOv12s with YOLOv5s and commercial deep learning software like CiRA and Zebra Aurora Vision. The evaluation used precision, recall, accuracy, and F1-score as metrics. YOLOv12s had the highest recall rate of 95.2% and an F1-score of 88.9%, outperforming open-source alternatives and showing performance comparably to CiRA. Zebra Aurora Vision, however, demonstrated an interesting overall performance, with an F1-score of 95.8%. All models showed limitations in detecting small defects or those obscured by the coating or uneven paint. The study concludes that YOLOv12s has strong potential as a cost-effective, efficient alternative for body surface defect detection, with further development needed for real-time production line use.

Keywords : Deep learning, YOLO, Image analysis, Defect detection, Body surface inspection

บทนำ

การตรวจจบบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนผิวตัวถังรถยนต์ในกระบวนการผลิตยานยนต์มีบทบาทสำคัญในการรักษามาตรฐานการผลิตให้มีคุณภาพสูง และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการ การตรวจจบบรอยตำหนิเช่น รอยขีดหรือความไม่สม่ำเสมอของสีบนผิวตัวถังของรถยนต์นั้นถือเป็นความท้าทายที่สำคัญ เนื่องจากมีความแตกต่างของสีที่เล็กน้อยและละเอียด ทำให้การตรวจจับเป็นไปได้อย่างยากและมีความแม่นยำน้อย หนึ่งในกระบวนการนี้ต้องอาศัยบุคคลที่มีความสามารถในการสังเกตอย่างแม่นยำเพื่อตรวจจบบรอยตำหนิ อย่างไรก็ตาม การเพ่งมองเป็นเวลานานทำให้เกิดความเหนื่อยล้า ซึ่งอาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดได้ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาข้อจำกัดของการตรวจจับโดยบุคคล การใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision: CV) ได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจจบบรอยตำหนิ ซึ่งไม่เพียงช่วยลดข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบด้วยมนุษย์ แต่ยังเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพได้ดียิ่งขึ้น

การนำการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้ในการตรวจจบบรอยตำหนิช่วยพัฒนากระบวนการตรวจสอบในหลากหลายอุตสาหกรรม ไม่จำกัดเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ [1] หนึ่งในเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกที่สำคัญคือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNNs) ซึ่งเทคนิคนี้ได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกรอยตำหนิ เช่น รอยขีดข่วน หรือรอยต่างของสีบนผิวตัวถังรถยนต์ ได้อย่างแม่นยำ [2, 3, 4]

ถึงแม้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสามารถจำแนกรอยตำหนิได้ดี แต่เพื่อให้การจำแนกและการตรวจจบบรอยตำหนิดียิ่งขึ้น จึงได้มีการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมแบบ

MobileNet-V2 และ ResNet34 ซึ่งพบว่ามีความแม่นยำสูงกว่าร้อยละ 94 [5] อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การประมวลผลรวดเร็วขึ้นและยังคงรักษาประสิทธิภาพไว้ จึงได้มีการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้อัลกอริทึมที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Algorithms) หรืออัลกอริทึมที่ใช้ทรัพยากรน้อย เช่น MobileNet-SSD และ TinyDefectNet แม้อัลกอริทึมเหล่านี้จะใช้ทรัพยากรน้อย แต่ยังคงสามารถตรวจจบบรอยตำหนิขนาดเล็กและความไม่สม่ำเสมอของสีที่ละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับการตรวจสอบด้วยบุคคล [6, 7] นอกจากนี้ โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทรัพยากรน้อย ร่วมกับระบบการเก็บภาพเฉพาะทาง ยังช่วยให้สามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพในสายการผลิต [8]

ถึงแม้เทคนิคการแบ่งส่วนภาพในปัจจุบันสามารถระบุรอยขีดข่วนขนาดเล็กบนพื้นผิวที่สะท้อนแสงหรือมีลวดลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้ระบบการเรียนรู้เชิงลึก เช่น โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ResNet50 หรือ โยโลรุ่นเจ็ด สามารถตรวจจบบรอยขีดข่วนและสิ่งแทรกบนพื้นผิวโลหะ รวมถึงการตรวจจบบรอยตำหนิบนพื้นผิวที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถให้ได้ค่าความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 97 [9, 10] นอกจากนี้แล้ว โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่ผสมการแปลงแบบเวฟเลต (Wavelets) และกลไกความสนใจ (Attention Mechanism) ยังช่วยให้สามารถตรวจจบบรอยตำหนิในสภาพแวดล้อมที่การมองเห็นยากแยะหรือขอบไม่ชัดเจนได้ดียิ่งขึ้น [11, 12]

การใช้การเรียนรู้เชิงลึกมีศักยภาพสูงในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม แต่ยังคงมีปัญหาในด้านการปรับใช้งานในเวลาจริง (Real-time) เนื่องจากการพึ่งพาชุดข้อมูลที่มีการทำป้าย (Labelling) กำกับจำนวนมาก และการตรวจจับ

รอยดำหนที่มีสีไม่สม่ำเสมอ เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ การใช้เทคโนโลยีการถ่ายภาพที่มีความละเอียดสูง การเรียนรู้แบบถ่ายโอน (Transfer Learning: TL) และสถาปัตยกรรมที่ประหยัดพลังงานได้รับการสำรวจเพื่อนำมาปรับใช้ [1]

แม้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกแบบ MobileNet-V2 ResNet34 MobileNet-SSD TinyDefectNet ResNet50 หรือ โยโลรุ่นเจ็ด ข้างต้นให้ความแม่นยำสูง แต่โครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกเหล่านี้ยังคงใช้สถาปัตยกรรมแบบคอนโวลูชันซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้งานในเวลาจริง อย่างไรก็ตาม โยโลรุ่นห้าเอส สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเวลาจริงได้ แม้จะใช้สถาปัตยกรรมแบบคอนโวลูชัน [13] แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำ [14]

เพื่อแก้ไขปัญหานำไปใช้งานในเวลาจริง พร้อมกับการรักษาความแม่นยำ โยโลรุ่นสิบสองเอสได้มีการพัฒนามาอย่างมีนัยสำคัญในตระกูลโยโล โดยการเปลี่ยนแปลงจากสถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันแบบดั้งเดิมไปสู่การออกแบบที่เน้นการใช้กลไกความสนใจ การเปลี่ยนแปลงนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มทั้งความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุแบบเวลาจริง [15]

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ โยโลรุ่นสิบสองเอส ในการตรวจจับรอยดำหนบนตัวถังรถยนต์หลังการพ่นสี กับโยโลรุ่นห้าเอส และ ซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ซอฟต์แวร์ซีร่า [16, 17] และ ซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชัน ก่อนหน้านี้นี้ คือ อะแดปทีฟวิชชันสตูดิโอ (Adaptive Vision Studio) [18, 19] เพื่อใช้เป็นฐานมาตรฐาน (Baselines) ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยซอฟต์แวร์ทั้งสองใช้ใบอนุญาตแบบนักศึกษา (Student License)

ทั้งนี้ ซอฟต์แวร์ซีร่า และ ซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชัน ไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในภาคอุตสาหกรรม แต่ยังถูกนำไปใช้ในทางการแพทย์ [20, 21] การเกษตร [22] และการศึกษา [23] เป็นต้น

ซอฟต์แวร์ซีร่าและซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชันเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึกในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ ซึ่งแตกต่างจากตระกูลโยโลที่เป็นโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ทำให้หลักการการทำงานของซอฟต์แวร์เหล่านี้ไม่ได้ถูกเปิดเผยอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ซอฟต์แวร์ซีร่ามีตัวบ่งชี้ในตัวซอฟต์แวร์ว่าใช้แบบจำลองตระกูลโยโลในการพัฒนาการตรวจจับและคัดแยก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบของรอยดำหนบนตัวถังรถยนต์หลังการพ่นสีและทำรอยดำหนบนตัวถังรถยนต์จำลองในระดับห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อนำ โยโลรุ่นสิบสองเอส มาใช้ในการตรวจจับรอยดำหนบนตัวถังรถยนต์ที่จำลองขึ้น โดยมุ่งเน้นการประเมินเฉพาะประสิทธิภาพในการตรวจจับเท่านั้น ทั้งนี้ ยังไม่ครอบคลุมถึงการพัฒนาให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติในเวลาจริง
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับของ โยโลรุ่นสิบสองเอส กับ โยโลรุ่นห้าเอส และซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ที่เลือกใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐาน โดยที่โยโลรุ่นห้าเอสเป็นพื้นฐานในการพัฒนารุ่นสิบสอง

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการในลักษณะของการทดลอง (Empirical Manner) โดยทำการจำลองรอยดำหนบนแผ่นโลหะแผ่นสี่เหลี่ยมมุมฉากซึ่งจัดเตรียมขึ้นให้เสมือนเป็นพื้นผิวของตัวถังรถยนต์ในระดับห้องปฏิบัติการ และนำแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส ซึ่งเป็นแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกประเภทการตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

มาใช้ในการตรวจจับภาพรอยตำหนิ โดยมุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในด้าน การตรวจจับเป็นหลัก พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับแบบจำลอง โยโลรุ่นห้าเอส และซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม

ภาพรวมของระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงถึงกระบวนการวิจัยตั้งแต่การเตรียมการ การประมวลผลข้อมูล การฝึกและทดสอบแบบจำลอง ไปจนถึงการประเมินประสิทธิภาพ โดยกระบวนการข้างต้นถูกแจกแจงรายละเอียดตามแต่ละขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการวิจัยที่เน้นการทดลองเชิงปริมาณ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่เป็นภาพถ่ายรอยตำหนิจำลอง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่เหมาะสม

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่มีลักษณะเชิงปริมาณ เนื่องจากมุ่งเน้นการใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับรอยตำหนิ โดยใช้ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ เช่น ค่าเฉลี่ยของความเที่ยง ความแม่นยำ และ F1-Score เป็นต้น ในการประเมินผล ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถวัดรวมทั้งเปรียบเทียบได้และน่าเชื่อถือ

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้คือ ภาพถ่ายของรอยตำหนิที่จำลองขึ้นบนแผ่นโลหะที่เตรียมขึ้นเพื่อจำลองเป็นพื้นผิวของตัวถังรถยนต์จำนวน

150 ภาพ โดยรอยตำหนิที่เกิดขึ้นจะถูกทำป้ายกำกับเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการฝึกและทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก ทั้งนี้ จำนวนตัวอย่าง 150 ภาพ ได้รับการกำหนดโดยพิจารณาจากความหลากหลายของประเภทและลักษณะของรอยตำหนิที่ต้องการครอบคลุม ตลอดจนข้อจำกัดด้านทรัพยากร งบประมาณ และเวลาในการจัดเตรียมข้อมูล การบริหารจัดการปริมาณข้อมูลและทรัพยากรอย่างเหมาะสมมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลและการเรียนรู้ของเครื่อง [24] รวมถึงแนวคิดในงานวิจัยด้านการเรียนรู้ของเครื่องที่ว่าเมื่อชุดข้อมูลมีความหลากหลายและครอบคลุมลักษณะสำคัญแล้ว การเพิ่มจำนวนข้อมูลเพิ่มเติมในปริมาณมากอาจไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ [25, 26] นอกจากนี้แล้ว งานวิจัยก่อนหน้านี้ในการประมวลผลภาพมักใช้จำนวนตัวอย่างในช่วงประมาณ 100–300 ภาพ สำหรับการฝึกและทดสอบแบบจำลองเช่นกัน [27]

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้กล้องถ่ายภาพความละเอียด 6 ล้านพิกเซล (HIKROBOT MV-CU060-10GC) และใช้เลนส์ขนาด 2/3 นิ้ว พร้อมรับแสงกว้างสุดที่ f1/4 เหมาะสำหรับการใช้งานในสภาวะแสงน้อย และให้ระยะชัดตื้นที่เหมาะสมสำหรับการแยกวัตถุจากพื้นหลัง สำหรับบันทึกรอยตำหนิบนแผ่นโลหะ ร่วมกับแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส และ โยโลรุ่นห้าเอส ผ่านกูเกิลโคแล็บ (Google Colab) สำหรับการตรวจจับรอยตำหนิบนพื้นผิวโลหะ นอกจากนี้ ยังมีการใช้ซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ แก่ ซอฟต์แวร์ชีรา และซอฟต์แวร์ชีบร้าโอโรราวิชัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจจับรอยตำหนิ

สำหรับการใส่คำอธิบายประกอบข้อมูล (Data Annotation) และการกำกับป้ายข้อมูล ได้ใช้เครื่องมือโรโบฟลว์ (RoboFlow) สำหรับแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส และรุ่นห้าเอส ในขณะที่ ซอฟต์แวร์ซีร่า และซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชัน มีเครื่องมือสำหรับการใส่คำอธิบายประกอบข้อมูลภายในตัวโปรแกรม

ทั้งแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส โยโลรุ่นห้าเอสและซอฟต์แวร์ซีร่าใช้วิธีการ กำหนดกรอบวัตถุ (Bounding Box) ในการตรวจจับรอยดำหนิ ส่วน ซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชันใช้วิธีการ ติดป้ายกำกับในระดับพิกเซล (Pixel-level Labelling) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุรอยดำหนิ

สำหรับแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส และรุ่นห้าเอส รวมไปถึง ซอฟต์แวร์ซีร่า ใช้วิธีการ กำหนดกรอบวัตถุ ในขณะที่ซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชันใช้วิธีการติดป้ายกำกับในระดับพิกเซล

สำหรับการประเมินผลการทำงานของแบบจำลอง ใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ ตารางเมตริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ความแม่นยำ ความเที่ยง ความสามารถในการตอบถูก F1-Score และ ค่าเฉลี่ยของความเที่ยง เป็นต้น

4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

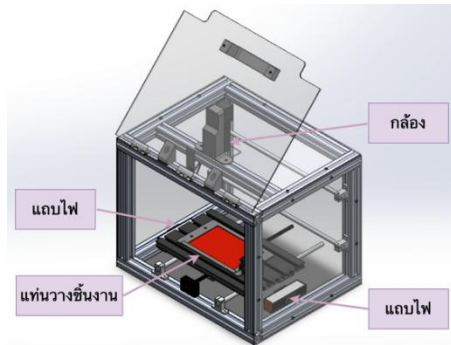
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย การสร้างรอยดำหนิเสมือนจริงบนพื้นผิวโลหะ การตั้งค่าสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพ การใส่คำอธิบายประกอบข้อมูลและการกำกับป้ายข้อมูล การฝึกแบบจำลองการตรวจจับรอยดำหนิ และการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การวิจัยเริ่มต้นด้วยการสร้างรอยดำหนิเสมือนจริงบนพื้นผิวโลหะแผ่นสี่เหลี่ยมมุมฉากขนาด ความกว้าง 213 มิลลิเมตร ความยาว 153 มิลลิเมตร และความหนา 1 มิลลิเมตร เพื่อเลียนแบบลักษณะของตัวถังรถยนต์ ลักษณะของ

รอยดำหนิที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองอ้างอิงจากข้อมูลจริงที่พบในกระบวนการผลิต ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์บุคลากรในโรงงานผลิตยานยนต์แห่งหนึ่งในประเทศไทย การสัมภาษณ์ดังกล่าว ดำเนินการโดยหนึ่งในทีมวิจัยระหว่างช่วงฝึกงานในสถานประกอบการนั้น โดยที่ข้อมูลรอยดำหนิที่จำลองขึ้นนี้ถูกนำไปใช้ในการฝึกแบบจำลองสำหรับตรวจจับรอยดำหนิ กระบวนการดังกล่าว รวมถึงการพ่นสีลงบนพื้นผิวโลหะด้วย ซึ่งเลือกใช้สีแบบสเปรย์ และผลลัพธ์ที่ได้คือสีแดง อย่างไรก็ตาม การสร้างรอยดำหนิจำลองนี้ทำในระดับห้องปฏิบัติการ

4.2 การทดลองนี้ได้ออกแบบและจัดเตรียมสภาพแวดล้อมสำหรับการถ่ายภาพรอยดำหนิบนชิ้นงานให้เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกแบบจำลองการตรวจจับรอยดำหนิ โดยติดตั้งกล้องพร้อมเลนส์ในตำแหน่งด้านบนเพื่อให้มุมมองตั้งฉากกับพื้นผิวของชิ้นงาน โดยมีระยะห่างระหว่างกล้องและชิ้นงานประมาณ 28 เซนติเมตร นอกจากนี้ ได้ติดตั้งแถบไฟ (Light Bar) ชนิดไดโอดเปล่งแสงได้ (Light-Emitting Diode: LED) สองชุดไว้ด้านข้างของแท่นวางชิ้นงาน เพื่อให้แสงส่องเฉียงตกกระทบบนพื้นผิว ช่วยเน้นลักษณะของรอยดำหนิที่มีความแตกต่างของแสงและเงาดังรูปที่ 2 โดยแถบไฟสามารถปรับความสว่างผ่านกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 8.4 แอมแปร์ และในการวิจัยนี้ปรับความสว่างที่ประมาณ 3.3 แอมแปร์

ทั้งนี้สภาพแวดล้อมทั้งหมดถูกควบคุมแสงจากการรบกวนจากภายนอก เพื่อให้ลดอิทธิพลจากแสงภายนอกและเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลภาพถ่ายที่ได้



รูปที่ 2 ชุดทดสอบสำหรับถ่ายภาพ

4.3 การทดลองในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยกระบวนการเก็บข้อมูลภาพถ่ายดำเนินการด้วยตนเอง กล่าวคือ ผู้วิจัยเป็นผู้วางชิ้นงานลงบนแท่นถ่ายภาพและดำเนินการถ่ายภาพในแต่ละช่วงเวลา รวมทั้งหมดจำนวน 75 ภาพ โดยภาพที่ถ่ายมามีขนาด ความกว้าง 640 พิกเซล และความยาว 640 พิกเซล จากนั้นได้นำภาพต้นฉบับไปผ่านกระบวนการปรับแต่งด้วยเทคนิคการหมุน (Rotation) และการพลิกกลับ (Flip) เพื่อสร้างภาพใหม่เพิ่มเติมอีก 75 ภาพ ส่งผลให้ได้ชุดข้อมูลภาพทั้งหมด 150 ภาพ สำหรับการฝึกและทดสอบแบบจำลอง โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด คือ ชุดฝึกสอน (Training set) จำนวน 120 ภาพ และชุดทดสอบ (Testing set) จำนวน 30 ภาพ ตามสัดส่วน 80 ต่อ 20 เพื่อใช้ในการประเมินแบบจำลองทั้ง 4 แบบตามที่กล่าวไว้ข้างต้น

4.4 การใส่คำอธิบายประกอบข้อมูลและการกำกับป้ายข้อมูลบนภาพตัวอย่าง การกำหนดชุดลักษณะ (Features) ถูกแบ่งเป็น 3 คลาส (Class) ในการทำป้ายกำกับ ได้แก่ “DT1” “SK” และ “good” โดยที่ “DT1” และ “SK” หมายถึงรอยตำหนิ อาจจะเป็นรอยขีดข่วนหรือบริเวณที่สีไม่สม่ำเสมอ และ “good” หมายถึงไม่มีรอยตำหนิ โดยการกำหนดลักษณะนั้นใช้วิธีการ

กำหนดกรอบวัตถุ และวิธีการติดป้ายกำกับในระดับพิกเซล ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.5 ขั้นตอนนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โยโลรุ่นสิบสองเอส และโยโลรุ่นห้าเอส ซึ่งเป็นแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกแบบโอเพ่นซอร์ส กับความสามารถในการตรวจจับวัตถุของซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ได้แก่ ซอฟต์แวร์ซีรา และซอฟต์แวร์ซีบร้าโอโรราวิชชัน โดยมุ่งเน้นเฉพาะฟังก์ชันการตรวจจับวัตถุ ไม่ได้เปรียบเทียบระบบของแพลตฟอร์มโดยรวม ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ทั้งสองรองรับการฝึกสอนและทดสอบแบบจำลองจากชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยจัดเตรียมขึ้นเอง จึงสามารถดำเนินการประเมินผลภายใต้เงื่อนไขที่เทียบเคียงกับการใช้งานแบบจำลองโยโลได้อย่างเหมาะสม การประเมินผลดำเนินการภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกัน รูปแบบการแบ่งข้อมูลชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ (Training/Testing Split) ที่เหมือนกัน และใช้เกณฑ์วัดผลเดียวกันเพื่อให้การเปรียบเทียบผลลัพธ์มีความเป็นธรรม

นอกจากนี้ การตั้งค่าการใช้งานของซอฟต์แวร์ซีรา และซอฟต์แวร์ซีบร้าโอโรราวิชชันนั้นได้ตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานให้ใกล้เคียงกับที่ใช้ในแบบจำลองโยโลมากที่สุดเท่าที่ซอฟต์แวร์อนุญาตให้ปรับแต่งได้ เนื่องจากไม่สามารถระบุคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ในกูเกิลคอลลैปได้อย่างชัดเจน การบันทึกและเปรียบเทียบระยะเวลาในการประมวลผลกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ซอฟต์แวร์ซีรา และซอฟต์แวร์ซีบร้าโอโรราวิชชันอาจไม่เท่าเทียมกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้ดำเนินการทดสอบระยะเวลาในการประมวลผล

4.6 การฝึกสอนและทดสอบสำหรับโยโลรุ่นสิบสองเอส และโยโลรุ่นห้าเอส ดำเนินการผ่านกูเกิลคอลลैป ในขณะที่ซอฟต์แวร์ซีราและซอฟต์แวร์ซีบร้าโอโรราวิชชันดำเนินการผ่าน

คอมพิวเตอร์โดยใช้การ์ดประมวลผลภาพ NVIDIA RTX 3050 GPU พร้อม RAM 16GB

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์การประเมินผลแบบจำลองจะใช้ตารางเมตริกซ์ความสับสนซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับ (Detection) โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่แบบจำลองทำนายกับค่าจริง ตัวชี้วัดหลักที่ใช้คือค่าตัวชี้วัด True Positive (TP) False Positive (FP) True Negative (TN) และ False Negative (FN) เป็นพื้นฐานในการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลในงานจำแนกประเภทแบบสองกลุ่ม โดยทั่วไปจะถูกนำเสนอในรูปแบบของตารางเมตริกซ์ความสับสน [28]

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการประเมินแบบจำลองในการตรวจจับรอยตำหนิ ได้แก่ ความแม่นยำ ความเที่ยง ความสามารถในการตอบถูก F1-Score และค่าเฉลี่ยของความเที่ยงซึ่งใช้ในการประเมินความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจจับรอยตำหนิจะถูกนำมาประเมินและเปรียบเทียบกับแบบจำลองโยโลรุ่นห้าเอส ซอฟต์แวร์ซีราและซอฟต์แวร์ซีบีร่าโอโรราวิชั่น เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโยโลรุ่นสิบสองเอส และศึกษาความเหมาะสมของแบบจำลองนี้สำหรับการประยุกต์ใช้งานในบริบทการใช้งานจริง

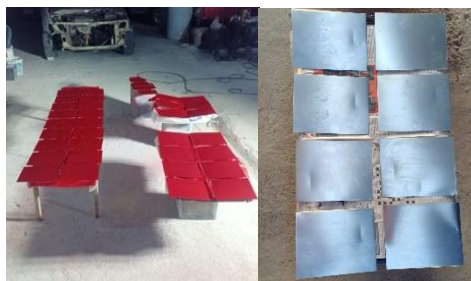
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้จะนำเสนอการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการตรวจจับรอยตำหนิบนตัวถังรถยนต์ โดยเริ่มจากการศึกษารูปแบบรอยตำหนิที่ได้จากการสัมภาษณ์ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อระเบียบวิธีวิจัย และการจำลองรอยตำหนิในห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบจะ

นำเสนอประสิทธิภาพการตรวจจับรอยตำหนิของโยโลรุ่นสิบสองเอส โดยใช้ตัวชี้วัดที่กล่าวไว้ในหัวข้อระเบียบวิธีวิจัยในการประเมินประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับระหว่าง โยโลรุ่นสิบสองเอส โยโลรุ่นห้าเอส และ ซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ โดยใช้ตัวชี้วัดเดียวกันเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการตรวจจับรอยตำหนิ

1. ผลการศึกษาการตรวจจับและจำลองรวมทั้งการทำป้ายกำกับ

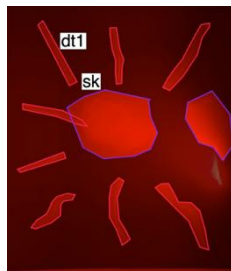
จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ได้มีการเตรียมเหล็กและตัดให้ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้ หลังจากนั้นทำการทำความสะอาดเพื่อขจัดฝุ่นและเศษวัสดุที่อาจตกค้างก่อนจะพ่นน้ำยาเคลือบป้องกันสนิม จากนั้นสร้างรอยตำหนิจำลอง และดำเนินการพ่นสีตามขั้นตอนสุดท้ายดังรูปที่ 3



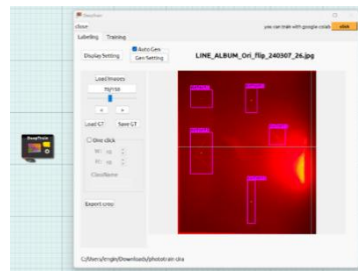
รูปที่ 3 การตัด ทำสี และจำลองรอยตำหนิ

เมื่อได้ชิ้นงานจำลองรอยตำหนิทั้งหมด 75 ชิ้นแล้ว จึงนำชิ้นงานทั้ง 75 ชิ้นไปถ่ายภาพในสภาพแวดล้อมที่กำหนดและใส่คำอธิบายประกอบข้อมูลพร้อมกับติดป้ายกำกับข้อมูลดังรูปที่ 4

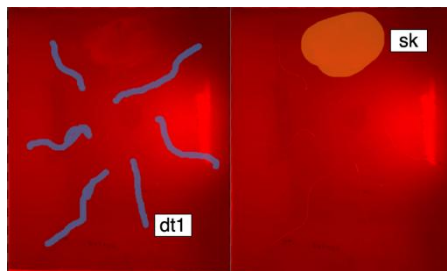
รูปที่ 4(ก) เป็นรูปตัวอย่างการทำป้ายกำกับสำหรับแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอส และโยโลรุ่นห้าเอส ในขณะที่ รูปที่ 4(ข) และ รูปที่ 4(ค) เป็นตัวอย่างการทำป้ายกำกับสำหรับซอฟต์แวร์ซีบีร่า และซอฟต์แวร์ซีบีร่าโอโรราวิชั่น ตามลำดับ



(ก) โยโลรุ่นสิบสองเอส และโยโลรุ่นห้าเอส



(ข) ซอฟต์แวร์ซีร่า



(ค) ซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชั่น

รูปที่ 4 ตัวอย่างการทำป้ายกำกับข้อมูล

2. ผลการตรวจจับรอยดำหนิด้วยโยโลรุ่นสิบสองเอส

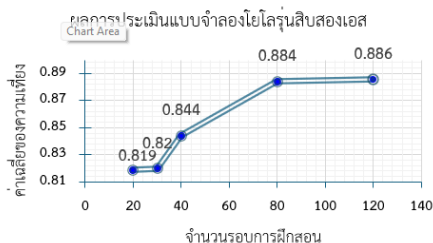
การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอส ดำเนินการภายใต้ 5 จำนวนรอบการฝึกสอน ได้แก่ 1) การฝึกสอนแบบจำลองจำนวน 20 รอบ 2) 30 รอบ 3) 40 รอบ 4) 80 รอบ และ 5) 120 รอบ โดยในทุกสภาวะกำหนดค่าแบตช์ไซส์ (Batch Size) เท่ากับ 8 และตั้งค่าขีดเริ่มในการทำนาย (Confidence Threshold) ไว้ที่ 50 รวมทั้งกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ที่ 0.01

ทั้งนี้ การกำหนดจำนวนรอบการฝึกและค่าแบตช์ไซส์ดังกล่าวเป็นผลมาจากข้อจำกัดของแพลตฟอร์มกูเกิลคอลลैป (รุ่นใช้งานฟรี) ซึ่งจำกัดเวลาใช้งานต่อเนื่องในแต่ละรอบการประมวลผล (Session Runtime) และมีการจัดสรรทรัพยากรระบบ เช่น การ์ดประมวลผลภาพ และหน่วยความจำการออกแบบการทดลองจึงยึดหลักการบริหาร

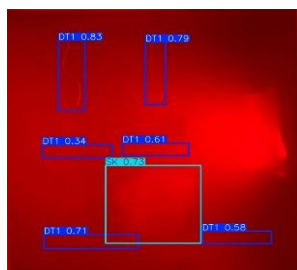
จัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยยังคงสามารถประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองได้อย่างเป็นระบบ

สำหรับผลการประเมินแบบจำลองในแต่ละสภาวะ รายงานในรูปของค่าเฉลี่ยของความเที่ยงซึ่งคำนวณจากผลการทำนายโดยรวมทั้งในชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลทดสอบดังรูปที่ 5 และตัวอย่างการตรวจจับรอยดำหนิด้วยแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอสดังรูปที่ 6

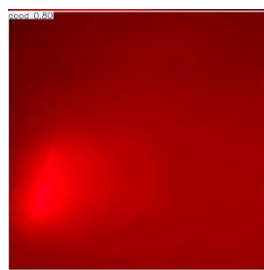
ประสิทธิภาพของแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอส ภายใต้จำนวนรอบการฝึกสอนที่แตกต่างกัน (20 รอบ 30 รอบ 40 รอบ 80 รอบ และ 120 รอบ) ดังรูปที่ 5 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของความเที่ยงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 0.819 ไปจนถึงค่าสูงสุดที่ 0.886 ที่ 120 รอบ อย่างไรก็ตาม ค่าความแม่นยำเฉลี่ยระหว่าง 80 และ 120 รอบเพิ่มขึ้นในอัตราที่ชะลอลง



รูปที่ 5 ผลการประเมินแบบจำลอง



(ก) การตรวจจับชิ้นงานที่มีรอยดำหนึบนพื้นผิว



(ข) การตรวจจับชิ้นงานที่ไม่มีรอยดำหนึบนพื้นผิว

รูปที่ 6 ตัวอย่างผลการตรวจจับรอยดำหนึด้วยแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอส

แบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอสแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการตรวจจับ โดยสามารถตรวจพบรอยดำหนึบนพื้นผิวได้อย่างถูกต้องในตัวอย่างภาพแรกดังรูปที่ 6 (ก) ขณะที่ในอีกกรณีหนึ่งดังรูปที่ 6 (ข) แบบจำลองสามารถจำแนกชิ้นงานที่ไม่มีรอยดำหนึได้อย่างแม่นยำ สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองในการแยกแยะระหว่างชิ้นงานที่มีดำหนึกับชิ้นงานที่ไม่มีดำหนึได้อย่างมีประสิทธิภาพ

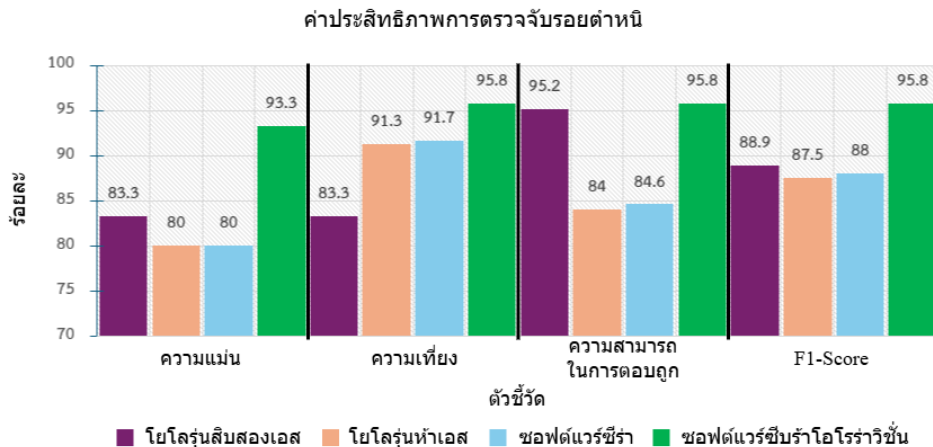
3. ผลการตรวจจับรอยดำหนึด้วยโยโลรุ่นห้าเอส และซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกเชิงพาณิชย์

สำหรับหัวข้อนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโยโลรุ่นสิบสองเอส กับโยโลรุ่นห้าเอส และซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกเชิงพาณิชย์ โดยการตั้งค่าการทดลองสำหรับโยโลรุ่นห้าเอสจะเหมือนกับโยโลรุ่นสิบสองเอส ขณะที่การตั้งค่าการทดลองสำหรับซอฟต์แวร์ซีร่าเป็นดังนี้ ค่าเบตซ์ไซส์เท่ากับ 8 และกำหนดค่าการ

เรียนรู้ที่ 0.001 สำหรับซอฟต์แวร์ซีร่าโอโรราวิชั่น การตั้งค่าที่สามารถกำหนดได้คือ Network Depth และ Patch Size ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดตามค่าตัวเลือกอัตโนมัติ (Default Value) คือ 3 และ 96 ตามลำดับ

ในขณะที่จำนวนรอบการฝึกสอนของแบบจำลองไม่สามารถกำหนดได้ สามารถหยุดกระบวนการฝึกสอนได้ในทุกช่วงเวลา สำหรับทั้งสองซอฟต์แวร์ โดยการหยุดกระบวนการฝึกสอนสามารถใช้ค่า Validation Accuracy หรือ Validation Loss เป็นเกณฑ์ในการหยุดได้

การทดลองนี้ใช้ภาพตัวอย่างจำนวน 30 ภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของภาพทั้งหมด 150 ภาพ ตามที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในหัวข้อระเบียบวิธีวิจัย เพื่อทดสอบกับแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอส โยโลรุ่นห้าเอส และซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกเชิงพาณิชย์ทั้งสอง หลังจากการทดลอง ผลการตรวจจับรอยดำหนึได้ถูกรวบรวมและนำเสนอด้รูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าประสิทธิภาพการตรวจจับรอยตำหนิของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกและซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกซึ่งคำนวณจากตารางเมตริกซ์ความสับสน

ทั้งนี้ เพื่อความกระชับ ข้อมูลดิบที่อยู่ในรูปแบบตารางเมตริกซ์ความสับสนของแต่ละแบบจำลองและซอฟต์แวร์ไม่ได้ถูกแสดงโดยตรง แต่จะถูกสรุปและแสดงเป็นตัวชี้วัดที่ปรากฏในรูปที่ 7

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โยโลรุ่นสิบสองเอส มีประสิทธิภาพเหนือกว่า โยโลรุ่นห้าเอส ในการตรวจจับรอยตำหนิบนพื้นผิวตัวถังรถยนต์จำลองหลังการพ่นสี โดยมีค่า F1-Score สูงกว่า (ร้อยละ 88.9 เทียบกับร้อยละ 87.5) และมีค่า Recall ที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 95.2 เทียบกับ ร้อยละ 84.0) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพ นอกจากนี้แล้ว โยโลรุ่นสิบสองเอสแสดงประสิทธิภาพที่แข่งขันได้เมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์อย่างซอฟต์แวร์ซีรา และซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิช แม้ว่าค่า F1-Score ของ โยโลรุ่นสิบสองเอส จะสูงกว่าซอฟต์แวร์ซีรา เล็กน้อย (ร้อยละ 88.9 เทียบกับ ร้อยละ 88.0) แต่ความแตกต่างนี้ไม่ได้ยืนยันว่า โยโลรุ่นสิบสองเอส เหนือกว่า ซอฟต์แวร์ซีรา เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมภายในของซอฟต์แวร์ซีรายังไม่เพียงพอที่จะทำให้สามารถเปรียบเทียบ

ประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิช ยังคงมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกมิติ การประเมินเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพนี้ถือเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญของโยโลรุ่นสิบสองเอสในตระกูลโยโลที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแข่งขันกับระบบเชิงพาณิชย์เฉพาะทางภายใต้บริบทของการประเมินนี้

เนื่องจากขาดข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยของความเที่ยงจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความเที่ยงสำหรับซอฟต์แวร์การเรียนรู้เชิงลึกทั้งสอง และเพื่อความกระชับในการนำเสนอผลการวิจัย จึงไม่นำเสนอผลค่าเฉลี่ยของความเที่ยง สำหรับโยโลรุ่นห้าเอสด้วยเช่นกัน และทำการวิเคราะห์เฉพาะตัวชี้วัดดังรูปที่ 7

โดยรวมแล้วค่าตัวชี้วัดทั้ง 4 ของ โยโลรุ่นสิบสองเอส อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [29] อย่างไรก็ตาม การศึกษาต่อเนื่องในการปรับแต่งพารามิเตอร์ที่มีผลต่อตัวชี้วัดทั้ง 4 เพื่อให้ผลลัพธ์ดีขึ้นยังคงเป็นสิ่งที่จำเป็น

สรุปและอภิปรายผล

งานศึกษานี้ได้สร้างรอยดำหันทับจากข้อมูลจริงเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโยโลรุ่นสิบสองเอสในการตรวจจับรอยดำหันทับตัวถังรถยนต์หลังการพ่นสี โดยเปรียบเทียบกับ โยโลรุ่นห้าเอส ซอฟต์แวร์ซีรา และ ซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิช

ผลการทดลองพบว่า โยโลรุ่นสิบสองเอส ให้ค่าค่าเฉลี่ยของความเที่ยงสูงสุด 0.886 ที่ 120 รอบการฝึกสอนแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มรอบการฝึกสอนมีแนวโน้มที่ค่าค่าเฉลี่ยของความเที่ยงจะชะลอตัวภายใต้กรอบเงื่อนไขการศึกษานี้ นอกจากนี้ ผลการทดลองพบว่า โยโลรุ่นสิบสองเอส มีค่า Recall สูงสุด (ร้อยละ 95.2) และ F1-Score ดีที่สุดในกลุ่มโอเพ่นซอร์ส (ร้อยละ 88.9) สะท้อนศักยภาพในการลดการพลาดรอยดำหันทับขณะที่ ซอฟต์แวร์ซีรา มีค่า Precision สูงกว่า (ร้อยละ 91.7 เทียบกับร้อยละ 83.3) แสดงถึงความสามารถในการลดการตรวจผิดพลาดแบบเกินจริงได้ดีกว่า ส่วน ซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิช ยังคงแสดงผลลัพธ์โดยรวมดีที่สุดในทุกมิติ แต่ โยโลรุ่นสิบสองเอสก็มีแนวโน้มผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงและสามารถแข่งขันได้ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด

การเลือกใช้ซอฟต์แวร์ซีราและซอฟต์แวร์ซีราโอโรราวิชในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองโยโล นั้นมีเหตุผลจากความพร้อมใช้งานและความน่าเชื่อถือในการใช้งานเชิงอุตสาหกรรมทั้งในด้านประสิทธิภาพและความเสถียรในสภาพแวดล้อมการผลิตจริง ซึ่งทำให้เหมาะสมในการใช้เป็นฐานในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโยโลรุ่นต่าง ๆ ในบริบทนี้ แม้ว่าอาจมีข้อสังเกตเกี่ยวกับความแตกต่างในบริบทการใช้งานระหว่างแบบจำลองในงานวิจัยและซอฟต์แวร์เชิงอุตสาหกรรม แต่การเลือกใช้งานเหล่านี้ยังคงมีความสำคัญในการประเมินความสามารถของโมเดลในการใช้งานจริง

นอกจากนี้ การเปรียบเทียบแบบจำลองในกลุ่มเดียวกัน เช่น SSD, EfficientDet, Faster R-CNN หรือ RetinaNet ยังคงเป็นประเด็นที่ควรพิจารณา ซึ่งจะเป็นทิศทางสำคัญในการศึกษาวิจัยในอนาคต เพื่อขยายขอบเขตการทดสอบและการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่มีเทคโนโลยีใกล้เคียงกัน การเปรียบเทียบในลักษณะนี้จะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่สมบูรณ์และสะท้อนประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม รอยดำหันทับพื้นผิวขนาดเล็กที่ถูกบดบังด้วยชิ้นสีเคลือบและสีไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย ยังคงเป็นความท้าทายร่วมของทุกแบบจำลองและซอฟต์แวร์ โดยเฉพาะเมื่อเกิดบนพื้นผิวสะท้อนแสงหรือมันวาว ซึ่งส่งผลกระทบต่อความแม่นยำในการตรวจจับ

ดังนั้น การพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเสริมศักยภาพด้านการแยกแยะเฉดสีที่ใกล้เคียง รวมทั้งรอยดำหันทับขนาดเล็ก และขยายการประเมินให้ครอบคลุมการทำงานในสภาพแวดล้อมจริงหรือสายการผลิตจริง ตลอดจนศึกษาผลกระทบของการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง เช่น การลดค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) หรือเพิ่มแบตช์ไซส์ (Batch Size) หรือเพิ่มรอบการฝึกสอน (Epoch) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ใช้ฮาร์ดแวร์ประสิทธิภาพสูงกว่าระบบปฏิบัติการเคลื่อนที่ซึ่งมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาการทำงานต่อรอบ และกำลังประมวลผลที่จำกัด นอกจากนี้ การเพิ่มจำนวนภาพตัวอย่างให้มากกว่า 300 ภาพ และสร้างรอยดำหันทับจากหลายแหล่งข้อมูล ไม่จำกัดเพียงการสัณฐานจากแหล่งเดียว เช่นในงานวิจัยนี้ จะช่วยเพิ่มความหลากหลายของลักษณะดำหันทับ และเพิ่มความสามารถของแบบจำลองให้แม่นยำและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น แม้ว่าแบบจำลองและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการศึกษานี้จะมีคุณสมบัติที่สามารถรองรับการทำงานแบบเวลาจริงได้ แต่การศึกษารุ่นนี้ได้จำกัดขอบเขตไว้

เฉพาะการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับ
เท่านั้น

References

- [1] A. Saberironaghi, J. Ren, and M. El-Gindy, "Defect detection methods for industrial products using deep learning techniques: a review," *Algorithms*, vol. 16, no. 2, p. 95, February. 2023.
- [2] W. Liqun, W. Jiansheng, and W. Dingjin, "Research on vehicle parts defect detection based on deep learning," in 2nd International Symposium on Big Data and Applied Statistics (ISBDAS2019), Dalian, 2019, pp. 1-11.
- [3] H.-I. Lin and F. S. Wibowo, "Image data assessment approach for deep learning-based metal surface defect-detection systems," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 47621-47638, March. 2021.
- [4] Y.-T. Chang, W. K. T. M. Gunarathne, and T. K. Shih, "Deep learning approaches for dynamic object understanding and defect detection," *Journal of Internet Technology*, vol. 21, no. 3, pp. 783-790, May. 2020.
- [5] Z. Jiang, X. Hu, and S. Wang, "Image classification of car paint defect detection based on convolutional neural networks," in the 2 nd International Conference on Robotics, Automation and Intelligent Control (ICRAIC 2022), Changsha, 2022, pp. 1-8.
- [6] J. Zhang, J. Xu, L. Zhu, K. Zhang, T. Liu, D. Wang, and X. Wang, "An improved MobileNet-SSD algorithm for automatic defect detection on vehicle body paint," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 79, pp. 23367-23385, June. 2020.
- [7] F. Chang, M. Liu, M. Dong, and Y. Duan, "A mobile vision inspection system for tiny defect detection on smooth car-body surfaces based on deep ensemble learning," *Measurement Science and Technology*, vol. 30, no. 12, p. 125905, September. 2019.
- [8] F. Chang, M. Dong, M. Liu, L. Wang, and Y. Duan, "A lightweight appearance quality assessment system based on parallel deep learning for painted car body," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 69, no. 8, pp. 5298-5307, August. 2020.
- [9] I. Konovalenko, P. Maruschak, V. Brevus, and O. Prentkovskis, "Recognition of scratches and abrasions on metal surfaces using a classifier based on a convolutional neural network," *Metals*, vol. 11, no. 4, p. 549, March. 2021.
- [10] H. Huang and K. Zhu, "Automotive parts defect detection based on YOLOv7," *Electronics*, vol. 13, no. 10, p. 1817, May. 2024.

- [11] X. Tao, D. Zhang, W. Hou, W. Ma, and D. Xu, "Industrial weak scratches inspection based on multifeature fusion network," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 70, p. 5000514, September. 2020.
- [12] L. Yao, Y. Wan, M. Yao, and B. Xu, "Detecting fine scratches on smooth surfaces with multiscale wavelet representation," *Measurement Science and Technology*, vol. 23, no. 8, p. 085603, June. 2012.
- [13] H. Marko, L. Jelečević, and G. Gledec, "A comparative study of YOLOv5 models performance for image localization and classification," in *Proceedings of the Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, Dubrovnik, 2022, pp. 349-356.
- [14] R. Usamentiaga, D. G. Lema, O. D. Pedrayes, and D. F. Garcia, "Automated surface defect detection in metals: a comparative review of object detection and semantic segmentation using deep learning," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 58, no. 3, pp. 4203-4213, May-June. 2022.
- [15] Y. Tian, Q. Ye, and D. Doermann, "YOLOv12: Attention-centric real-time object detectors," 2025, arXiv: 2502.12524.
- [16] C C. K. Loo, S. Boonsang, T. Sasisaowapak, S. Chuwongin, T. Tongloy, S. Nahavandi, and K. W. Wong, "CiRA CORE: a low code platform that makes AI work for industry 4.0," in *2024 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Sarawak, 2024, pp. 1187-1188.
- [17] C. Chousangsuntorn, T. Tongloy, S. Chuwongin, and S. Boonsang, "Classification model of optical character recognition failures in unrecovered slider serial numbers in hard disk drive manufacturing and image capture processes," in *Thirteenth International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS 2021)*, Shanghai, 2022.
- [18] R. Alonso, G. Noce, V. Cutrona, and D. R. Recupero, "Extending asset lifespan through data augmentation-assisted quality control," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 58, no. 8, pp. 73-78, September. 2024.
- [19] P. Prusaczyk, W. Kaczmarek, J. Panasiuk, and K. Besseghieur, "Integration of robotic arm and vision system with processing software using TCP/IP protocol in industrial sorting application," in *Proceedings of the 15th Conference on Computational Technologies in Engineering*, Jora Wielka, 2019, pp. 020032-1-020032-8.

- [20] A. Boonrod, P. Piyaprapaphan, N. Kittipongphat, D. Theerakulpisut, and A. Boonrod, "Deep learning for osteoporosis screening using an anteroposterior hip radiograph image," *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, vol. 34, pp. 3045-3051, August. 2024.
- [21] J. Nalepa, M. Czardybon, and M. Walczak, "Real-time lung segmentation from whole-body CT scans using Adaptive Vision Studio: a visual programming software suite," in Real-Time Image and Video Processing 2018, Orlando, 2018.
- [22] S. Jantawong, K. Saninjak, T. Tikapunya, and J. Jomfong, "Image detection of GT pesticide test kit results in organic agricultural products using the CiRACORE deep learning model," *International Journal of Science and Innovative Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 86-99, October. 2024.
- [23] K. Radlak, M. Frackiewicz, M. Szczepanski, M. Kawulok, and M. Czardybon, "Adaptive Vision Studio – Educational tool for image processing learning," in 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), El Paso, 2015, pp. 1-8.
- [24] P. Domingos, "A few useful things to know about machine learning," *Communications of the ACM*, vol. 55, no. 10, pp. 78-87, October. 2012.
- [25] I. Goodfellow, B. Yoshua, and A. Courville, *Deep Learning*, Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2016.
- [26] C. Sun, A. Shrivastava, S. Singh, and A. Gupta, "Revisiting unreasonable effectiveness of data in deep learning era," in 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, 2017, pp. 843-852.
- [27] P. Bergmann, M. Fauser, D. Sattlegger, and C. Steger, "MVTec AD — A comprehensive real-world dataset for unsupervised anomaly detection," in 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Long Beach, 2019, pp. 9584-9592.
- [28] D. Krstinić, M. Braović, L. Šerić and D. Božić-Štulić, "Multi-label classifier performance evaluation with confusion matrix," in International Conference on Soft Computing, Artificial Intelligence and Machine Learning (SAIM 2020), Copenhagen, 2020, pp. 1-14.
- [29] R. Islam, Z. H. Zamil, E. Rayed, M. Kabir, M. F. Mridha, S. Nishimura, and J. Shin, "Deep learning and computer vision techniques for enhanced quality control in manufacturing processes," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 121449-121479, September. 2024.

การศึกษาความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และพฤติกรรมความปลอดภัย ในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย

พีรชญา ไชปัญญา¹, น้ำเงิน จันทรมณี², ศศิวิมล บุตรสีเขียว³

¹นิสิตหลักสูตรปริญญาสาขารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

^{2, 3}สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Email: sasivimol.bo@up.ac.th³

Received: Mar 27, 2025

Revised: May 07, 2025

Accepted: May 14, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional descriptive study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 241 คน คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติไคสแควร์ (Chi-Square) และสถิติฟิชเชอร์ (Fisher's exact test)

ผลการศึกษาพบว่า พนักงานเก็บขยะส่วนใหญ่ร้อยละ 55.60 มีระดับความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยอยู่ในระดับพอใช้ และส่วนใหญ่ ร้อยละ 83.40 มีระดับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานอยู่ในระดับดี ข้อมูลส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ได้แก่ การได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน ($p\text{-value} < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ได้แก่ ความรอบรู้สุขภาพด้านการอ่านและทำความเข้าใจ ด้านทักษะการสื่อสาร ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ ด้านการรู้เท่าทันสื่อ และด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังนั้น จึงควรจัดกิจกรรมส่งเสริมการพัฒนาความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยให้กับพนักงานเก็บขยะ และจัดโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพด้านอาชีวอนามัย เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระดับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ความรอบรู้สุขภาพ, อาชีวอนามัย, พฤติกรรม, ความปลอดภัยในการทำงาน, พนักงานเก็บขยะ

The study of Occupational Health Literacy and Safety Behaviors Among Waste Collectors in Chiangrai Province

Peerachaya Khaipanya¹, Namngern Chantaramanee², Sasivimol Bootsikeaw³

¹Graduate in Master of Public Health Degree, School of Public Health, University of Phayao

^{2,3} Occupational Health and Safety Department, School of Public Health, University of Phayao

Email: sasivimol.bo@up.ac.th³

Received: Mar 27, 2025

Revised: May 07, 2025

Accepted: May 14, 2025

Abstract

This research is a cross-sectional descriptive study. The purpose of this research aimed to study personal data, occupational health literacy and safety behaviors among waste collectors and the relationship between personal data, occupational health literacy and safety behaviors among waste collectors in Chiang Rai Province. Two hundred and forty-one waste collectors were selected by multi-stage random sampling method. The data were collected using questionnaire divide into three parts consist of personal data, occupational health literacy and safety behaviors. The data were analyzed by descriptive statistics; frequency, percentage, mean, standard deviation, Chi-square test, and Fisher's exact test.

The results showed that most of the waste collectors (55.60%) had fair level in occupational health literacy and most of them (83.40%) had good level for occupational safety behavior. Moreover, personal factors in occupational injury related with occupational safety behavior (p -value < 0.05). Furthermore, the results revealed that the positive correlation between reading and understanding, communication skills, making decisions and applying, media literacy, and self-health management, were statistically significant with occupational safety behavior ($p < 0.001$). In addition, occupational health literacy should be promote for waste collectors and should also organized occupational health promotion programs as a guideline for improving the level of occupational safety behavior among waste collectors.

Keywords : Health Literacy, Occupational Health, Behavior, Safety, Waste collectors

บทนำ

ปัจจุบันขยะมูลฝอยเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของทุกประเทศทั่วโลก และคาดการณ์ว่าปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นจาก 2.1 พันล้านตันในปี พ.ศ.2566 เป็น 3.8 พันล้านตันในปี พ.ศ. 2568 ซึ่งในปี พ.ศ. 2563 ค่าใช้จ่ายโดยตรงทั่วโลกในการจัดการขยะมูลฝอยอยู่ที่ประมาณ 252 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ เมื่อรวมค่าใช้จ่ายแอบแฝงจากมลพิษ สุขภาพที่ไม่ดี และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการกำจัดขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง ค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะพุ่งสูงถึง 361 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ [1] รวมถึงประเทศไทยที่ต้องเผชิญปัญหาอย่างต่อเนื่องและยาวนานเนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในสังคมเมืองหรือชุมชนที่มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและสังคมทำให้ความต้องการอุปโภคบริโภคเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งถือเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน [2] สถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565 พบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 25.70 ล้านตัน คิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอยที่ 1.03 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน และในปี พ.ศ.2566 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 26.95 ล้านตัน กระจายตัวตามภูมิภาคต่าง ๆ มีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ประมาณร้อยละ 5 และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี [3] จากปัญหาขยะที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ศักยภาพในการกำจัดขยะไม่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะ [4] มีการถกตอบทบทวนการจัดการขยะและวิเคราะห์ปัจจัยหลักของความสำเร็จในการจัดการขยะของประเทศญี่ปุ่น ประเทศสิงคโปร์ ประเทศเกาหลีใต้และไต้หวัน ซึ่งเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว พบว่าทั้ง 4 ประเทศ นำแนวคิด 3Rs มาใช้เพื่อคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง

โดยพบว่าประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ มีความโดดเด่นเรื่องการจัดทำถังเก็บขยะ การรวบรวมและเก็บขน ซึ่งมีการใช้ขยะในการเก็บขน มีเครื่องบีบอัดขนาดเล็ก เพื่อช่วยในการลดขนาดขยะก่อนถึงโรงงาน และให้ง่ายต่อการนำไปเผา และขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่จะนำไปแปรรูปซ่อมแซมเพื่อใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง รวมถึงความร้อนที่ได้จากการเผาขยะจะไปแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในสาธารณะประโยชน์ได้อีกครั้ง และนำไปกำจัดต่ออย่างถูกต้อง อีกทั้งในประเทศสิงคโปร์ ถือว่าเป็นเมืองที่มีความเป็นมิตรกับธรรมชาติมากที่สุด ในเอเชีย โดยมีหน่วยงานเอกชนเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการจัดการขยะของประเทศ หรือแม้แตรัฐบาลและเอกชนร่วมพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อให้ประชาชนสามารถติดตามขยะและนำขยะออกมาทิ้งที่รถเก็บขยะได้ด้วยตนเอง รวมถึงการติดตั้งเครื่องรีไซเคิลที่สามารถเปลี่ยนเป็นเงินได้ผ่านบัตรประชาชน นอกจากนั้น ที่ไต้หวันมีมาตรการบังคับให้ประชาชนออกมาทิ้งขยะที่รถด้วยตนเอง และการกำจัดมีความคล้ายกันในการนำเทคโนโลยีมาช่วยจัดการ ด้านกฎหมายหรือการออกมาตรการต่าง ๆ [5] มากกว่าใช้แรงงานคน ซึ่งต่างกับประเทศที่กำลังพัฒนา อย่างเช่น อาเซียนกับขยะในประเทศบราซิล ในปี ค.ศ. 2018 พบว่า อาเซียนกับขยะเป็นอาเซียนที่มีความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพ ได้แก่ ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนัง สภาวะจิตใจ และอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย โดยเฉพาะเอว แขน ขา [6] ที่ยังคงต้องให้พนักงานเก็บขยะทำหน้าที่ในการเก็บขยะมูลฝอยตามอาคารบ้านเรือน และจะต้องสัมผัสกับขยะมูลฝอยโดยตรง ทำให้มีความเสี่ยงและอาจได้รับผลกระทบจากสิ่งคุกคามทางสุขภาพ นอกจากนี้ยังพบการศึกษาเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพจากการทำงานของพนักงานเก็บขยะอีกหลายประเทศที่มีผลการศึกษา

สอดคล้องกับประเทศบราซิล ได้แก่ ประเทศอิหร่าน [7] และประเทศมาเลเซีย [8]

พนักงานเก็บขยะ ถือเป็นกลุ่มแรงงานหนึ่งที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ทั้งในด้านสุขภาพและความปลอดภัย เนื่องจากจะต้องเก็บรวบรวมขนส่งและกำจัด ซึ่งในแต่ละวันจะต้องมีการสัมผัสขยะตลอดเวลา มีโอกาสเสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุจนทำให้เกิดแผลลึกสูงเป็น 3.8 เท่า เมื่อเทียบกับประชากรอาชีพอื่น [9] และเมื่อได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน พนักงานเก็บขยะต้องหยุดพักงาน เสียค่าใช้จ่าย และเพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ [10] ผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานเก็บขยะ พบว่า เกิดอาการผิวดำคล้ำของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง บริเวณหลัง ไหล่ และมือ [11] นอกจากนี้ อาการผิวดำคล้ำของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง ยังอาจนำไปสู่ประสิทธิภาพในการทำงานที่ลดลง หรือการขาดงานเนื่องจากมีอาการเจ็บป่วย [12] สำหรับปัจจัยคุกคามสุขภาพจากสภาพแวดล้อมในการทำงานและสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของพนักงานเก็บขยะ พบว่า ปัจจัยด้านการยศาสตร์ คือ การเกร็งข้อมือในการยกถังขยะ/ถังขยะ (86.92%) การก้มลำตัว (86.54%) การบิดเอี้ยวลำตัว (85.00%) และท่าทางซ้ำๆ (80.00%) ปัจจัยคุกคามสุขภาพด้านเคมี คือ กลิ่นเหม็นขยะ (85.38%) ปัจจัยคุกคามสุขภาพด้านกายภาพ คือ แสงแดด (71.92%) ปัจจัยคุกคามสุขภาพด้านชีวภาพ คือ เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ร้อยละ 66.54 [13] และพบว่า อุบัติการณ์การบาดเจ็บของพนักงานเก็บขยะ เท่ากับ ร้อยละ 15.3 และอัตราอุบัติการณ์ของการบาดเจ็บของพนักงานเก็บขยะ เท่ากับ 1.77 คน/100 คนต่อเดือน ขาและเท้าเป็นอวัยวะที่เกิดการบาดเจ็บสูงที่สุด (ร้อยละ 61.8) สาเหตุของการได้รับบาดเจ็บส่วนใหญ่ เกิดจากวัตถุสิ่งของกระแทกชน (ร้อยละ 42.1) ระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บของพนักงานเก็บขยะ

(ร้อยละ 73.6) ไม่ต้องหยุดงาน สามารถทำงานได้ตามปกติ มีแผลอักเสบร้อยละ 6.5 นำมาซึ่งโอกาสการติดเชื้อเอชไอวี ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสตับอักเสบบี โรคพิษสุนัขบ้า และเชื้อบาดทะยัก [14] โดยพบว่าพนักงานเก็บขยะติดเชื้อเอชไอวีจากการปฏิบัติงาน ประมาณร้อยละ 0.3 ไวรัสตับอักเสบบี ร้อยละ 3.01 [15]

จากข้อมูลปัญหาสุขภาพที่พนักงานเก็บขยะได้รับผลกระทบนั้น นอกจากลักษณะของการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพแล้ว ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวบุคคลและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคและการบาดเจ็บจากการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลของกลุ่มพนักงานเก็บขยะยังอยู่ในระดับที่น้อย [16] และมีความประมาทในการใช้อุปกรณ์ดังกล่าว โดยพบว่า พฤติกรรมในการทำงานที่ปฏิบัติไม่ถูกต้องและยังปฏิบัติเป็นประจำมากที่สุดในระดับขั้นเตรียมการก่อนปฏิบัติงานและขั้นปฏิบัติงาน คือ ไม่สวมแว่นตาป้องกันสิ่งแปลกปลอมกระเด็นเข้าตา ร้อยละ 31.2 การสวมรองเท้าตะกอนเริ่มทำงานร้อยละ 18.3 การขึ้นหรือลงจากรถขยะที่จอดไม่นิ่งสนิท ร้อยละ 14.7 และการปฏิบัติงานโดยไม่ลาหยุดพักผ่อน โดยจะฝืนมาทำงานเมื่อเป็นไข้หรือมีอาการไม่สบาย ร้อยละ 12.8 [17]

ความรู้รอบรู้ด้านสุขภาพ (health literacy) เป็นแนวคิดหนึ่งที่ส่งผลต่อการปฏิบัติพฤติกรรมโดยตรง เนื่องจากเป็นทักษะทางปัญญาและทางสังคมที่ขึ้นาก่อให้เกิดแรงจูงใจและความสามารถของแต่ละบุคคลในการเข้าถึง เข้าใจและใช้ข้อมูลข่าวสารในวิถีทางเพื่อการส่งเสริมและคงรักษาสุขภาพที่ดีของตนเองอย่างต่อเนื่องและเหมาะสม [18] เป็นเครื่องมือที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพ เพราะเมื่อบุคคลมีความรอบรู้ด้านสุขภาพจะมี

ศักยภาพในการดูแลตนเองได้ รวมทั้งช่วยแนะนำให้กับคนในครอบครัว ชุมชน สังคม ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพที่ไม่จำเป็นได้ด้วย ความรอบรู้ด้านอาชีวอนามัย (Occupational health literacy : OHL) ถือเป็นแนวคิดที่สำคัญเช่นกัน เดียวกัน เนื่องจากส่งผลโดยตรงกับพฤติกรรมการทำงาน ซึ่งมีการพัฒนากรอบแนวคิดชัดเจนครั้งแรกในงานวิจัย Occupational health literacy and work-related injury among U. S. adolescents ในปี พ.ศ. 2557 Rauscher K. ซึ่งได้ให้คำนิยามว่า ความสามารถที่จะได้รับประมวผลและเข้าใจข้อมูลพื้นฐานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจอย่างเหมาะสมเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงาน [19] ซึ่งเป็นงานวิจัยแรกที่นำแนวคิดความรอบรู้ด้านสุขภาพมาประยุกต์ใช้กับงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยและกับกลุ่มคนทำงาน และมีการพัฒนาแบบประเมินมาตรฐานภายหลัง โดยฉบับแรกคือ แบบวัดความรู้สำหรับคนงาน (Health Literacy Scale for Workers; HELSW) สร้างขึ้นใน พ.ศ.2562 [20] ที่ผ่านมามีการศึกษาความรู้สุขภาพในประเด็นต่าง ๆ เช่น การศึกษาในพนักงานอุตสาหกรรม พบว่า พนักงานมีความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และมีพฤติกรรมป้องกันโรคและการบาดเจ็บในระดับพอใช้ ร้อยละ 67.1 และ 65.7 ตามลำดับ [21] ซึ่งยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับในพนักงานขยะ ทั้งนี้อาจเพราะว่าความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย ถือว่าอยู่ในช่วงแรกของการพัฒนาแนวคิด [22] และการศึกษาในช่วงแรกเน้นที่การสร้างแบบวัดและการประเมินที่จะนำไปใช้ในพนักงาน [23] หรือแม้แต่วิธีการสื่อสารทางสุขภาพ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เน้นการเปลี่ยนแปลงทางปัญญาและพฤติกรรมระดับบุคคล ระหว่างบุคคล และระดับกลุ่ม/องค์กร เช่นทฤษฎีความเชื่อด้านสุขภาพ (HBM)

ช่วยสร้างความตระหนักของบุคคลให้มีพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน รับรู้โอกาสเสี่ยง ความรุนแรงและอุปสรรคที่มีผลต่อพฤติกรรมได้ดียิ่งขึ้น และสามารถออกแบบมาตรการหรือกิจกรรมที่ส่งเสริมเกิดความปลอดภัยในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะกับการวางแผนการสื่อสารสุขภาพเพื่อลดความเสี่ยงในอาชีพเก็บขยะ ดังเช่นมีการศึกษาผลของโปรแกรมการสร้างความปลอดภัยในการดูแลสุขภาพของพนักงานเก็บขยะ ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่พบว่าการสร้างความเชื่อด้านสุขภาพหลังการเข้าร่วมโปรแกรมอยู่ในระดับสูงกว่าก่อนการเข้าร่วมโปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 ส่วนพฤติกรรมในการดูแลตนเอง หลังเข้าร่วมโปรแกรม สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 [24]

จังหวัดเชียงราย ประกอบไปด้วยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 144 แห่ง มีหน้าที่และอำนาจดูแลและจัดทำบริการสาธารณะและกิจกรรมสาธารณะเพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่น และเป็นแหล่งที่รองรับการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ จึงส่งผลให้มีการขยายตัวของชุมชน ทำให้มีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2565 จังหวัดเชียงรายมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 930 ตัน/วัน ปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดไม่ถูกต้อง 470 ตัน/วัน และมีขยะมูลฝอยตกค้าง 35,000 ตัน ซึ่งสูงเป็นอันดับ 1 ของภาคเหนือ [2] จังหวัดเชียงรายจึงได้จัดทำแผนปฏิบัติการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน “จังหวัดสะอาด” ประจำปี 2566 จังหวัดเชียงรายขึ้น และในด้านการจัดการขยะกลางทาง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกแห่งจะต้องจัดหายานพาหนะขนขยะมูลฝอยและพนักงานประจำรถให้เพียงพอกับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น จึงส่งผลให้พนักงานเก็บขยะต้องทำงานหนัก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานเพิ่มขึ้น

เช่นเดียวกัน ปัจจุบันพบว่าพนักงานที่ทำงานเก็บขยะนั้นหายากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากเป็นงานที่สกปรก เสี่ยงต่อการเกิดโรคและอุบัติเหตุประกอบกับวิธีปฏิบัติงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ต้องมีการสัมผัสกับสิ่งสกปรกและของแหลมคมต่าง ๆ จึงอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุเนื่องจากการทำงานได้ [25]

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยของพนักงานเก็บขยะที่ผ่านมาน้อยมาก โดยเน้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยโดยตรง ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะที่ปฏิบัติงานในสังกัดเทศบาลอื่น ๆ แต่เนื่องจากลักษณะงานที่แตกต่างกัน ทั้งปริมาณขยะ วิธีชีวิตชุมชนและสภาพแวดล้อมพื้นที่ในการทำงาน อีกทั้งการศึกษาที่ผ่านมา มักจะศึกษาถึงปัจจัยเสี่ยงปัจจัยส่วนบุคคล และความรู้ด้านความปลอดภัยในแง่มุมเดียว [12] แต่การศึกษาคครั้งนี้จะเป็นการศึกษาถึงการเข้าถึงข้อมูล การอ่านและทำความเข้าใจ ทักษะสื่อสาร การตัดสินใจและนำไปใช้ การรู้เท่าทันสื่อ และการจัดการสุขภาพตนเองด้านอาชีวอนามัย เนื่องจากความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยมีผลต่อการปฏิบัติพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานโดยตรง ซึ่งจากการทบทวนยังไม่มีการศึกษาในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงราย จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมเสริมหรือจัดโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพให้กับพนักงานเก็บขยะ เพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานที่เหมาะสมและป้องกันการเจ็บป่วยจากปัจจัยคุกคามสุขภาพและมีคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยของพนักงานเก็บขยะกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional descriptive study) เพื่อศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย ทำการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2567

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคครั้งนี้ คือ พนักงานเก็บขยะและพนักงานขับรถขยะ ตามแผนอัตรากำลังพนักงานเก็บขยะและพนักงานขับรถขยะ ในเขตจังหวัดเชียงราย จำนวน 622 คน การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างในครั้งนี ผู้วิจัยคำนึงถึงการควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Alpha) ที่ 0.05 ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ 0.80 และกำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ 0.20 โดยขนาดอิทธิพลที่ใช้ได้จากงานวิจัยพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานเก็บขน

ขยะ [26] เมื่อเปิดตารางอำนาจการทดสอบ (Power analysis) ของ Polit and Beak [27] ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 194 คน ผู้วิจัยเพิ่มกลุ่มตัวอย่างประมาณร้อยละ 10 [28] เพื่อป้องกันการสูญหายและความไม่สมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถาม ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 241 คน

เกณฑ์การคัดเลือกประชากรที่ศึกษา (Selection Criteria)

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)

1. พนักงานเก็บขยะและพนักงานขับรถขยะที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป
2. ทำงานอยู่ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตจังหวัดเชียงราย
3. มีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 1 ปี
4. สามารถอ่านออกเขียนได้และสื่อสารได้ปกติ
5. ยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. มีประวัติการวินิจฉัยทางการแพทย์เกี่ยวกับความผิดปกติระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ และการได้รับการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ
2. ไม่สามารถร่วมโครงการวิจัยได้จนเสร็จสิ้นกระบวนการ
3. ลาออกจากงาน

การสุ่มตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) เนื่องจากพนักงานเก็บขยะอยู่ในหลายเขต หลายพื้นที่ หรือหลายองค์กร จึงจำเป็นต้องมีการเริ่มต้นจากการเลือกเขตพื้นที่ระดับหน่วยงาน และพนักงานในลำดับต่อไป ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ประหยัด

ทรัพยากร และยังคงความแม่นยำในการวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จากพื้นที่อำเภอในเขตจังหวัดเชียงราย โดยแบ่งตามเขตการปกครอง ได้ 18 อำเภอ ได้ทำการแบ่งตามกลุ่มพื้นที่ในการจัดการขยะมูลฝอย (Clusters) จำนวน 3 Clusters ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดเชียงราย ตามมติคณะกรรมการจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยจังหวัดเชียงราย ครั้งที่ 1/2566 เมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2566 ดังนี้

- Cluster 1 ประกอบด้วย 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองเชียงราย อำเภอดอยหลวง อำเภอแม่จัน อำเภอพญาเม็งราย อำเภอเวียงชัย และอำเภอเวียงเชียงรุ้ง

- Cluster 2 ประกอบด้วย 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอขุนตาล อำเภอเชียงของ อำเภอเชียงแสน อำเภอแม่ฟ้าหลวง อำเภอแม่สาย อำเภอเวียงแก่น และอำเภอเทิง

- Cluster 3 ประกอบด้วย 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอป่าแดด อำเภอพาน อำเภอแม่ลาว อำเภอแม่สรวย และอำเภอเวียงป่าเป้า

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการเลือกอำเภอในจังหวัดเชียงราย โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกเฉพาะอำเภอที่มีเทศบาล หรือองค์การบริหารส่วนตำบลที่มีการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนด้วยวิธีการเก็บตนเองและกำจัดเอง หรือมีการเก็บตนเองและจ้างเหมาเอกชนกำจัด โดยแบ่งเป็น 3 Cluster ตามขั้นตอนที่ 1 ซึ่งแต่ละ Cluster ประกอบด้วยอย่างละ 5 อำเภอ

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยเลือกอำเภอกุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับฉลาก จากแต่ละ Cluster มา 2 อำเภอ ซึ่งจะได้ 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแม่จัน อำเภอเมืองเชียงราย อำเภอเทิง อำเภอแม่สาย อำเภอเวียงป่าเป้า และอำเภอแม่

สรวย ต่อมาผู้วิจัยทำการเลือกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในแต่ละอำเภอที่มีการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ด้วยวิธีการเก็บตนเองและกำจัดเอง หรือมีการเก็บตนเองและจ้างเหมาเอกชนกำจัด ซึ่งได้แก่ 1) อำเภอแม่จัน ประกอบด้วย เทศบาลตำบลจันจว้า องค์การบริหารส่วนตำบลป่าตึง เทศบาลตำบลแม่จัน เทศบาลตำบลป่าซาง และเทศบาลตำบลแม่คำ 2) อำเภอเมืองเชียงราย ประกอบด้วย เทศบาลตำบลบ้านดู่ เทศบาลตำบลสันทราย เทศบาลตำบลท่าสาย เทศบาลนครเชียงราย และเทศบาลตำบลห้วยสัก 3) อำเภอเทิง ประกอบด้วย เทศบาลตำบลบ้านปล้อง เทศบาลตำบลเวียงเทิง และเทศบาลตำบลจัว 4) อำเภอแม่สาย ประกอบด้วย เทศบาลตำบลแม่สาย องค์การบริหารส่วนตำบลโป่งงาม เทศบาลตำบลแม่สายมิตรภาพ เทศบาลตำบลเวียงพางคำ และองค์การบริหารส่วนตำบลโป่งผา 5) อำเภอเวียงป่าเป้า ประกอบด้วย เทศบาลตำบลเวียงป่าเป้า เทศบาลตำบลป่าจัว และเทศบาลตำบลแม่ชะจาน และ 6) อำเภอแม่สรวย ประกอบด้วย เทศบาลตำบลเจดีย์หลวง และเทศบาลตำบลแม่สรวย รวมทั้งหมดมี 23 แห่ง

ขั้นตอนที่ 4 การเลือกกลุ่มตัวอย่างพนักงานเก็บขยะและพนักงานขับรถในแต่ละเทศบาลนคร เทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับฉลาก เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างครบถ้วนสมบูรณ์เป็นตัวแทนประชากร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถาม ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพหรือตำแหน่งงานในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สถานภาพสมรส รายได้สุทธิต่อเดือน อาชีพเสริม การสูบบุหรี่

การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การออกกำลังกาย ปัญหาสุขภาพหรือโรคประจำตัว การได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี การได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน และการป่วยเป็นโรคจากการทำงาน

ส่วนที่ 2 ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย ได้ประยุกต์มาจากการทบทวนวรรณกรรมและนำมาจากการศึกษาของณาน ปัทมะ พลย และคณะ สำหรับผลการทดสอบความเชื่อมั่นแอลฟาพบว่า ทั้งฉบับเท่ากับ 0.962 [23] เป็นแบบวัดความรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยในพนักงานที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติตามการวัดผล ทั้งหมด 45 ข้อ แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ประกอบด้วย การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพ การอ่านและทำความเข้าใจ ทักษะการสื่อสาร การตัดสินใจและนำไปใช้ การรู้เท่าทันสื่อ และการจัดการสุขภาพตนเอง เป็นแบบเลือกตอบมี 5 ตัวเลือก ได้แก่ มากที่สุด มากปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด การแปลผลความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย อาศัยหลักการทางสถิติตามการแปลผลของเบสท์ [29] คำนวณด้วยค่า $\text{Mean} \pm \text{S.D.}$ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ น้อย พอใช้ และดี ตามช่วงคะแนน ดังนี้ ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยโดยรวม (มีคะแนนน้อยกว่า 105 ระหว่าง 105.01 – 165.01 และมากกว่า 165.02)

การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพ (มีคะแนนน้อยกว่า 11.67 ระหว่าง 11.68 – 18.34 และมากกว่า 18.35)

การอ่านและทำความเข้าใจ (มีคะแนนน้อยกว่า 28.00 ระหว่าง 28.01 – 44.01 และมากกว่า 44.02)

ทักษะการสื่อสาร (มีคะแนนน้อยกว่า 21.00 ระหว่าง 21.01 – 33.01 และมากกว่า 33.02)

การตัดสินใจและนำไปใช้ (มีคะแนนน้อยกว่า 25.67 ระหว่าง 25.68 – 40.34 และมากกว่า 40.35)

การรู้เท่าทันสื่อ (มีคะแนนน้อยกว่า 9.33 ระหว่าง 9.34 – 14.68 และมากกว่า 14.69)

การจัดการสุขภาพของตนเอง (มีคะแนนน้อยกว่า 9.33 ระหว่าง 9.34 – 14.68 และมากกว่า 14.69)

ส่วนที่ 3 พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ได้ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามในงานวิจัยของสิทธิชัย ใจขาน และวราภรณ์ พันธสิริ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาตามวิธีของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่น = 0.807 [17] โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ไขข้อความในคำถามให้สามารถอ่านและสื่อสารเข้าใจได้ง่ายขึ้น เหมาะสมกับพฤติกรรมด้านความปลอดภัยในการทำงานที่พนักงานเก็บขยะ จำนวนทั้งหมด 25 ข้อ โดยข้อคำถามในเชิงบวก (Positive) จำนวน 18 ข้อ และในเชิงลบ (Negative) จำนวน 7 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนนและแปลความหมายค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน แบ่งเป็น 3 ระดับ ซึ่งผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนของเบสท์ [29] ดังนี้ โดยใช้ค่าคะแนนสูงสุดลบด้วยค่าคะแนนต่ำสุด และนำมาหารด้วยจำนวนกลุ่มหรือระดับที่ต้องการแบ่ง ดังนี้ ระดับพฤติกรรมในการทำงานระดับน้อย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 1.00 – 2.00, ระดับพอใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 2.01 – 3.00 และระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 3.01 – 4.00

3. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญ ครอบคลุมเนื้อหาในด้านสถิติ ด้านความรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และด้านพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน เป็นผู้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence : IOC) ซึ่งได้ค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.60 – 1.00 จากนั้นนำ

แบบสอบถามที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้กับพนักงานเก็บขยะที่ปฏิบัติงานในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จังหวัดพะเยา จำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่น ในส่วนที่ 1 ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย มีค่าเท่ากับ 0.971 และส่วนที่ 2 พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน มีค่าเท่ากับ 0.735 ตามลำดับ

4. วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ถึงผู้บริหารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดเชียงราย ที่มีการให้บริการเก็บขนขยะมูลฝอย จำนวน 23 แห่ง จากนั้นติดต่อประสานงานและขอความอนุเคราะห์หัวหน้างานของพนักงานเก็บขยะ เพื่อชี้แจงให้ทราบวัตถุประสงค์ กลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา และขั้นตอนในการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยได้เดินทางไปเก็บข้อมูล ณ สถานที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้น ๆ ตามที่ได้มีการสุ่มตัวอย่างไว้ และเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่มตัวอย่างทำการตอบแบบสอบถามเสร็จสิ้น ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อมูลให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

5. วิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนาใช้ในการนำเสนอข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ในรูปแบบของด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย และพฤติกรรมความปลอดภัยใน

การทำงาน ด้วยสถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ สถิติไคสแควร์ (Chi-Square) และสถิติฟิชเชอร์ (Fisher's exact test) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เอกสารรับรองหมายเลข HREC-UP-HSST 1.2/004/67 เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2566 ทั้งนี้ ได้มีการคำนึงถึงสิทธิของกลุ่มตัวอย่างทุกขั้นตอน เริ่มจากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และการอภิปรายผลการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงสิทธิการตัดสินใจในการเข้าร่วมการวิจัย การตอบรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมการวิจัย ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

พนักงานเก็บขยะทั้งหมดเป็นเพศชาย ร้อยละ 100.00 มีอายุอยู่ในช่วง 41 – 50 ปี ร้อยละ 38.17 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 43.57 สถานภาพหรือตำแหน่งในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นพนักงานจ้างทั่วไป ร้อยละ 38.59 ด้านสถานภาพสมรส ส่วนใหญ่ร้อยละ 54.77 สมรส/อยู่ด้วยกัน รายได้สุทธิต่อเดือน น้อยกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 64.73 ส่วนใหญ่ไม่มีอาชีพเสริม ร้อยละ 44.81 พฤติกรรมการสูบบุหรี่ พนักงานเก็บขยะส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 51.45 ในส่วนพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พบว่า พนักงานเก็บขยะส่วนใหญ่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 73.03 การออกกำลังกาย พบว่า พนักงานส่วนใหญ่ออกกำลังกาย ร้อยละ 63.49 และไม่มีปัญหาสุขภาพหรือโรคประจำตัว ร้อยละ 75.52 พนักงานเก็บขยะ ส่วนใหญ่เคยได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี ร้อยละ 53.11 ส่วนใหญ่ไม่เคยการได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน ร้อยละ 71.78 และไม่เคยป่วยเป็นโรคจากการทำงาน ร้อยละ 91.70 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละ ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (n = 241)

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
อายุ (ปี)		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 ปี	28	11.62
31 – 40 ปี	38	15.77
41 – 50 ปี	92	38.17
51 – 60 ปี	78	32.37
60 ปีขึ้นไป	5	2.07
$\bar{X}$ = 45.54 , S.D. = 10.08 , Min = 20 , Max = 67		
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	105	43.57
มัธยมศึกษาตอนต้น	58	24.07
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	64	26.55
อนุปริญญา/ปวส.	10	4.15
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	4	1.66

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2568

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
สถานภาพหรือตำแหน่งงานในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น		
พนักงานจ้างทั่วไป	93	38.59
พนักงานจ้างตามภารกิจ	69	28.63
ลูกจ้างประจำ	16	6.64
ลูกจ้างเหมาบริการ	63	26.14
สถานภาพสมรส		
โสด	86	35.69
สมรส/อยู่ด้วยกัน	132	54.77
หย่า/แยกกันอยู่/หม้าย	23	9.54
รายได้สุทธิต่อเดือน		
น้อยกว่า 10,000 บาท	156	64.73
10,001-15,000 บาท	69	28.63
15,001-20,000 บาท	10	4.15
มากกว่า 20,000 บาท	6	2.49
$\bar{X}$ = 10,985.77 , S.D. = 2843.59 , Min = 7000 , Max = 26,100		
อาชีพเสริม		
ไม่มีอาชีพเสริม	108	44.81
เกษตรกรรม	42	17.43
ค้าขาย	14	5.81
รับจ้างทั่วไป	46	19.09
เก็บของเก่าขาย	30	12.45
อื่น ๆ (ธุรกิจครอบครัว)	1	0.41
การสูบบุหรี่		
ไม่สูบ	124	51.45
สูบ	105	43.57
เคยสูบ ปัจจุบันเลิกแล้ว	12	4.98
การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์		
ไม่เคยดื่ม	52	21.58
ดื่ม	176	73.03
เคยดื่ม ปัจจุบันเลิกแล้ว	13	5.39
การออกกำลังกาย		
ไม่ได้ออกกำลังกาย	88	36.51
ออกกำลังกาย	153	63.49
ปัญหาสุขภาพหรือโรคประจำตัว		
ไม่มี	182	75.52
มี	59	24.48
การได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี		
ไม่เคย	113	46.89
เคย	128	53.11

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
การได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน		
ไม่เคย	173	71.78
เคย	68	28.22
- ตัด/บาดเจ็บ/ไหม้	33	48.53
- กระแทกชน/บาดเจ็บกล้ามเนื้อ	35	51.47
การป่วยเป็นโรคจากการทำงาน		
ไม่เคย	221	91.70
เคย	20	8.30
- โครงร่างกล้ามเนื้อ	6	30.00
- ระบบทางเดินหายใจ	14	70.00

2. ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย

ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยของพนักงานเก็บขยะ จากผลการศึกษาพบว่า คะแนนความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยของพนักงานเก็บขยะ ด้านการเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพ อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 16.18, S.D. = 4.05) ด้านการอ่านและทำความเข้าใจ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 44.60, S.D. = 7.52) ด้านทักษะการสื่อสาร อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 30.85, S.D. = 5.91) ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 39.07, S.D. = 6.91) ด้านการรู้เท่าทันสื่อ อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}$ = 13.76, S.D. = 2.77) และด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ =

15.14, S.D. = 2.85) คะแนนความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยของพนักงานเก็บขยะในการศึกษาครั้งนี้ โดยรวมทั้ง 6 ด้าน ($\bar{X}$ = 159.60, S.D. = 24.92) ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ (105.01 – 165.01 คะแนน) จำแนกตามกลุ่มตัวอย่างพบว่าระดับความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยในกลุ่มตัวอย่างโดยรวมทั้ง 6 ด้าน ร้อยละ 55.60 อยู่ในระดับพอใช้, ร้อยละ 41.90 อยู่ในระดับดี และร้อยละ 25.00 อยู่ในระดับน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2 และพบว่าด้านที่มีระดับน้อยที่สุด 3 ลำดับ ได้แก่ ด้านการอ่านและทำความเข้าใจ, ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ และด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย (n = 241)

ความรอบรู้ทางสุขภาพ ด้านอาชีวอนามัย (คะแนนเต็ม)	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	ระดับของ OHL : จำนวนคน (ร้อยละ)		
				ระดับน้อย	ระดับพอใช้	ระดับดี
โดยรวมทั้ง 6 ด้าน (225)	159.60	24.92	พอใช้	6 (25.00)	134 (55.60)	101 (41.90)
1. ด้านการเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพ (25)	16.18	4.05	พอใช้	28 (11.60)	148 (61.40)	65 (27.00)
2. ด้านการอ่านและทำความเข้าใจ (60)	44.60	7.52	ดี	7 (2.90)	109 (45.20)	125 (51.90)
3. ด้านทักษะการสื่อสาร (45)	30.85	5.91	พอใช้	18 (7.50)	141 (58.50)	82 (34.00)
4. ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ (55)	39.07	6.91	พอใช้	7 (2.90)	133 (55.20)	101 (41.90)
5. ด้านการรู้เท่าทันสื่อ (20)	13.76	2.77	พอใช้	17 (7.10)	136 (56.40)	88 (36.50)
6. ด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง (20)	15.14	2.85	ดี	7 (2.90)	83 (34.4)	151 (62.70)

3. พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ โดยรวมมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ = 3.25, S.D. = 0.30) แปลความหมายคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานอยู่ในระดับดี ร้อยละ 83.40 ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน แยกเป็นรายด้าน พบว่า พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง ด้านการทำความสะอาดร่างกาย เช่น ล้างมือ หลังจากปฏิบัติงานเก็บขยะเสร็จทันที, การทิ้งหน้ากากอนามัยเมื่อใช้แล้ว หลังจากปฏิบัติงานเสร็จ, การสวมใส่เสื้อแขนยาว

และกางเกงขายาวก่อนปฏิบัติงาน และมองซ้าย-ขวา ระมัดระวังรถที่แล่นไปมาบนถนน ขณะข้ามถนนไปเก็บขยะ มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) มากที่สุด ได้แก่ 3.84, 3.75 และ 3.73 ตามลำดับ

ส่วนพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานด้านมาทำงานตามปกติ ถึงแม้จะมีไข้ หรือไม่สบาย, ทานสวมแว่นตานิรภัยเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมกระเด็นเข้าตาขณะปฏิบัติงานและทานกัมหลังเวลาลากถังขยะที่วางอยู่บนพื้นแทนการย่อเข้า มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) น้อยที่สุด ได้แก่ 2.61, 2.25 และ 2.22 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ระดับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

(n = 241)

พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับของพฤติกรรมความปลอดภัย :		
			จำนวนคน (ร้อยละ)		
			ระดับน้อย	ระดับพอใช้	ระดับดี
พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน	3.25	0.30	1 (0.42)	39 (16.18)	201 (83.40)

ตารางที่ 4 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

(n = 241)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน (%)				$\bar{X}$	S.D.	ระดับของพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน
		ไม่ปฏิบัติเลย n (%)	ปฏิบัติ นานๆครั้ง n (%)	ปฏิบัติ บ่อยครั้ง n (%)	ปฏิบัติทุก ครั้ง n (%)			
พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานโดยรวม						3.25	0.30	ดี
พฤติกรรมเชิงบวก								
1	ท่านกระฉับกระเฉง กระปรี้กระเปร่าก่อนปฏิบัติงาน	4 (1.66%)	23 (9.54%)	92 (38.17%)	122 (50.62%)	3.38	0.73	ดี
2	ท่านสวมใส่เสื้อแขนยาว และกางเกงขายาวก่อนปฏิบัติงาน	1 (0.41%)	10 (4.15%)	43 (17.84%)	187 (77.59%)	3.73	0.55	ดี
3	ท่านสวมถุงมืออย่างหนา ก่อนปฏิบัติงานเก็บขยะ	7 (2.90%)	7 (2.90%)	37 (15.35%)	190 (78.84%)	3.70	0.67	ดี
4	ท่านสวมรองเท้าบูทก่อนปฏิบัติงานเก็บขยะ	14 (5.81%)	27 (11.20%)	40 (16.60%)	160 (66.39%)	3.44	0.91	ดี

ข้อ	ข้อความ	จำนวน (%)				$\bar{X}$	S.D.	ระดับของพฤติกรรม ความปลอดภัยใน การทำงาน
		ไม่ปฏิบัติ เลย n (%)	ปฏิบัติ นานๆครั้ง n (%)	ปฏิบัติ บ่อยครั้ง n (%)	ปฏิบัติทุก ครั้ง n (%)			
5	ท่านออกกำลังกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการปฏิบัติงาน	26 (10.79%)	66 (27.39%)	69 (28.63%)	80 (33.20%)	2.84	1.01	พอใช้
6	ท่านปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับในการทำงานอย่างเคร่งครัด	3 (1.24%)	19 (7.88%)	61 (25.31%)	158 (65.56%)	3.55	0.69	ดี
7	ท่านสวมแว่นตานิรภัยเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมกระเด็นเข้าตาขณะปฏิบัติงาน	91 (37.76%)	53 (21.99%)	43 (17.84%)	54 (22.41%)	2.25	1.18	พอใช้
8	ท่านมองซ้าย-ขวา ระมัดระวังรถที่แล่นไปมาบนถนน ขณะข้ามถนนไปเก็บขยะ	0 (0.00%)	12 (4.98%)	40 (16.60%)	189 (78.42%)	3.73	0.54	ดี
9	ท่านไม่หยอกล้อกับเพื่อนร่วมงานขณะปฏิบัติงาน	47 (19.50%)	62 (25.73%)	50 (20.75%)	82 (34.02%)	2.69	1.14	พอใช้
10	เมื่ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลชำรุด เสียหาย ท่านดำเนินการเปลี่ยนทันที	10 (4.15%)	25 (10.37%)	60 (24.90%)	146 (60.58%)	3.42	0.84	ดี
11	ท่านพักผ่อนอย่างเพียงพอก่อนมาทำงาน	4 (1.66%)	14 (5.81%)	65 (26.97%)	158 (65.56%)	3.56	0.68	ดี
12	ท่านระมัดระวังไม่ให้เกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติงานเก็บขยะ	7 (2.90%)	9 (3.73%)	36 (14.94%)	189 (78.42%)	3.69	0.68	ดี
13	ท่านช่วยเพื่อนร่วมงานยกหรือแบกถังขยะที่หนักเกินไป รถบรรทุกขยะ	4 (1.66%)	18 (7.47%)	56 (23.24%)	163 (67.63%)	3.57	0.70	ดี
14	ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำในการป้องกันอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานเก็บขยะจากหัวหน้างาน เพื่อนร่วมงานหรือบุคคลในครอบครัว	3 (1.24%)	18 (7.47%)	64 (26.56%)	156 (64.73%)	3.55	0.69	ดี
15	ท่านเปลี่ยนเสื้อผ้าหลังจากปฏิบัติงานเสร็จ	7 (2.90%)	11 (4.56%)	39 (16.18%)	184 (76.35%)	3.66	0.70	ดี
16	ท่านทิ้งหน้ากากอนามัยเมื่อใช้แล้วหลังจากปฏิบัติงานเสร็จ	8 (3.32%)	7 (2.90%)	23 (9.54%)	203 (84.23%)	3.75	0.67	ดี
17	ท่านทำความสะอาดรองเท้าบูทและผึ่งให้แห้งหลังสิ้นสุดการปฏิบัติงาน	3 (1.24%)	19 (7.88%)	45 (18.67%)	174 (72.20%)	3.62	0.69	ดี

ข้อ	ข้อความ	จำนวน (%)				$\bar{X}$	S.D.	ระดับของ พฤติกรรม ความ ปลอดภัยใน การทำงาน
		ไม่ปฏิบัติ เลย n (%)	ปฏิบัติ นานๆครั้ง n (%)	ปฏิบัติ บ่อยครั้ง n (%)	ปฏิบัติทุก ครั้ง n (%)			
18	ท่านทำความสะอาดร่างกาย เช่น ล้างมือ หลังจาก ปฏิบัติงานเก็บขยะเสร็จทันที	2 (0.83%)	8 (3.32%)	17 (7.05%)	214 (88.80%)	3.84	0.50	ดี
พฤติกรรมเชิงลบ								
19	ท่านสูบบุหรี่ขณะปฏิบัติงาน	16 (6.64%)	21 (8.71%)	53 (21.99%)	151 (62.66%)	3.41	0.90	ดี
20	ท่านไม่แจ้งผู้บังคับบัญชาเมื่อ เกิดอุบัติเหตุ/ความไม่ ปลอดภัย กับท่านหรือเพื่อน ร่วมงานในที่	63 (26.14%)	26 (10.79%)	42 (17.43%)	110 (45.64%)	2.83	1.26	พอใช้
21	ท่านมาทำงานตามปกติ ถึงแม้ จะมีไข้หรือไม่สบาย	46 (19.09%)	47 (19.50%)	103 (42.74%)	45 (18.67%)	2.61	1.00	พอใช้
22	ท่านถอดรองเท้าเมื่อรู้สึกอึด อัดหรือไม่สะดวกสบาย	31 (12.86%)	30 (12.45%)	73 (30.29%)	107 (44.40%)	3.06	1.04	ดี
23	ท่านไม่ได้ตรวจสอบความ เรียบร้อยของอุปกรณ์ป้องกัน อันตรายส่วนบุคคลก่อน ปฏิบัติงาน	78 (32.37%)	20 (8.30%)	51 (21.16%)	92 (38.17%)	2.65	1.28	พอใช้
24	ท่านก้มหลังเวลายกถังขยะที่ วางอยู่บนพื้น แทนการย่อเข่า	72 (29.88%)	82 (34.02%)	50 (20.75%)	37 (15.35%)	2.22	1.04	พอใช้
25	ท่านกระโดดขึ้น-ลงรถบรรทุก ขยะ ขณะรถเคลื่อนที่	60 (24.90%)	44 (18.26%)	63 (26.14%)	74 (30.71%)	2.63	1.16	พอใช้

4. ป้ายข้อมูลส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สถิติการทดสอบของฟิชเชอร์ (Fisher's exact test) และสถิติเพียร์สันไคสแควร์ (Pearson Chi-Square) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value < 0.05) ผลการศึกษาพบว่า การได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ

(n = 241)

ข้อมูลส่วนบุคคล	พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน			χ^2	p-value
	ระดับน้อย	ระดับพอใช้	ระดับดี		
ระดับการศึกษา	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	5.713	0.996
ประถมศึกษา	1 (2.6%)	18 (46.2%)	86 (42.8%)		
มัธยมศึกษาตอนต้น	0 (0.0%)	10 (25.6%)	48 (23.9%)		
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	0 (0.0%)	10 (25.6%)	54 (26.9%)		
อนุปริญญา/ปวส.	0 (0.0%)	1 (2.6%)	9 (4.5%)		
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	0 (0.0%)	0 (0.0%)	4 (2.0%)		
สถานภาพหรือตำแหน่งงานในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0)	8.280	0.173
พนักงานจ้างทั่วไป	0 (0.0%)	14 (35.9%)	79 (39.3%)		
พนักงานจ้างตามภารกิจ	0 (0.0%)	15 (38.5%)	54 (26.9%)		
ลูกจ้างประจำ	1 (2.6%)	2 (5.1%)	13 (6.5%)		
ลูกจ้างเหมาบริการ	0 (0.0%)	8 (20.5%)	55 (27.4%)		
สถานภาพสมรส	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	2.085	0.895
โสด	0 (0.0%)	16 (41.0%)	70 (34.8%)		
สมรส/อยู่ด้วยกัน	1 (2.6%)	20 (51.3%)	111 (55.2%)		
หย่า/แยกกันอยู่/หม้าย	0 (0.0%)	3 (7.7%)	20 (10.0%)		
อาชีพเสริม	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	7.078	0.646
ไม่มีอาชีพเสริม	0 (0.0%)	20 (51.3%)	88 (43.8%)		
เกษตรกรรม	1 (2.6%)	6 (15.4%)	35 (17.4%)		
ค้าขาย	0 (0.0%)	1 (2.6%)	14 (7.0%)		
รับจ้างทั่วไป	0 (0.0%)	6 (15.4%)	40 (19.9%)		
เก็บของเก่าขาย	0 (0.0%)	6 (15.4%)	24 (11.9%)		
การสูบบุหรี่	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	6.990	0.130
ไม่เคยสูบ	1 (2.6%)	14 (35.9%)	109 (54.2%)		
สูบ	0 (0.0%)	22 (56.4%)	83 (41.3%)		
เคยสูบ ปัจจุบันเลิกแล้ว	0 (0.0%)	3 (7.7%)	9 (4.5%)		
การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	4.894	0.346
ไม่เคยดื่ม	1 (2.6%)	8 (20.5%)	43 (21.4%)		
ดื่ม	0 (0.0%)	28 (71.8%)	148 (73.6%)		
เคยดื่ม ปัจจุบันเลิกแล้ว	0 (0.0%)	3 (7.7%)	10 (5.0%)		
การออกกำลังกาย	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	1.537	0.597
ไม่ได้ออกกำลังกาย	0 (0.0%)	17 (43.6%)	71 (35.3%)		
ออกกำลังกาย	1 (2.6%)	22 (56.4%)	130 (64.47%)		
ปัญหาสุขภาพหรือโรคประจำตัว	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	0.764	0.762
ไม่มี	1 (2.6%)	31 (79.5%)	150 (74.6%)		
มี	0 (0.0%)	8 (20.5%)	51 (25.4%)		

ข้อมูลส่วนบุคคล	พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน			χ^2	p-value
	ระดับน้อย	ระดับพอใช้	ระดับดี		
การได้รับการตรวจสอบสุขภาพประจำปี	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	1.165	0.724
ไม่เคย	0 (0.0%)	20 (51.3%)	93 (46.3%)		
เคย	1 (2.6%)	19 (48.7%)	108 (53.7%)		
การได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	9.358	0.005*
ไม่เคย	1 (2.6%)	20 (51.3%)	152 (75.6%)		
เคย	0 (0.0%)	19 (48.7%)	49 (24.4%)		
การป่วยเป็นโรคจากการทำงาน	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	1.322	0.581
ไม่เคย	1 (2.6%)	35 (89.7%)	185 (92.0%)		
เคย	0 (0.0%)	4 (10.3%)	16 (8.0%)		

Fisher's exact test, *p-value < 0.05

5. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ พบว่า ความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการอ่านและทำความเข้าใจ ด้านทักษะการสื่อสาร ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ ด้านการรู้เท่าทันสื่อ และด้านการจัดการสุขภาพของตนเองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัยกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

(n = 241)					
ความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัย	พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน			χ^2	p-value
	ระดับน้อย	ระดับพอใช้	ระดับดี		
1. ด้านการเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพ (ข้อที่ 1 – 5)					
ระดับน้อย	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	2.300	0.752
ระดับพอใช้	0 (0.0%)	5 (12.8%)	23 (11.4%)		
ระดับดี	1 (0.5%)	26 (66.7%)	121 (60.2%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	8 (20.5%)	57 (28.4%)		
2. ด้านการอ่านและทำความเข้าใจ (ข้อที่ 6 – 17)					
ระดับน้อย	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	28.321	< 0.001**
ระดับพอใช้	0 (0.0%)	6 (15.4%)	1 (0.5%)		
ระดับดี	1 (0.5%)	23 (59.0%)	85 (42.3%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	10 (25.6%)	115 (57.2%)		

ความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัย	พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน			χ^2	p-value
	ระดับน้อย	ระดับพอใช้	ระดับดี		
3. ด้านทักษะการสื่อสาร (ข้อที่ 18 – 26)	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	23.619	< 0.001**
ระดับน้อย	1 (0.5%)	9 (23.1%)	8 (4.0%)		
ระดับพอใช้	0 (0.0%)	24 (61.5%)	117 (58.2%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	6 (15.4%)	76 (37.8%)		
4. ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ (ข้อที่ 27 – 37)	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	22.504	< 0.001**
ระดับน้อย	0 (0.0%)	5 (12.8%)	2 (1.0%)		
ระดับพอใช้	1 (0.5%)	27 (69.2%)	105 (52.2%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	7 (17.9%)	94 (46.8%)		
5. ด้านการรู้เท่าทันสื่อ (ข้อที่ 38 – 41)	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	26.308	< 0.001**
ระดับน้อย	1 (0.5%)	9 (23.1%)	7 (3.5%)		
ระดับพอใช้	0 (0.0%)	24 (61.5%)	112 (55.7%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	6 (15.4%)	82 (40.8%)		
6. ด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง (ข้อที่ 42 – 45)	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	33.439	< 0.001**
ระดับน้อย	1 (0.5%)	5 (12.8%)	1 (0.5%)		
ระดับพอใช้	0 (0.0%)	21 (53.8%)	62 (30.8%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	13 (33.3%)	138 (68.7%)		
ความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีวอนามัยโดยรวม	1 (100.0%)	39 (100.0%)	201 (100.0%)	33.634	< 0.001**
ระดับน้อย	0 (0.0%)	6 (15.4%)	0 (0.0%)		
ระดับพอใช้	1 (0.5%)	27 (69.2%)	106 (52.7%)		
ระดับดี	0 (0.0%)	6 (15.4%)	95 (47.3%)		

Fisher's exact test, **p-value < 0.001

สรุปและอภิปรายผล

ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า พนักงานเก็บขยะทั้งหมดเป็นเพศชาย ร้อยละ 38.17 มีอายุอยู่ในช่วง 41 – 50 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 43.57 สถานภาพหรือตำแหน่งในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นพนักงานจ้างทั่วไป ร้อยละ 38.59 ด้านสถานภาพสมรส ส่วนใหญ่ ร้อยละ 54.77 สมรส/อยู่ด้วยกัน รายได้สุทธิต่อเดือน น้อยกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 64.73 ส่วนใหญ่ไม่มีอาชีพเสริม ร้อยละ 44.81 พฤติกรรม

การสูบบุหรี่ พนักงานเก็บขยะส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 51.45 ในส่วนพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พบว่า พนักงานเก็บขยะส่วนใหญ่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 73.03 การออกกำลังกายพบว่า พนักงานส่วนใหญ่ออกกำลังกาย ร้อยละ 63.49 และไม่มีปัญหาสุขภาพหรือโรคประจำตัว ร้อยละ 75.52 พนักงานเก็บขยะ ส่วนใหญ่เคยได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี ร้อยละ 53.11 ส่วนใหญ่ไม่เคยการได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน ร้อยละ 71.78 และไม่เคยป่วยเป็นโรคจากการทำงาน ร้อยละ 91.70

ความรู้สึกลดลงด้านอาชีพของพนักงานเกษียณ

จากผลการศึกษา พบว่า คะแนนความรู้สึกลดลงด้านอาชีพของพนักงานเกษียณ โดยรวมในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159.60 (S.D. = 24.92) ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ สอดคล้องกับแนวคิดความรู้สึกลดลงด้านอาชีพของ Rauscher and Myers ได้นิยามความรู้ด้านอาชีพ หมายถึง ความสามารถที่จะได้รับ ประมวลผลและเข้าใจ ข้อมูลพื้นฐานด้านอาชีพและความปลอดภัยที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจอย่างเหมาะสมเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงาน [19] ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีพและความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ : กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งแห่งหนึ่ง ในประเทศไทย พบว่า ความรู้ด้านสุขภาพด้านอาชีพของพนักงานอยู่ในระดับพอใช้ [30] และสอดคล้องกับศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอาชีพกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตเทศบาลนคร อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชลบุรี ที่พบว่า พนักงานเก็บขยะส่วนใหญ่มีระดับความฉลาดทางอาชีพรวมในระดับพอใช้ เช่นเดียวกัน [15] อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายด้าน อาจมีความแตกต่างกันตามบริบทพื้นที่การวิจัย และปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งจะถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การกำหนดโปรแกรมการส่งเสริมด้านสุขภาพ ในการเพิ่มความรู้ทางสุขภาพด้านอาชีพให้กับพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ ในแต่ละสถานประกอบการ ตามบริบทของแต่ละองค์กรต่อไป ซึ่งผลการศึกษาแตกต่างจากการศึกษาความรู้สึกลดลงด้านอาชีพและความปลอดภัย

ทำงานที่ปลอดภัยของเกษตรกรอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความรู้ด้านอาชีพอยู่ในระดับปานกลาง [31]

พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

จากผลการศึกษา พบว่า คะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ โดยรวมในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 (S.D. = 3.30) ซึ่งอยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมและความรู้ด้านความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ฝอย กรณีศึกษาเขตเทศบาลนครอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี ที่พบว่า พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ฝอยอยู่ในระดับดี [17] และสอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอาชีพกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ในเขตเทศบาลนคร อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชลบุรี พบว่า พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะโดยรวมอยู่ในระดับดี [15] ซึ่งเมื่อแยกพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าในระดับมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ด้านการทำความสะอาดร่างกาย เช่น ล้างมือ หลังจากปฏิบัติงาน เก็บขยะเสร็จทันที, การทักทายก่อนนำขยะไปใช้ แล้วหลังจากปฏิบัติงานเสร็จ, การสวมใส่เสื้อแขนยาว และกางเกงขายาวก่อนปฏิบัติงาน และมองซ้าย-ขวา ระมัดระวังรถที่แล่นไปมาบนถนน ขณะข้ามถนนไปเก็บขยะ มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) มากที่สุด ได้แก่ 3.84, 3.75 และ 3.73 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเพราะพนักงานเก็บขยะประเมินความเสี่ยงจากการทำงาน สามารถวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดอันตรายและความรุนแรงหรือผลกระทบจากอันตรายที่เกิดจากการทำงานในแต่ละขั้นตอนได้ จึงเลือกปฏิบัติเพื่อให้ความเสี่ยงจากการทำงาน

ลดลงให้มากที่สุดส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

สำหรับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ รายด้านที่มีระดับน้อยที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ ด้านมาทำงานตามปกติ ถึงแม้จะมีไข้หรือไม่สบาย มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) = 2.61 เพราะมีความคิดที่ว่าเมื่อเป็นไข้หรือไม่สบาย จะไม่ลาหยุดพักผ่อน เนื่องจากกลัวว่าจะขาดรายได้จากการลาหยุดงาน [26], ด้านสวมแว่นตานิรภัยเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอม กระเด็นเข้าตาขณะปฏิบัติงาน มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) = 2.25 โดยให้เหตุผลว่า การสวมแว่นตาหรืออุปกรณ์ป้องกันดวงตาทำให้การปฏิบัติงานไม่สะดวก และเกิดความรำคาญในขณะปฏิบัติงาน และนอกจากนี้คือการไม่ได้รับสนับสนุนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ดังกล่าว จากหน่วยงานที่ตนปฏิบัติงาน ซึ่งสอดคล้องกับกัลยาณี โอนินทร์ และนิศากร เชื้อสาธุชน [32] ที่ว่า หากหน่วยงานจัดหาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลให้มากขึ้น จะทำให้พนักงานเก็บขยะมีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้น จึงควรนำไปเป็นข้อเสนอแนะให้กับทางหน่วยงาน และ ด้านก้มหลังเวลายกถังขยะที่วางอยู่บนพื้น แทนการย่อเข้า มีระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) น้อยที่สุด = 2.22 ทั้งนี้อาจเพราะ พนักงานเก็บขยะไม่มีความรู้เกี่ยวกับด้านการยศาสตร์ในการปฏิบัติงาน ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติงานนั้น ล้วนแต่มีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของพนักงานทั้งสิ้น สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการปฏิบัติแบบเดิมด้วยท่าทางเดิมซ้ำๆ การเกร็งข้อมือ แขน เพื่อยกถังขยะที่มีน้ำหนักมาก ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ โดยความชุกของอาการปวดกล้ามเนื้อ พบที่บริเวณหลังมากที่สุด [33] มีอาการปวดหลัง โดยมีสาเหตุหลักมาจากมีท่าทางการทำงานที่ต้องยกของ ยืน และนั่ง

ทำเดิวนานๆ การก้มตัวหรือเอี้ยวตัวหีบของ ฉะนั้นควรมีการให้ความรู้ด้านการยศาสตร์ควบคู่ไปกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงานให้แก่พนักงานเก็บขยะ

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยข้อมูลส่วนบุคคลกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

ผลการศึกษา พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพหรือตำแหน่งงานในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สถานภาพสมรส รายได้สุทธิต่อเดือน อาชีพเสริม การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การออกกำลังกาย ปัญหาสุขภาพ หรือโรคประจำตัว การได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี และการป่วยเป็นโรคจากการทำงาน ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง ต่างจากปัจจัยด้านการได้รับการบาดเจ็บจากการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ได้รับการบาดเจ็บจากการทำงาน คือ กระแทกชน/บาดเจ็บกล้ามเนื้อ ร้อยละ 51.47 และการตัด/บาด/ทิ่มแทง ร้อยละ 48.53 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีโดมิโน (Domino theory) ของเฮนริช (Heinrich) เกี่ยวกับสาเหตุและการเกิดอุบัติเหตุ กล่าวคือการบาดเจ็บและความเสียหายต่าง ๆ เป็นผลสืบเนื่องโดยตรงมาจากอุบัติเหตุ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งเปรียบเทียบได้เหมือนตัวโดมิโนที่เรียงกันอยู่ 5 ตัวไล่กัน เมื่อตัวที่หนึ่งล้มย่อมมีผลทำให้ตัวโดมิโนล้มตามกันไปด้วย ซึ่งได้แก่ ภูมิหลังของบุคคล ความบกพร่องของบุคคล การกระทำและสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย อุบัติเหตุ หรือการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องเนื่องจากการทำงานล้วน

แล้วแต่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานทั้งสิ้น [34] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิติยา ชมเชย และ กัญญาลักษณ์ ณ รัสสี [35] ที่พบว่า พนักงานเก็บขยะที่เคยประสบอุบัติเหตุมี พฤติกรรมดูแลและป้องกันอันตรายดีกว่ากลุ่มที่ไม่เคยประสบอุบัติเหตุในการทำงาน

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ พบว่า ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยด้านการอ่านและทำความเข้าใจ ด้านทักษะการสื่อสาร ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้ ด้านการรู้เท่าทันสื่อ และด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) สอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านสุขภาพเกี่ยวกับกลุ่มอาการออฟฟิตซินโดรมกับพฤติกรรมการป้องกันกลุ่มอาการออฟฟิตซินโดรมของบุคลากรสายสนับสนุน ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ที่พบว่า ความรอบรู้ด้านสุขภาพ ด้านการจัดการตนเอง ทักษะการสื่อสาร การรู้เท่าทันสื่อ และทักษะการตัดสินใจ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันกลุ่มอาการออฟฟิตซินโดรม [36] ยกเว้น ด้านความรู้ความเข้าใจ หรือด้านการอ่านและทำความเข้าใจ ทั้งนี้เนื่องจาก กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างพนักงานเก็บขยะ ส่วนใหญ่ จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ เมื่อพนักงานเก็บขยะมีความรู้ สามารถอ่านและทำความเข้าใจทั้งคู่มือความปลอดภัย นโยบาย มาตรการต่าง ๆ จะช่วย

ให้พนักงานเข้าใจถึงขั้นตอนการทำงานที่ปลอดภัย รู้วิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ถูกต้อง รวมถึง ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งทำให้พวกเขาสามารถ ปฏิบัติตามมาตรการได้อย่างถูกต้องและมี พฤติกรรมที่ปลอดภัยมากขึ้น

ด้านการอ่านและทำความเข้าใจ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ซึ่งการอ่านและทำความเข้าใจ คือ การที่บุคคลมีความรู้ สามารถอ่านและทำความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวทางการปฏิบัติจะส่งผลให้พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานอยู่ในระดับดีด้วย เพราะทำให้พนักงานเก็บขนมูลฝอยเกิดพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงอันตรายในการทำงานและทราบวิธีป้องกันตนเอง ไม่ให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้ [17]

ด้านทักษะการสื่อสาร มีความสัมพันธ์กับ พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ทั้งนี้เนื่องจาก ทักษะการสื่อสาร เป็นความสามารถในการสื่อสารโดยการพูด อ่าน เขียน รวมทั้งสามารถสื่อสารและโน้มน้าวให้บุคคลอื่นเข้าใจและยอมรับข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติตน ซึ่งครอบคลุมทั้งการใช้สื่อต่าง ๆ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ในการเผยแพร่ข้อมูลเนื้อหาสุขภาพ เป็นแรงเสริมให้คนค้นหาและมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี นำไปสู่วิถีชีวิตสุขภาพที่ดีให้กับตนเองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัย ด้านทักษะการสื่อสาร มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกร [31]

ด้านการตัดสินใจและนำไปใช้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการกำหนดทางเลือกและปฏิเสธ/หลีกเลี่ยงหรือเลือกวิธีการปฏิบัติ โดยมีการใช้เหตุผลหรือวิเคราะห์ผลดี – ผลเสียเพื่อการปฏิเสธ/หลีกเลี่ยง พร้อมแสดงทางเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง [18] ทั้งนี้

เนื่องจากพนักงานเก็บขยะมีความสามารถด้านการคิดและมีทักษะการตัดสินใจอย่างถูกต้อง เป็นการเชื่อมโยงของความรู้ทักษะ ทศนคติและค่านิยมทำให้เกิดพฤติกรรมไปในทางที่ถูกต้อง ซึ่งจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดพฤติกรรมความไม่ปลอดภัยในการทำงานได้ [36]

ด้านการรู้เท่าทันสื่อ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ทั้งนี้เนื่องจาก การรู้เท่าทันสื่อคือ ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่สื่อนำเสนอ และสามารถเปรียบเทียบวิธีการเลือกรับสื่อเพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับสุขภาพของตนเองและผู้อื่น รวมทั้งมีการประเมินข้อความสื่อเพื่อชี้แนะแนวทางให้กับชุมชนและสังคม สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าความรอบรู้ด้านสุขภาพกับทักษะด้านการรู้เท่าทันสื่อและพฤติกรรมสุขภาพ 302ส ของผู้บริหารภาครัฐ มีความสัมพันธ์กันอย่างมากมีนัยสำคัญทางสถิติ [37]

ด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะ ทั้งนี้เนื่องจากทักษะการจัดการตนเอง คือความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย วางแผน และปฏิบัติตามแผนการปฏิบัติ พร้อมทั้งมีการทบทวนวิธีการปฏิบัติตามเป้าหมาย เพื่อนำมาปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติตนให้ถูกต้องได้ สอดคล้องกับการศึกษาความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ: กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งแห่งหนึ่ง ในประเทศไทย ที่พบว่า ความรอบรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยด้านการจัดการสุขภาพของตนเอง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน [30]

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณพนักงานเก็บขยะ และเจ้าหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทุกแห่ง ที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมวิจัย และที่ปรึกษาโครงการวิจัย อีกทั้งผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัยทั้ง 3 ท่าน ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

ควรจัดกิจกรรมส่งเสริมการพัฒนาความรู้สุขภาพด้านอาชีวอนามัยให้กับพนักงานเก็บขยะ และจัดโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพด้านอาชีวอนามัย เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระดับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานเก็บขยะให้ดียิ่งขึ้น

References

- [1] United Nations Environment Programme (UNEP), *Global Waste Management Outlook 2024*. [Online]. Available: <http://unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>
- [2] Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment, *Report on the situation of community waste disposal sites in Thailand*. 2019. [Online]. Available: <http://infofile.pcd.go.th/Waste/Wst2018.pdf>
- [3] Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. *Report on the Waste Disposal Facilities Situation in Thailand*. 2023. [Online]. Available: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2024/05/pcdnew-2024-05-09_07-53-50_682275.pdf

- [4] J. Khumtong, C. Ruedet, & A. Bunsong, "Prevalence and factors affecting the work-related musculoskeletal disorders among solid waste collectors in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province," *Journal of Nursing, Health, and Education*, 2023, vol. 6, no. 1, pp. 21-31.
- [5] W. Sermlao, & S. Wongthanavas, "Lessons Learned: Success in Waste Management in Japan, Singapore, South Korea, and Taiwan," *Journal of Modern Learning Development*, 2021, vol. 6, no. 1, pp. 234-249.
- [6] T. R. Zolnikov, R. da Silva, C., Tuesta, A. A. Marques, C. P., & V. R. N. Cruvinel, *Ineffective waste site closures in brazil: A systematic review on continuing health conditions and occupational hazards of waste collectors*. Waste Management, 2018, 80, pp. 26-39.
- [7] M, Neghab, F. Khodaparast-Kazerouni, J. Hassanzadeh, F. Ahmadzadeh, *Assessment of respiratory symptoms and lung functional impairments among a group of garbage collectors*. IJOH 2013, vol. 5, no. 2, pp. 76-81.
- [8] Aweng E. R, Fatt C. C. "Survey of potential health risk of rubbish collectors from the garbage dump sites in Kelantan, Malaysia." *Asian Journal of Applied Sciences*, 2014, vol. 2, no. 1, pp. 36-44.
- [9] T. Sigsgaard, Health hazards to waste management workers in Denmark. *Skriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*, 1999, pp. 563-568.
- [10] P. Poonnak, S. Supapong, & T. Rattananupong, "Incidence rate and related factors of occupational injuries among waste collectors of regional hospitals in the central zone," *Journal of Thammasat Medical*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 143-154.
- [11] S. Sangkham, & C. Arunlertaree, "Occupational Health Hazards among Solid Waste Collectors and Prevention," *Journal of Srinagarind Med*, 2019, vol. 34, no. 6, pp. 649-657.
- [12] S. Nitaramorn, et al., "Health Status of Waste Management Workers in Municipality of Nonthaburi Province," *Journal of Health Science*, 2021, vol. 30, no. 2, pp. 232-241.
- [13] N. Lerdpornawan, C. Chanprasit, & T. Kaewthummanukul, "Occupational Health Hazards and Health Status Related to Risk Among Waste Collectors," *Journal of Nursing*, 2017, vol. 44 no. 2, pp. 138-150.
- [14] S. Cointreau, Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management Special Emphasis on Middle and Lower-Income Countries, 2006.
- [15] P. Sealim, N. Jivacate, & S. Rattanaagreethakul, "The Relationship Between Occupational Health Literacy and Safety Behavior among Garbage Collectors in City Municipality Siracha District, Chonburi Province," *Journal of the Royal Thai Army Nurses*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 298-306.

- [16] F. Made, V. Ntlebi, T. Kootbodien, K. Wilson, K., Tlotleng, N., Mathee, A., Ndaba, M., Kgalamono, S., & Naicker, N. Illness, Self-Rated Health and Access to Medical Care among Waste Pickers in Landfill Sites in Johannesburg, South Africa. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, Mar. 27, vol. 17, no. 7.
- [17] S. Chaikhan, & W. Pansiri, "Behavior and Knowledge of Work Safety among Garbage Collectors: A Case Study of Ubon Ratchathani City Municipality, Ubon Ratchathani Province," *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 50-59.
- [18] D. Nutbeam, The evolving concept of health literacy. *Social Science & Medicine*, vol. 67, no. 12, pp. 2072-2078. 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.09.050>.
- [19] K. J. Rauscher, & D. J. Myers, "Occupational health literacy and work-related injury among U. S. adolescents." *International journal of injury control and safety promotion*, 2014, vol. 21, no. 1, pp. 81-89. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/17457300.2013.792288>
- [20] N. Azizi, M. Karimy, R. Abedini, B. Armoon, & A. Motazeri, Development and validation of the health literacy scale for worker. Development and validation of the health literacy scale for workers. *Int J Occup Environ Med*, 2019, 10, pp. 30-39. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15171/ijoem.2019.1498>.
- [21] M. Kongsombatsuk, C. Polyong. & D. Rittideah, "Occupational health literacy affecting work-related disease and injury prevention behaviors among industrial workers," *Journal of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University*, 2020, vol. 3, no. 2, pp. 112-120.
- [22] K. Tantranont, et al., "Development of a Scale to Measure Occupational Health and Safety Literacy Scale among Industrial Workers," *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 2019, vol. 20, no. 3, pp. 247-255.
- [23] C. Polyong, et al., "Validation of the Occupational Health Literacy Test for Industrial Workforce," *Journal of Safety and Health*, 2019, vol. 3, no. 2, pp. 140-157.

- [24] N. Tuwasin, & C. Heetakson, "The Effects of Using a Health Promotion Program to Promote Awareness for Health Behaviors among Waste Collectors in Muang Municipality," Surat Thani Province, *Journal of Health Research and Innovation*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 25-34.
- [25] F. Rattanahanahutanon, & N. Duangpratoon, "Social Support with Prevention Behaviors of Diseases and Occupational Accidents among Garbage Collectors, Bang Pa-In District, Phranakhon Sri Ayutthaya Province," *Journal of Humanities and Social Sciences, Rajapruk University*, 2019, vol. 5, no. 2, pp. 220-33.
- [26] N. Tiangkamdee, C. Jantawong, & P. Homsin P. "Factors influencing work-related accidental prevention behaviors of garbage collectors in Banglamung District Chonburi Province." *Journal of Public Health Nursing*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 43-55.
- [27] D. F. Polit, & C. T. Beck, "Generating and assessing evidence for nursing practice." *Nursing Journal*, 2012, vol. 5, no. 9.
- [28] S. Lemeshow, D. W. Hosmer, J. Klar, and S. K. Lwanga, *Adequacy of Sample Size in Health Studies*, Geneva: World Health Organization, 1990.
- [29] J. W. Best, *Research in Education*, 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1977.
- [30] N. Maimahad. et al., "Occupational Health Literacy and Safety Behavior of Operation workers: A case study of Block Rubber Industry, Thailand. " *Public Health Policy & Law Journal*, 2022, vol. 8, no. 3, pp. 427-442.
- [31] N. Loonprom, et al., "Occupational Health Literacy and Safety Working Behaviors Among Agriculturists in Muang District, Udon Thani Province." *The Journal of Faculty of Nursing Burapha University*, 2022, vol. 30, no. 4, pp. 116-127.
- [32] No-in, K & N. Chersathuchon, "Factors related to disease and injury preventative behaviors of garbage collectors during flood crisis: A case study in a district of Bangkok Metropolitan" *Journal of Health Systems Research*, 2012, vol. 6, no. 4, pp. 513-523.
- [33] T. Jenwithee, & G. Nathapindhu, G. "Health Problem of Solids Waste Collectors of Local Administrative Organization in Muang District Chaiphum Province in 2017" *The office of disease prevention and control 9th*, 2018, vol. 25, no. 2, pp. 16-25.
- [34] K. Lemma, C. Chanprasit, & T. Kaewthummanukul, "Work Related Injuries and Safe Work Behavior among Autoparts Manufacturing Workers" *Nursing Journal*, 2018, vol. 45, no. 4, pp. 56-70.

- [35] N. Chomchey, & K. Na-Rungsri, “Health status and opinions toward flood-related refuse collection: A case study of refuse collectors at one district office of the Bangkok Metropolitan administration” *Thammasat Medical Journal*, 2013, vol. 13, no. 2, pp. 195-201.
- [36] P. Photihung, N. Damnong, & A. Tassanatanachai, “Relationship between Health Literacy Related to Office Syndromes and Office Syndrome Prevention Behavior Among Supportive Personnel at a University” *Journal of Thai Red Cross Nursing*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 235-250.
- [37] P. Paibulsiri, “ Health literacy and health behaviors 3E2S of public sector executives, Phra Nakhon Si Ayutthaya province. ” *Journal of Preventive Medicine Association of Thailand*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 97-107.

การประเมินการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตในภาคการผลิตไฟฟ้า ของประเทศไทย

สุชิน ฉวีวงศ์¹, สุพรรณนิกา วัฒนะ²

^{1,2}คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Email: supannika.w@msu.ac.th²

Received: Apr 21, 2025

Revised: May 01, 2025

Accepted: May 02, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตในการผลิตสาขาไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต ตามเป้าหมายการพัฒนาประเทศไทยให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยการสร้างแบบจำลอง Long-Structural Equation modeling based on latent growth model (LSEM-LG model) เพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญต่อการนำไปใช้ในการบริหารประเทศให้เกิดประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนดเรื่อง net zero emission ใน พ. ศ. 2608 ผลการวิจัยพบว่า ตั้งแต่อดีต (2535-2568) มีการเติบโตเฉพาะด้านเศรษฐกิจ (economic sector) และสังคม (social sector) เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีอัตราการเติบโตที่สูงอย่างต่อเนื่อง และในขณะเดียวกันได้ส่งผลเสียให้กับด้านสิ่งแวดล้อมให้เสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากผลการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยค้นพบว่า CO₂ emission จากอันเนื่องจากการใช้พลังงานในสาขาไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นกว่าเกณฑ์ความสามารถในการรองรับได้ (เกณฑ์กำหนดไว้ไม่เกิน 65.05 Mt CO₂ Eq. (2025-2034) ซึ่งมีอัตราการเติบโต (2034/2025) เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 31.52% ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นเป็น 75.79 Mt CO₂ Eq. (2025-2034) ดังนั้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้ค้นพบ new scenario policy คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิงไปอดีเซล และ อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ช่วยลดอัตราการเพิ่มของ CO₂ emission เพิ่มขึ้นแค่เพียง 52.31 Mt CO₂ Eq. (2025-2034) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจบริหารประเทศสู่เป้าหมาย green industrial ในอนาคตได้

คำสำคัญ : การใช้พลังงาน, การพัฒนาอย่างยั่งยืน, การเติบโตของสิ่งแวดล้อม, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Life Cycle Energy Assessment in the Electricity Generation Sector of Thailand

Suchin Chaweewong¹, Supannika Wattana²

^{1,2} Faculty of Engineering, Mahasarakham University

Email: supannika.w@msu.ac.th²

Received: Apr 21, 2025

Revised: May 01, 2025

Accepted: May 02, 2025

Abstract

This research aims to study the relationship of causal factors affecting energy consumption throughout the life cycle in Thailand's electricity production sector in the future, in line with the country's development goal toward sustainability. A Long-Structural Equation Modeling based on the Latent Growth Model (LSEM-LG model) was developed as a key tool to be applied in managing the country efficiently toward the net zero emission goal by the year 2065. The research findings revealed that from the past (1992–2024), there has been continuous and significant growth in the economic and social sectors. However, this growth has simultaneously caused ongoing environmental degradation. The study found that CO₂ emissions resulting from energy use in the electricity sector have increased beyond the acceptable threshold (set not to exceed 65.05 Mt CO₂ Eq. for 2024–2034). The projected growth rate between 2025 and 2034 is 31.52%, resulting in CO₂ emissions reaching 75.79 Mt CO₂ Eq. As a result, the study proposes a new policy scenario: increasing the use of biodiesel and gasohol fuels can help reduce the growth rate of CO₂ emissions to only 52.31 Mt CO₂ Eq. (2025–2034). This demonstrates that the model developed in this study is suitable for application in national decision-making to drive the country toward a green industrial future.

Keywords : Energy consumption, Sustainable development, Environmental growth, Climate change

บทนำ

องค์กรสหประชาชาติได้มีการจัดประชุมใหญ่ในโลกเกี่ยวกับการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมขึ้น จำนวน 3 ครั้ง คือครั้งที่ 1 ในปี ค.ศ. 1972 ณ กรุงสตอกโฮล์ม ประเทศสวีเดน และได้มีการจัดตั้งองค์กรรับผิดชอบโดยตรงขึ้นในปี ค.ศ. 1983 ชื่อว่า United Nation Environmental Process (UNEP) และต่อมาในปี 1992 ได้มีการประชุมใหญ่ชื่อว่า Earth Summit, Rio Conference หรือ การประชุมสหประชาชาติว่าด้วยเรื่องสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (UN Conference on Environment and Development; UNCED)" ณ กรุงริโอเดอจาเนโร สหพันธ์สาธารณรัฐบราซิล โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์ว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา ซึ่งนับเป็นการประชุมครั้งแรกที่ได้กำหนดแนวทางการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะต้องดำเนินการพัฒนาให้ครอบคลุม 3 เสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน คือ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม [1] โดยที่ประชุมได้มีมติให้จัดตั้งคณะกรรมการว่าด้วยการพัฒนาที่ยั่งยืน (Commission on Sustainable Development; CSD) ประกอบด้วย สมาชิกจำนวน 53 ประเทศ รับผิดชอบเรื่องการพัฒนายั่งยืน และติดตามกำหนดแนวทางในการนำผลการประชุม WSSD ไปปฏิบัติ ให้เป็นรูปธรรม โดย CSD จะรายงานผลต่อสมัชชาสหประชาชาติ (UN General Assembly) โดยผ่านคณะมนตรีเศรษฐกิจ และสังคมแห่งสหประชาชาติ (Economic and Social Council - ECOSOC) ทั้งนี้ที่ประชุมได้ให้การรับรองเอกสาร 3 ฉบับและอนุสัญญา 2 ฉบับ ได้แก่ 1) ปฏิญญาริโอ (Rio Declaration on Environment and Development) เป็นหลักการเกี่ยวกับสิทธิและความรับผิดชอบของ สหประชาชาติในการดำเนินงานพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิตของประชาชน 2) แถลงการณ์เกี่ยวกับหลักการด้าน

ป่าไม้ (Statement of Forest Principle) เป็นแนวทางสำหรับการจัดการทรัพยากร ป่าไม้อย่างยั่งยืน และ 3) แผนปฏิบัติการ 21 (Agenda 21) เพื่อเป็นแผนแม่บทของโลกในการดำเนินงานเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม และมีอีก 2 อนุสัญญา ได้แก่ อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไทยให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2537 และ อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ ไทยให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2547 นอกจากนี้ยังมีการประชุมครั้งล่าสุดในปี ค.ศ. 2005 ณ กรุงโจฮันเนสเบิร์ก ประเทศอิตาลี สำหรับการประชุมสำคัญดังกล่าว ทั้ง 3 ครั้งนั้นประเทศไทยได้เข้าร่วมและปฏิบัติโดยเคร่งครัดมาตลอดเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมายยุทธศาสตร์ชาติในระยะยาว [1-2]

ก่อนเกิดวิกฤตเศรษฐกิจและช่วงการเกิดวิกฤตเศรษฐกิจ (1997-2001) พบว่า ประเทศไทยได้มีการดำเนินการในด้านดังกล่าว ไม่ประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนได้ เนื่องจากมีการเศรษฐกิจไม่มีการเติบโตและเกิดวิกฤตทำให้ประเทศไทยต้องไปกู้ยืมเงินต่างประเทศมาช่วยพยุงด้านเศรษฐกิจ [3-4] ซึ่งส่งผลให้การพัฒนาด้านสังคมก็ไม่สามารถพัฒนาได้เลย ประชาชนไม่มีความปลอดภัย ปัญหาเรื่องสาธารณสุขก็เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ด้านสิ่งแวดล้อมก็มีการทำลายอย่างหนักเกิดก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [4-5] ดังนั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว ประเทศไทยได้ปรับแผนการบริหารประเทศใหม่ ใน พ.ศ. 2545 เป็นต้นมาโดยให้ความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินด้านการพัฒนาอย่างยั่งยืน (sustainable development) [6] โดยได้กำหนดนโยบายการบริหารประเทศขึ้นมาเพื่อดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม และเพื่อให้เกิดความชัดเจนของนโยบายในการนำไปใช้เพื่อการ

บริหารประเทศไทย ทั้งนี้ประเทศไทยได้เร่งพัฒนาประเทศด้วยการส่งเสริมด้านเศรษฐกิจควบคู่กับการพัฒนาด้านสังคมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวประสบความสำเร็จอย่างมาก ในปัจจุบันนี้คือ การส่งเสริมให้มีการส่งออกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [7-8] มีการสนับสนุนการส่งออกไปยังประเทศคู่ค้าด้วยสินค้าที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพิ่มฐานการผลิตเพื่อการส่งออกได้มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับสร้างความเชื่อมั่นกับประเทศคู่ค้าเกี่ยวกับคุณภาพสินค้าอย่างต่อเนื่อง [9] นอกจากนี้ยังพยายามลดการนำเข้าในสินค้าหลายประเภทและเน้นส่งเสริมให้เกิดการผลิตแล้วใช้เองในประเทศให้เพียงพอ และนอกจากนี้รัฐบาลยังมีส่งเสริมให้นักลงทุนจากต่างประเทศมาทำการลงทุนด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ จำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาไฟฟ้า และขยายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทั้งนี้พบว่าประเทศไทยปัจจุบันนี้ (พ.ศ. 2568) การบริโภคพลังงานในสาขาไฟฟ้ามีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เท่า นับตั้งแต่ พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา [10] ซึ่งรัฐบาลได้มีการส่งเสริมด้านแหล่งทุนสำคัญให้กับการผลิตด้านอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องและมีการลดค่าธรรมเนียมต่าง ๆ รวมถึงการลดภาษีประจำปี ส่งผลให้นักลงทุนจากในประเทศไทยเองและนักลงทุนจากต่างประเทศทั่วโลกหันมาทำการลงทุนเพิ่มสูงขึ้นแบบก้าวกระโดดทำให้ gross domestic product (GDP) ของประเทศมีอัตราการเติบโตในอัตราที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งถือว่ารัฐบาลไทยได้ดำเนินนโยบายด้านเศรษฐกิจประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง [11-12]

จากการดำเนินนโยบายด้านเศรษฐกิจให้เติบโตได้อย่างต่อเนื่องแล้ว รัฐบาลยังผลักดันด้านสังคมมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน โดยการเติบโตดังกล่าวเกิดขึ้นจากแรงผลักดันที่เกิดการเติบโตด้านเศรษฐกิจเองโดยตรง [13] และยัง

ประกอบด้วยการส่งเสริม สนับสนุน และการดำเนินการให้เกิดความเติบโตด้านสังคมในทุก ๆ มิติอย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า การบริโภคพลังงานก็เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน โดยก๊าซเรือนกระจกมีอัตราสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่า CO₂ emission มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะสาขาไฟฟ้าสูงสุดและมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าความสามารถในการรองรับของประเทศไทย (carrying capacity) ทั้งนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่านโยบายความยั่งยืนที่ใช้ในปัจจุบันนี้ยังไม่เกิดประสิทธิภาพอย่างเหมาะสม นอกจากนี้เมื่อได้ศึกษางานวิจัยจึงทำให้ทราบได้ว่า ที่ผ่านมามาประเทศไทยยังพบปัญหาหลายประการในการดำเนินงานให้เป็นตามแผนการดำเนินงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญเพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายและแผนในการพัฒนาประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตในการผลิตสาขาไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า แบบจำลองที่เกิดขึ้นในอดีตการสร้างแบบจำลองนั้นไม่ได้คำนึงถึงปัญหาที่ได้จากการผลการประมาณการส่งผลให้เกิดค่าปลอม (spurious) ย่อมจะส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดในการพยากรณ์ที่สูง [14-15] และแบบจำลองในอดีตจะเป็นการวิเคราะห์ในลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวแปรแฝงในรูปแบบการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ (path analysis) จึงทำให้

ไม่สามารถทราบอิทธิพลทางตรง (direct effect) และอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) และแบบจำลองในอดีตจะไม่สามารถค้นพบ new scenario policy ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยฉบับนี้ โดยผู้วิจัยได้มองเห็นจุดบกพร่องดังกล่าว และได้สร้างแบบจำลอง LSEM-LG model ขึ้นมาเพื่อให้ผลการประมาณการเกิด validity และไม่เกิดปัญหา autocorrelation, multicollinearity, and heteroskedasticity

สำหรับการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้การวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ในช่วง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2567 โดยผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลที่เป็นสารสนเทศจากหน่วยงานรับผิดชอบโดยตรงในประเทศไทยคือ Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC) [2], Thailand greenhouse gas management organization (public organization) [3], Department of Alternative Energy Development and Efficiency. [4], and National Statistic Office Ministry of Information and Communication Technology [5] โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. คัดเลือกตัวแปรและทดสอบความเป็น stationary โดยการทดสอบ unit root test หากข้อมูลเป็น nonstationary ทำการแก้ไขโดยการ first difference แต่ถ้าไม่สามารถแก้ไขได้ก็จะต้องปรับเปลี่ยนตัวแปรดังกล่าวออกจากแบบจำลอง โดยอาศัยแนวคิดของ Dickey and Fuller [16]

2. นำตัวแปรที่เป็น stationary มาทำการตรวจสอบ co-integration test ตามแนวคิดของ Johansen [16-17]

3. ตรวจสอบคุณสมบัติของแบบจำลองและตรวจสอบ validity ของแบบจำลอง

4. ทำการพยากรณ์ CO₂ emissions ในอนาคตข้างหน้า (ตั้งแต่ พ.ศ. 2568-2577)

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนด hypothesis ไว้ 2 ประเด็นดังนี้

- 1) ตัวแปรแฝงแต่ละตัว มีความสัมพันธ์กันแบบอิทธิพลทางตรง (direct effect)

- 2) ตัวแปรแฝงแต่ละตัวแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันแบบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect)

ผลการวิจัย

1. คัดเลือก indicators ตามกรอบแผนการบริหารประเทศสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยคัดเลือก indicator ทุกตัวตามกรอบแนวคิดการบริหารของประเทศไทยสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน ทั้ง 3 ด้านมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของ indicator ซึ่งผลการตรวจสอบ พบว่า มี indicator จำนวน 14 ตัวเท่านั้น ที่เหมาะสม จึงได้กำหนดให้ indicator ดังกล่าวเป็นตัวแปรสังเกต (observed variables) ซึ่งเป็นตัวแปรในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของแต่ละตัวแปรแฝง (latent variable) ได้แก่ urbanization rate (X_1), industrial structure rate (X_2), foreign investment rate (X_3), total export rate (X_4), expenditure rate (X_5), employment rate (w_1), health and illness rate (w_2), education rate (w_3), protection rate (w_4), biodiesel rate (M_1), Gasohol rate (M_2), total energy consumption (Z_1), energy intensity rate (Z_2), Carbon dioxide emissions (Z_3) สำหรับ indicators ทั้ง 14 ตัวมีการ take logarithm นี้ผ่านการทดสอบ Unit root test โดยพบว่า Augment Dicky Fuller test ของ indicators ทุกตัว มีค่ามากกว่า MacKinnon test ณ ระดับ first difference I(1)

แสดงให้เห็นว่า significance ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

2. วิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัวสู่ดุลยภาพในระยะสั้นและระยะยาว

ในงานวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัวสู่ดุลยภาพเมื่อเกิดการกำหนด

นโยบายต่าง ๆ ด้วยวิธี co-integration test โดยผู้วิจัยนำ indicators ทุกตัว at first difference ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = 0.01$ มาทำการทดสอบ แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การทดสอบความสามารถในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะสั้นและระยะยาว

ภาคการผลิต	Trace Statistic Test	Max-Eigen Statistic Test	Error Correction Mechanism	MacKinnon Critical Value (p-Value)	อิทธิพล ความสัมพันธ์
ภาคเศรษฐกิจ	215.05 ***	255.10 ***	-0.49 ***	$p < 0.01$	Direct effect
ภาคสังคม			-0.30 ***	$p < 0.01$	Direct effect
ภาคสิ่งแวดล้อม			-0.81 ***	$p < 0.01$	Direct effect
การกำหนดนโยบาย			0.00001 ***	$p < 0.01$	Indirect effect

*** กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.01$

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพเมื่อรัฐบาลได้ออกนโยบายใดแล้วส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตต่าง ๆ มีความสามารถในการปรับตัวเพื่อกลับเข้าสู่ดุลยภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า แต่ละภาคการผลิตมีความสามารถในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพที่แตกต่างกัน โดยภาคสิ่งแวดล้อมมีความสามารถในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพได้ช้าที่สุด แต่ในขณะที่ภาคเศรษฐกิจมีความสามารถในการปรับตัวได้

รวดเร็วที่สุด ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.01$ ดังนั้น รัฐบาลจะต้องออกนโยบายโดยมุ่งเน้นที่ภาคเศรษฐกิจเป็นลำดับแรกเพื่อให้การตอบสนองนโยบายประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

3. วิเคราะห์เส้นทางอิทธิพลของความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงสาเหตุ

ผลการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพลของความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงแต่ละตัว ได้แก่ ภาคเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพลของความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงสาเหตุจาก

ตัวแปรตาม	อิทธิพล ความสัมพันธ์	ตัวแปรอิสระ			การกำหนด นโยบาย
		ภาค เศรษฐกิจ	ภาคสังคม	ภาค สิ่งแวดล้อม	
ภาคเศรษฐกิจ	DE	-	-	-	0.80***
	IE	-	-	-	-
ภาคสังคม	DE	0.61***	-	-	0.81***
	IE	-	-	-	0.01***
ภาคสิ่งแวดล้อม	DE	0.82***	0.51***	-	0.86***
	IE	-0.2***	-	-	0.10***
การกำหนดนโยบาย	DE	-	-	-	-
	IE	-	-	-	-

กำหนดให้: *** มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ = 0.01, DE อิทธิพลทางตรง and IE เป็นอิทธิพลทางอ้อม

จากตารางที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบ validity, measurement of model fit และ white noise, ของ LSEM-LG model โดยใช้เกณฑ์ค่าสถิติต่าง ๆ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังนี้

1. การตรวจสอบ validity ของแบบจำลอง LSEM-LG model พบว่า แบบจำลองนี้มี validity เป็นไปตามเกณฑ์โดยค่าสถิติที่ทดสอบผ่านเกณฑ์การประเมินทั้งหมด ได้แก่ $HTMT_{ij} = 0.71$, $AVE_q = 0.92$, Cronbach's alpha $\alpha_q = 0.95$, and Composite Reliability (CR) $pq = 0.95$

2. ตรวจสอบ measurement of model fit ผ่านเกณฑ์ทุกค่า

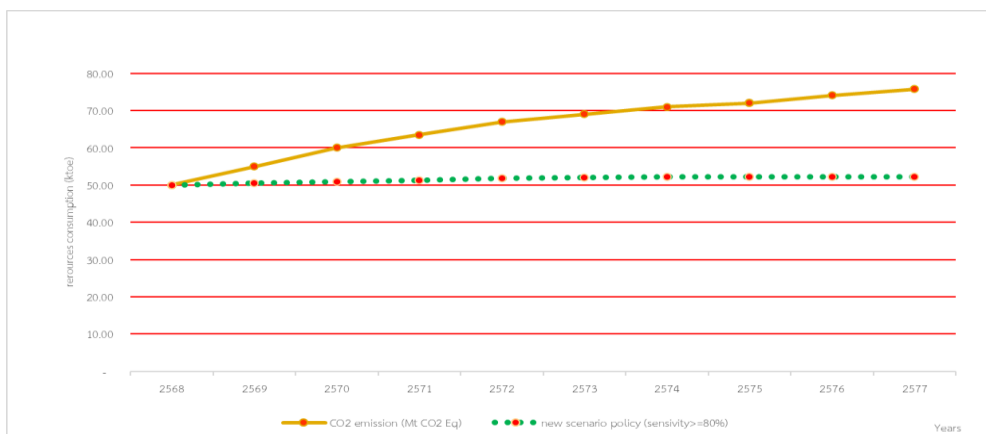
3. ตรวจสอบ spurious พบว่า ไม่เกิดปัญหา heteroscedasticity ($LM - test > LM - value$), multicollinearity ($VIF = 2.50$), and

autocorrelation (Durbin Watson: D.W.=1.99)

ดังนั้น จากผลการตรวจสอบข้างต้นของแบบจำลอง LSEM-LG model พบว่า ผ่านตามเกณฑ์การประเมินคุณสมบัติทุกด้าน แสดงว่า LMMA-FAHP ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อการพยากรณ์ในระยะยาวต่อไป ดังนี้

4 ผลการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญ โดยใช้ LSEM-LG model

จาก LSEM-LG model ในงานวิจัยนี้ สามารถตรวจวัดความเหมาะสมของ indicator ในการนำมากำหนดเป็น new scenario policy คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล (biodiesel rate (M_1)) และ อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ (Gasohol rate (M_2)) ผลการศึกษา แสดงดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 1 ผลการพยากรณ์ CO2 emission ในช่วงเวลา 2568-2577
โดยใช้แบบจำลอง LSEM-LG model

จากรูปที่ 1 พบว่า CO₂ emission เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากการใช้พลังงานในสาขาไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นกว่าเกณฑ์ความสามารถในการรองรับได้ (เกณฑ์กำหนดไว้ไม่เกิน 65.05 Mt CO₂ Eq. (2568-2577) ซึ่งมีอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 31.52% ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นเป็น 75.79 Mt CO₂ Eq. (2568-2577) ดังนั้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้ค้นพบ new scenario policy คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล และ อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ช่วยลดอัตราการเพิ่มของ CO₂ emission เพิ่มขึ้นแค่เพียง 52.31 Mt CO₂ Eq. (2568-2577) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจบริหารประเทศสู่เป้าหมาย green industrial ในอนาคตได้

สรุปผลและอภิปรายผล

สำหรับงานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลอง LSEM-LG model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มี validity และจากผลการประมาณการ ไม่เกิด spurious เนื่องจากไม่พบปัญหา autocorrelation multicollinearity และ heteroscedasticity ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยเชิง

สาเหตุก็สามารถอธิบายอิทธิพลของความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการนำ LSEM-LG model ไปใช้เพื่อการพยากรณ์ในอนาคตในระยะยาว (2568-2577) ซึ่งจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นแล้วว่า LSEM-LG model สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการตัดสินใจสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบและเป็นสิ่งเตือนภัยให้กับรัฐบาลได้ดำเนินการให้ถูกต้องและเป็นไปตามแผนการพัฒนาย่างยั่งยืนได้

จากผลการศึกษาในงานวิจัยทำให้ผู้วิจัยเกิดข้อค้นพบว่า รัฐบาลจะต้องดำเนินการบริหารตามนโยบายการพัฒนาอย่างยั่งยืนนั้น จะต้องดำเนินการพร้อมกันทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การเพิ่มผลิตภาพและรายได้ที่ยั่งยืน, การปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งที่ผ่านมาพบว่า การบริหารประเทศนั้นเกิดความสำเร็จอย่างมากด้านเดียวเท่านั้น คือ การเพิ่มผลิตภาพและรายได้ที่ยั่งยืนเท่านั้น ซึ่งการดำเนินการนั้นจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการบริหารด้านเศรษฐกิจแต่ขาดประสิทธิภาพการบริหารสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพราะ

จากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีอัตราการเติบโตแบบก้าวกระโดดอย่างต่อเนื่อง และประเทศไทยก็ยังไม่มีความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้เลย นอกจากนี้ก็ยังไม่มีความรู้หรือเครื่องมือในการแก้ปัญหา นอกจากนี้การกำหนดเป้าหมาย net zero GHG emissions ในปี 2608 จำเป็นที่ทุกภาคการผลิตต้องลดปริมาณ ก๊าซเรือนกระจกลงไม่น้อยกว่า 20-40% และที่เหลืต้องมีการตัดสินใจสู่พื้นดินเพื่อให้เกิดความสมดุล แต่ถ้าสาขาไฟฟ้ายังคงปล่อยให้ CO₂ emission มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องต่อไปจะไม่สามารถเข้าสู่เป้าหมายดังกล่าวได้เลย และเกิดผลเสียอย่างมากในอนาคตกับระบบนิเวศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกภาคการผลิตจำเป็นต้องดำเนินการดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมก่อนที่จะสายเกินไป

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผลการวิเคราะห์เพื่อสร้าง new scenario policy ของ LSEM-LG model ผลการศึกษาทำให้พบว่า การกำหนด new scenario policy ในงานวิจัยนี้ช่วยเป็นเครื่องมือสำคัญในการใช้ประกอบการตัดสินใจในการกำหนดกลยุทธ์การบริหารประเทศชาติให้มีทิศทางที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพอย่างแท้จริง โดยพบว่า มีความสามารถทำให้ CO₂ emission มีอัตราการเติบโตในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลการวิจัยได้สอดคล้องกับสมมติฐานและแนวทฤษฎีที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ: แบบจำลอง LSEM-LG model มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินนโยบายด้านความยั่งยืนในอนาคต ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดนโยบายและแผนของประเทศไทยต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนการบริหารประเทศเพื่อให้เกิด Thailand 5.0 ในอนาคต ทั้งนี้แบบจำลอง LSEM-LG model เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมต่อการพยากรณ์ CO₂ emission จากการใช้พลังงานในสาขาไฟฟ้า ซึ่งสามารถไปประยุกต์ใช้กับสาขาอื่น ๆ ได้ เนื่องจาก

แบบจำลองนี้มีความเหมาะสมและมี validity สูง ซึ่งเรียกว่า the best model ประกอบกับแบบจำลองนี้ยังไม่พบปัญหาที่ทำให้แบบจำลองนี้ขาดความน่าเชื่อถือ, ที่ผ่านมามีในอดีตประเทศไทยดำเนินนโยบายโดยการวิเคราะห์แบบแยกส่วนการบริหาร และยังไม่เคยมีแบบจำลองที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมจึงจำเป็นต้องนำแบบจำลองเก่าๆ ในอดีตมาใช้ซึ่งส่งผลต่อความผิดพลาดและการกำหนดนโยบายและแผนของประเทศไม่เกิดความยั่งยืนได้เลย ดังนั้น รัฐบาลจะต้องให้ความสำคัญกับการนำแบบจำลองที่มีคุณภาพมาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดนโยบายได้อย่างถูกต้องและมีทิศทางดำเนินการได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ข้อจำกัด: ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พบคือ การวางแผนนโยบายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (sustainable development) ของประเทศไทยเป็นการวางแผนโดยไม่คำนึงถึงปัจจัยเชิงสาเหตุในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมพร้อม ๆ กัน และขาดข้อมูลสำหรับดัชนีบางตัวที่สำคัญและจำเป็นอย่างมาก คือ oil price จึงส่งผลให้การกำหนด new scenario policy อาจจะไม่สามารถครอบคลุมได้ทุก indicators ที่สำคัญนั่นเอง และนอกจากนี้ข้อมูลที่เปิดเผยโดยรัฐบาลอาจจะมีวิธีการบิดเบือนบางประเด็นหรือไม่มี ความทันสมัยเพียงพอต่อการวิเคราะห์ในระยะยาวได้อย่างเต็มศักยภาพ

References

- [1] The World Bank. "Energy Use (Kg of Oil Equivalent Per Capita) Home Page," Jan. 5, 2025. [Online]. Available: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE>

- [2] Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC). Jan. 3, 2025. [Online]. Available: https://www.nesdc.go.th/nesdb_en/main.php?filename=index
- [3] Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). Net Zero GHG Emissions, Jan. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th/page/PAG232>
- [4] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Jan. 5, 2025. [Online]. Available: https://peidede.go.th/my_MM/dataset/energy-balance-of-thailand
- [5] National Statistical Office Ministry of Information and Communication Technology. Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://dl.parliament.go.th/handle/20.500.13072/425815>
- [6] OECD, Historical Crude Oil Import Prices (Indicator). Organization for Economic Co-operation and Development. Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://data.oecd.org/energy/crude-oil-import-prices.htm>
- [7] ONEP. *“Thailand’s Fourth Biennial Update Report, Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning,”* Jan. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.onep.go.th>
- [8] P. Sutthichaimethee. *“A Framework on Setting Strategies for Enhancing the Efficiency of State Power use in Thailand’s Pursuit of a Green Economy”*, Int. J. Energy Econ. Policy., 2024, vol. 14, pp. 108–120.
- [9] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, Bonn, Germany). *“The Paris Agreement: An Early Assessment. Environ.”* Policy Law, 2014, vol. 44, pp. 485–488.
- [10] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, Bonn, Germany). *“Global Progress in Environmental Law.”* Environ. Policy Law., 2016, vol. 46, pp. 23–27.
- [11] P. Sutthichaimethee, *“Forecasting Economic, Social and Environmental Growth in the Sanitary and Service Sector Based on Thailand’s Sustainable Development Policy.”* J. Ecol. Eng., 2018, vol. 19, pp. 205–210.
- [12] Pollution Control Department Ministry of Natural Resources and Environment. *“Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act,”* B.E. 2535, Jan. 10, 2025, [Online]. Available: <https://www.pcd.go.th/laws/5406/>

- [13] Thailand Development Research Institute, Carbon Capture Utilization. “Carbon Capture Utilization and Storage,” Jan. 15, 2025. [Online]. Available: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/tools/files.php?mod=YjNKblXNXBlbUYwYVc5dVgyUnZkMjVzYjJGaw&type=WDBaSlRFVlQ&files=TkRrPQ>
- [14] P. Sutthichaimethee et al., “A Long-Term CO₂ Emission Forecasting Under Sustainability Policy Using an Advanced Model Complementing the PAARIMAX Framework,” *Agriculture*, 2024, vol. 14, pp. 2342.
- [15] Harvey, A.C. Forecasting, “*Structural Time Series Models and the Kalman Filter*,” Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1980.
- [16] D.A. Dickey and W.A. Fuller. “Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root.” *Econometrica*, 1981, vol. 49, pp. 1057–1072.
- [17] S. Johansen and K. Juselius. “Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money.” *Oxf. Bull. Econ. Stat.*, 1990, vol. 52, pp.169–210.

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับสมรรถภาพการทำงานของปอดของผู้ประกอบอาชีพ

การทำหมอนขิดจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร ประเทศไทย

กัญญิกา สามารถ¹, อารุณ เกตุสาคร²

^{1, 2}คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Apr 11, 2025

Revised: May 12, 2025

Accepted: May 20, 2025

บทคัดย่อ

กระบวนการทำหมอนขิดทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการทำงานของปอด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อสมรรถภาพการทำงานของปอดจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กของแรงงานนอกระบบ กลุ่มอาชีพทำหมอนขิด ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร จำนวน 172 คน ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม 2567 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสัมภาษณ์การเฝ้าระวัง ป้องกันควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก เครื่องมือตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน และเครื่องตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอด ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อสมรรถภาพการทำงานของปอด โดยใช้สถิติ Spearman's rank correlation และ Chi-square test ผลการศึกษา พบว่า มี 6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อสมรรถภาพการทำงานของปอด ได้แก่ อายุ ความถี่ของการสูบบุหรี่ ผลการตรวจสุขภาพประจำปี การแนะนำความปลอดภัยในการทำงาน ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในสภาพแวดล้อมการทำงาน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) และคะแนนความรู้เกี่ยวกับเรื่องการเฝ้าระวังป้องกันและควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ผลการศึกษานี้สามารถนำไปสู่การกำหนดมาตรการป้องกันทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ลดผลกระทบต่อสมรรถภาพการทำงานของปอดในแรงงานนอกระบบ กลุ่มอาชีพทำหมอนขิด

คำสำคัญ : ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, สมรรถภาพการทำงานของปอด, แรงงานนอกระบบ, หมอนขิด

Factors Associated with Lung Function among Khit Pillow Workers Exposed to Fine Particles in Si Than Subdistrict, Pa Tio District, Yasothon Province, Thailand

Kantika Samart¹, Arroon Ketsakorn²

^{1, 2}Faculty of Public Health, Thammasat University

Email: arroon.k@fph.tu.ac.th²

Received: Apr 11, 2025

Revised: May 12, 2025

Accepted: May 20, 2025

Abstract

The process of making pillows produces fine dust particles that affect lung function. This study aimed to identify factors associated with lung function impairment due to exposure to fine dust particles among informal workers in the pillow weaving industry in Sri Than Subdistrict, Patiu District, Yasothon Province. A total of 172 workers participated in the study, which was conducted between April and May 2024. The data collection tools included a questionnaire on the surveillance, prevention, and control of diseases related to fine dust particles, environmental measurement devices, and spirometers to assess lung function. The data were then analyzed to consider factors associated with lung function using Spearman's rank correlation and the Chi-square test. The study results identified six key factors: age, smoking frequency, annual health check-up results, workplace safety recommendations, concentrations of fine dust particles in the work environment ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), and knowledge scores on surveillance, prevention, and control of diseases related to fine dust particles. These findings can be used to determine occupational health and safety measures to mitigate the impact of fine dust particles on lung function among informal workers in the pillow weaving industry.

Keywords : fine particles; lung function; informal workers; making pillows

บทนำ

ปัจจุบันมลพิษทางอากาศถือเป็นปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ในแต่ละปีมีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรถึง 7 ล้านคนจากคุณภาพอากาศที่ไม่ดีต่อสุขภาพ และร้อยละ 70 ของการเสียชีวิตเหล่านี้เกิดขึ้นในเอเชียและแปซิฟิก [1] ประชากรกว่า 4 พันล้านคน คิดเป็นร้อยละ 92 ของประชากรทั้งหมดที่ต้องสัมผัสกับอากาศที่มีมลภาวะเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของ Air Quality Guidelines (AQG) [1] ประชากรที่อาศัยและทำงานในพื้นที่ที่มีมลพิษสูงมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นต่อการเกิดโรค โดยเฉพาะแรงงานที่ต้องสัมผัสกับฝุ่นละอองเป็นประจำ จากผลการศึกษาในประเทศอินเดีย พบว่า ร้อยละ 47.8 ของคนงานที่สัมผัสฝุ่นฝ้ายมีอาการไอเรื้อรัง มีเสมหะเรื้อรัง แน่นหน้าอก และหายใจลำบาก ซึ่งสูงกว่าคนงานที่ไม่ได้สัมผัสฝุ่นฝ้ายอย่างมีนัยสำคัญ [2]

จากการสำรวจแรงงานนอกระบบของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2565 พบว่าจำนวนแรงงานนอกระบบทั้งหมด 20.2 ล้านคน และร้อยละ 31.1 ของแรงงานนอกระบบประสบปัญหาจากฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ [3] โดยข้อมูลสภาวะสุขภาพของวัยแรงงานนอกระบบจากคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2560 - 2564 พบว่า มีจำนวนผู้ป่วยจากโรกระบบทางเดินหายใจจำนวน 114,544 คน คิดเป็นอัตราป่วยต่อแสนประชากรเท่ากับ 114.5 โดยกลุ่มอาชีพทำหมอนขัดเป็นกลุ่มอาชีพหนึ่งที่มีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก จากกระบวนการทำงานปั่นนุ่น ยัดนุ่นใส่หมอน เย็บปิดปากหมอน เป่านุ่นออก และบรรจุผลิตภัณฑ์ ในปี พ.ศ. 2563 มีผู้ป่วยโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจจำนวน 546 ราย คิดเป็นอัตรา 84.87 ต่อประชากรแสน

คน สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการเฝ้าระวังและป้องกันผลกระทบจากการสัมผัสฝุ่นในกลุ่มอาชีพนี้ อีกทั้งยังมีการศึกษาปัจจัยคุกคามอันตราย ได้แก่ ปัจจัยด้านสุขภาพในสภาพแวดล้อมการทำงานที่สำคัญส่งผลกระทบต่อการทำงานของกลุ่มแรงงาน [4] นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ทำให้การทำงานของปอดลดลงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปอดอย่างเฉียบพลัน [5] ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของกลุ่มแรงงาน พบว่า การทำงานของปอดลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อรับสัมผัสฝุ่นทางชีวภาพ [6] ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกกำลังเผชิญกับปัญหามลพิษทางอากาศที่ทวีความรุนแรงขึ้นเป็นผลมาจากการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 1.0, 2.5 และ 10 ไมครอน (PM1.0, PM2.5 , PM10) ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรและเกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) [7] องค์การอนามัยโลกได้กำหนดขีดจำกัดความเข้มข้นตลอดระยะเวลาการทำงานซึ่งมีความเข้มข้นต้องไม่เกิน 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1]

จากการลงสำรวจแรงงานนอกระบบที่ทำหมอนขัดในพื้นที่ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าตึง จังหวัดยโสธร พบว่า แรงงานกลุ่มนี้มีการนำวัตถุดิบในพื้นที่มาทำหมอนขัด มีขั้นตอนการทำงานเริ่มจาก ปั่นนุ่น ยัดนุ่น เย็บปิดปากหมอน และบรรจุหมอนขัด ขั้นตอนการทำหมอนขัด มีฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากนุ่นฟุ้งกระจายจำนวนมาก ผลการตรวจวัด พบว่า ตำแหน่ง ยัดนุ่น มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงสุด 1,422.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดไว้ (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ฝุ่นละอองขนาด

เล็กสามารถเข้าสู่กลุ่มปอดและระบบไหลเวียนโลหิตส่งผลให้แรงงานนอกระบบมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง โรคหอบหืดเรื้อรัง อักเสบ ปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และอาจกระทบถึงระบบหัวใจและหลอดเลือดในระยะยาว หากไม่มีมาตรการควบคุมมลพิษหรือการคุ้มครองแรงงานนอกระบบที่เหมาะสม ปัญหานี้จะยิ่งทวีความรุนแรงและอาจนำไปสู่ภาระโรคในกลุ่มแรงงานนอกระบบซึ่งไม่สามารถเข้าถึงสิทธิด้านสาธารณสุขได้อย่างครอบคลุมซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาได้มีการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มแรงงานการทำหมอนขิดค่อนข้างจำกัด

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการทำงานของปอดในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพทำหมอนขิดที่สัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ผลของการศึกษานี้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อแนวทางการพัฒนามาตรการป้องกันและควบคุมการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่การปรับปรุงนโยบายด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ประกอบการอาชีพการทำหมอนขิดในระยะยาวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปัจจัยที่สัมพันธ์กับสมรรถภาพการทำงานของปอดในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพการทำหมอนขิดที่สัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการทำงาน

ระเบียบวิธีวิจัย

1. รูปแบบการศึกษาและพื้นที่ศึกษา
ศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross – Sectional Study) ระหว่างเดือนเมษายน – พฤษภาคม พ.ศ. 2567 ในผู้ประกอบการอาชีพทำหมอนขิด ที่มีอายุ

ระหว่าง 18 ปี แต่ไม่เกิน 70 ปี และมีประสบการณ์ทำงานไม่น้อยกว่า 2 ปี ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ จำนวน 172 คน ณ โรงทำหมอนขิด จำนวน 29 แห่ง ในพื้นที่ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าดัว จังหวัดยโสธร โดยมีขั้นตอนกระบวนการทำงานทั้ง 5 กระบวนการ ดังนี้ 1) ตีหุ่น 2) ยัดหุ่น 3) เย็บปลอกหมอน 4) เป่าหุ่นออก 5) บรรจุผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 1

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ กลุ่มประชากรทั้งหมดที่ทำอาชีพทำหมอนขิด ในตำบลศรีฐาน อำเภอป่าดัว จังหวัดยโสธร 172 คน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการอาชีพทำหมอนขิดด้วยแบบสัมภาษณ์ ปัจจัยด้านบุคคล ปัจจัยด้านการทำงาน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ปัจจัยด้านความรู้ ปัจจัยด้านเจตคติ ปัจจัยด้านพฤติกรรม ปัจจัยด้านการรับรู้ความเสี่ยงและการป้องกันควบคุมโรคที่เกิดจากการทำงานที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องก่อนนำไปเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) แต่ละข้อคำถามอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 แบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็นทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่

3.1. ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการทำงาน
เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุด ระยะเวลาทำงาน ประสบการณ์การทำงาน หมอนขิด และความถี่ในการสูบบุหรี่

3.2. ข้อมูลความรู้ในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก

เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถามความรู้เรื่องการเฝ้าระวังป้องกันและควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดจำนวน 10 ข้อ ข้อคำถามที่สร้างขึ้นจะมีทั้งลักษณะข้อความทางด้านบวก (Positive statement) จำนวน 6 ข้อ และลักษณะข้อความด้านลบ (Negative statement) จำนวน 4 ข้อ ให้เลือกตอบว่าข้อความในแต่ละข้อนั้นถูกหรือผิด (2 ระดับ) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ตอบได้ถูกต้องให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนนและตอบผิดให้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน คะแนนรวม 10 คะแนน ประเมินความรู้ ความรู้ระดับดี (8 - 10 คะแนน) ความรู้ระดับปานกลาง (6 - 7 คะแนน) ความรู้ระดับน้อย (0 - 5 คะแนน)

3.3. ข้อมูลเจตคติในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก

เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ตามข้อคำถามแบบประเมินเจตคติในการเฝ้าระวังควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ลักษณะคำถามแต่ละข้อมี 4 ตัวเลือก (4 ระดับ) คือ เห็นด้วยมากอย่างยิ่ง เห็นด้วยมาก เห็นด้วยน้อย เห็นด้วยน้อยอย่างยิ่ง โดยให้ผู้ตอบเลือกตอบเพียง 1 ตัวเลือก และข้อคำถามที่สร้างขึ้นจะมีทั้งลักษณะข้อความทางด้านบวก (Positive statement) จำนวน 5 ข้อ และลักษณะข้อความด้านลบ (Negative statement) จำนวน 5 ข้อ เกณฑ์ในการให้คะแนน ลักษณะคำตอบของข้อความจากมากที่สุดจนถึงน้อยที่สุดให้คะแนน 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนข้อที่เป็นข้อความเชิงลบจะให้คะแนนกลับกัน รวมเจตคติในการเฝ้าระวังควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็กคะแนนรวมเท่ากับ 40 คะแนน ผลการประเมินระดับ เจตคติระดับดี (33-40 คะแนน) เจตคติระดับปานกลาง (24-32 คะแนน) เจตคติระดับน้อย (0-23 คะแนน)



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตหมอนขี้ด

3.4. ข้อมูลคะแนนพฤติกรรมกรรมการเฝ้าระวังควบคุม และป้องกันโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ประเมินหาระดับคะแนนพฤติกรรมกรรมการเฝ้าระวัง ควบคุม และป้องกันโรคจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวน 10 ข้อ ลักษณะ

การตอบแบบสอบถามแต่ละข้อจะมี 3 ตัวเลือก คือ ปฏิบัติเป็นประจำ ปฏิบัติบางครั้ง และไม่เคยปฏิบัติเลย เกณฑ์ในการให้คะแนนตามลักษณะของข้อความจากปฏิบัติทุกครั้งจนถึงไม่เคยปฏิบัติให้คะแนน 2, 1 และ 0 ตามลำดับ ส่วนลักษณะข้อความที่ตรงกันข้ามจะให้คะแนนกลับกัน คะแนนรวมพฤติกรรมการป้องกันเท่ากับ 20 คะแนน

ผลการประเมินระดับพฤติกรรม

พฤติกรรมระดับดี (17-20 คะแนน)

พฤติกรรมระดับปานกลาง (12-16 คะแนน)

พฤติกรรมระดับน้อย (0-11 คะแนน)

รวมแบบสัมภาษณ์ทั้ง 4 ส่วน มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.820

เก็บตัวอย่างข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงานด้วยเครื่องวัดอนุภาคฝุ่น Particle Counter รุ่น GT531S ยี่ห้อ Met One โดยเครื่องมือได้รับการสอบเทียบตามวิธีมาตรฐานก่อนนำไปตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก

การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมทรี (Spirometry) ด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพปอด ยี่ห้อ FIM / SPIROLYSER รุ่น Q13 ชนิดระบบ Fleisch Type digital Pneumotachograph โดยเครื่องมือได้รับการสอบเทียบตามวิธีมาตรฐานก่อนการตรวจสมรรถภาพปอด โดยเครื่องมือดังกล่าวใช้หลักการตรวจวัดปริมาตร (Volume) และอัตราการไหล (Flow rate) ของลมหายใจออก หรือลมหายใจเข้าของผู้เข้ารับการตรวจ โดยบันทึกผลการทดสอบผ่านระบบการประมวลผลจากโปรแกรม SpirowinExpert [8] ซึ่งสามารถแปลผลออกมาได้เป็น ค่าปกติ (Normal) ค่า FEV_1/FVC อยู่ในช่วงปกติ $\geq 80\%$ แนวโน้มการอุดกั้นหรือบีบของหลอดลม (Obstructive) ค่า

$FEV_1/FVC < 70\%$ แนวโน้มการอุดกั้นหรือบีบของหลอดลมและมีการจำกัดการขยายปอดทั้งสองร่วมกัน (Mixed) ค่า $FEV_1/FVC < 70\%$ และค่า FVC ต่ำกว่าค่าปกติ มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (Restrictive) ค่า FVC ต่ำกว่าค่าปกติ แต่ค่า $FEV_1/FVC \geq 70\%$ และมีแนวโน้มการตีบแคบของทางเดินหายใจ (Small airway) ค่า $FEF_{25-75\%}$ ต่ำกว่าค่าปกติ

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถภาพการทำงานของปอดจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการทำงาน พฤติกรรมสุขภาพ ความรู้ เจตคติ รวมถึงการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้รับการวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อสรุปลักษณะประชากรตัวอย่าง สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับสมรรถภาพการทำงานของปอด ใช้ Spearman's rank correlation coefficient สำหรับตัวแปรเชิงปริมาณที่ไม่เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ อายุ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กและคะแนนความรู้ ส่วนตัวแปรเชิงหมวดหมู่ ได้แก่ ความถี่ในการสูบบุหรี่ ผลการตรวจสุขภาพประจำปี และการได้รับการแนะนำด้านความปลอดภัยในการทำงาน วิเคราะห์ด้วย Chi-square test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เพศหญิงจำนวน 149 คน คิดเป็นร้อยละ 86.6 มีอายุเฉลี่ย 50 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 11.832 ส่วนใหญ่มีอายุ 51-60 ปี จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 44.8 กลุ่มตัวอย่างมีการทำงานต่อ

วันเฉลี่ย 6.9 ชั่วโมง (S.D.= 2.7) ส่วนใหญ่มีตำแหน่งการทำงานเย็บปกหมอน จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 55.2 มีสถานที่การทำงานและที่พักอยู่บริเวณเดียวกัน จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 48.8 ระดับการศึกษาสูงสุด คือ ประถมศึกษา จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 58.1 ส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 93.6 มีการทำความสะอาดร่างกายทันทีหลังเลิกงาน

จำนวน 148 คน คิดเป็นร้อยละ 86.0 เคยตรวจสุขภาพประจำปีและมีผลปกติจำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทำงานทุกวัน จำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 70.0 ส่วนใหญ่มีประสบการณ์การทำงานอาชีพการทำหมอนชิตมากกว่า 20 ปี จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 46.5 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

		(n=172)
ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	หญิง	149 (86.6)
	ชาย	23 (13.4)
อายุ (ปี) ($\bar{X}$ =50.77, S.D.=11.832 Max=78, Min=20)	18-30	13 (7.6)
	31-40	23 (13.4)
	41-50	33 (19.2)
	51-60	77 (44.8)
	61-70	26 (15.1)
ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง) ($\bar{X}$ =6.9, S.D.=2.7, Max=15, Min=1)	<8	143 (83.1)
	8-12	23 (13.4)
	>12	6 (3.5)
ตำแหน่งการทำงาน	ตี่นุ่น	14 (8.2)
	ยัดนุ่น	26 (15.1)
	เย็บปกหมอน	95 (55.2)
	เป่านุ่นออก	21 (12.2)
	บรรจุผลิตภัณฑ์	16 (9.3)
สถานที่ทำงานและที่พักอาศัยอยู่บริเวณเดียวกัน	ใช่	84 (48.8)
	ไม่ใช่	88 (51.2)
ระดับการศึกษาสูงสุด	ประถมศึกษา	100 (58.1)
	มัธยมศึกษาตอนต้น	17 (9.9)
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	38 (22.1)
	อนุปริญญา/ปวส.	5 (2.9)
	ปริญญาตรีขึ้นไป	12 (7.0)

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (ร้อยละ)
พฤติกรรมการสูบบุหรี่	ไม่เคยสูบ	161 (93.6)
	เคยสูบบุหรี่ปัจจุบันเลิกแล้ว	3 (1.7)
	นาน ๆ สูบ	1 (0.6)
	สูบประจำ	7 (4.1)
การตรวจสุขภาพประจำปี	ไม่เคยตรวจ	65 (37.8)
	เคยตรวจ ผลตรวจปกติ	81 (47.1)
	เคยตรวจ ผลตรวจผิดปกติ	26 (15.1)
การทำความสะอาดร่างกายทันทีหลังเลิกงานก่อนกลับบ้าน	ไม่ได้ทำความสะอาดร่างกาย	24 (14.0)
	ทำความสะอาดร่างกาย	148 (86.0)
ระยะเวลาทำงานต่อสัปดาห์ (วัน) ($\bar{X}$ =6.38, S.D.=1.19, Max=7, Min=2)	<5	18 (11.0)
	5	15 (9.0)
	6	18 (10.0)
	7	121 (70.0)
ประสบการณ์ทำงานอาชีพทำหมอนขีด (ปี)	มากกว่า 2 ปีแต่ไม่ถึง 5 ปี	15 (8.7)
	5-10	25 (14.5)
	11-15	19 (11.0)
	16-20	33 (19.3)
	>20	80 (46.5)

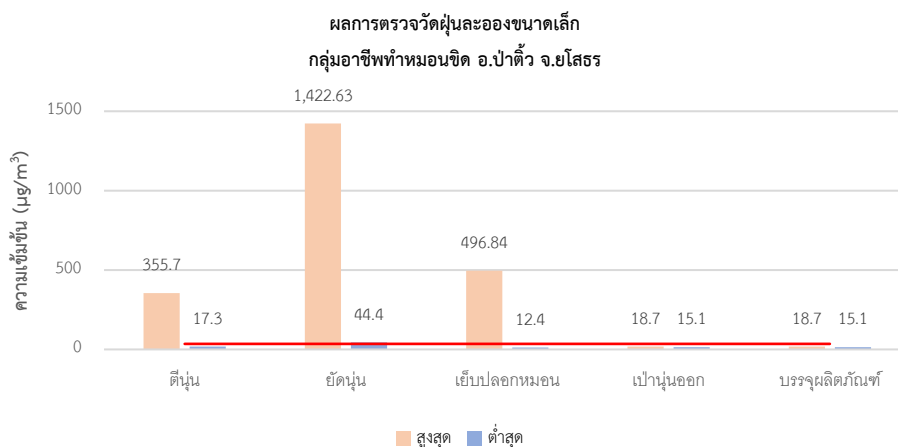
จากการประเมินสมรรถภาพการทำงานของปอดของผู้ประกอบอาชีพการทำหมอนขีด พบว่าผู้ประกอบอาชีพการทำหมอนขีดโดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มการอุดกั้น หรือบีบของหลอดลม จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 39.5 รองลงมาคือสมรรถภาพการทำงานของปอดอยู่ในระดับปกติ จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดของกลุ่มตัวอย่าง

(n = 172)		
ผลการประเมิน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ปกติ (Normal)	56	32.5
แนวโน้มการอุดกั้นหรือบีบของหลอดลม (Obstructive)	68	39.5
แนวโน้มการอุดกั้นหรือบีบของหลอดลมและมีการจำกัดการขยาย	19	11
ปอดทั้งสองร่วมกัน (Mixed)		
มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (Restrictive)	22	13
มีแนวโน้มการตีบแคบของทางเดินหายใจ (Small airway)	7	4

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในสถานที่ประกอบอาชีพการทำหมอนชิต พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งงานยัดนุ่น มีค่าเท่ากับ 1,422.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมา ตำแหน่งงาน

เย็บปลอกหมอน มีค่าเท่ากับ 496.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีความเข้มข้นเกิดขีดจำกัดการสัมผัสจากการทำงานตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก [1] โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กของกลุ่มอาชีพการทำหมอนชิตในพื้นที่ อ.ป่าต้ว จ.ยโสธร

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพการทำงานของปอดจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก พบว่า มี 6 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยความถี่ของการสูบบุหรี่ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ผลการตรวจ

สุขภาพประจำปี การแนะนำความปลอดภัยในการทำงาน อายุ และคะแนนความรู้เกี่ยวกับการเฝ้าระวังป้องกัน และควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับสมรรถภาพการทำงานของปอด

(n=172)

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)	Spearman's correlation	Pearson Chi - Square	P-value*
1. ความถี่ของการสูบบุหรี่ (ไม่เคยสูบ/เคยสูบแล้วเลิกแล้ว/ นาน ๆ สูบ/สูบเป็นประจำ)	-	32.586	0.001
2. ผลการตรวจสุขภาพประจำปี (1= ปกติ / 2= ไม่ปกติ)	-	11.880	0.018
3. การแนะนำความปลอดภัยในการทำงาน	-	10.673	0.031
4. อายุ (ปี)	0.152	-	0.047
5. ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.200	-	0.009
6. ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการเฝ้าระวังป้องกัน และควบคุมโรค จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก (คะแนน)	0.150	-	0.050

* p-value<0.05

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า มี 6 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการตรวจสมรรถภาพปอด ได้แก่ ความถี่ของการสูบบุหรี่ ผลการตรวจสุขภาพประจำปี การแนะนำและบอกต่อความปลอดภัยในการทำงาน อายุ (ปี) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) และความรู้เกี่ยวกับเรื่องการเฝ้าระวังป้องกัน และควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก (คะแนน)

ความถี่ของการสูบบุหรี่ มีความสัมพันธ์กับผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดจากการศึกษาพฤติกรรมคนงานที่มีการสูบบุหรี่ มีโอกาสเสี่ยงก่อให้เกิดโรคนิโมโคโนไอ ซึ่งมากกว่าคนที่ไม่สูบบุหรี่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐวุฒิ แถมเงิน และคณะ (2567) ที่กล่าวไว้ว่า กลุ่มโรคที่มีความผิดปกติพบมากในกลุ่มแรงงานที่มีการสัมผัสสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่น พบว่า ตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ชั่วโมงการทำงาน การสูบบุหรี่ การใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ G J Beck et al. (1984) [9] มีความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง กับโรคปอดจากฝุ่นละออง ในกลุ่มแรงงานนอกระบบทำอาชีพล้างท่อ ตัดเย็บผ้า

ชี้ให้เห็นว่า การงานของสมรรถภาพปอดลดลงทั้งนี้พฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการสัมผัสฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการตรวจสมรรถภาพปอดสอดคล้องกับหลายผลการศึกษา [9-11] ซึ่งโรคที่พบได้มากในกลุ่มคนงานที่มีการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองอย่างต่อเนื่อง การก่อเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และทำให้สมรรถภาพปอดลดลงมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคปอดเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ โรคหอบหืด

ผลการตรวจสุขภาพประจำปี มีความสัมพันธ์กับการตรวจสมรรถภาพปอด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tariq Sultan Pasha et al. (2566)[11] ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพแวดล้อมในการทำงานทำให้การทำงานของสมรรถภาพปอดลดลงการเปลี่ยนแปลงการทำงานของปอดเมื่อเวลาผ่านไปสอดคล้องกับการศึกษาของ Mandal และ Majumder (2014) [12] การรับสัมผัสฝุ่นอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อการทำงานของปอดของคนงานที่มีความสัมพันธ์กับ

การลดลงของ FVC, FEV₁ มีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคปอดเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ โรคหอบหืด

การแนะนำความความปลอดภัยในการทำงานมีความสัมพันธ์อิทธิพลเชิงบวกกับการตรวจสมรรถภาพปอดสอดคล้องกับการศึกษาของ Eduardo Loeb et al. (2023) [13] ที่พบว่าสภาพแวดล้อมความเข้มข้นของฝุ่นในสถานที่ปฏิบัติงานโดยการสัมผัสฝุ่นเป็นระยะเวลานานมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่สูงขึ้นต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและอาการทางเดินหายใจ ผลลัพธ์เหล่านี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันที่เข้มงวดเพื่อปกป้องสุขภาพระบบทางเดินหายใจของแรงงาน กล่าวคือผลกระทบด้านสุขภาพและอันตรายจากสภาพแวดล้อมในการทำงานสิ่งทอ

อายุ (ปี) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตรวจสมรรถภาพปอด จากการศึกษาของ Tiwari RR et al. (1999) [14] ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอัตราการป่วยจากระบบทางเดินหายใจสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการสัมผัสฝุ่น พบว่า อายุ มากกว่า 30 ปี และระยะเวลาในการสัมผัสฝุ่น มากกว่า 10 ปี เป็นปัจจัยที่เสี่ยงสำหรับการเจ็บป่วยทางระบบทางเดินหายใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ J.A. Hardie et al. (2022) [15] ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความผิดปกติของระบบผลตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก ระหว่างระยะเวลาสัมผัสฝุ่น และอายุของแรงงานอายุที่มากขึ้นเป็นปัจจัยหนึ่งของโรคปอดอุดกั้น เนื่องจากอายุที่มากขึ้นทำให้อัตราส่วน FEV₁/FVC ลดลง

ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการเฝ้าระวังป้องกันและควบคุมโรคจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก มีความสัมพันธ์กับการตรวจสมรรถภาพปอด สอดคล้องกับการศึกษาของพัชรนันท์ ยศราวุธ และคณะ (2567) [16] ระดับการศึกษา อาชีพ และลักษณะการอยู่อาศัยอาจเป็นปัจจัยภายในที่

ส่งผลต่อความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมต่อการป้องกันตนเอง และยังคงสอดคล้องกับบทความวิจัยของ เกศินี และคณะ (2566) [17] จากผลการศึกษาพบว่าความรอบรู้ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมในการป้องกันฝุ่น PM_{2.5} ด้านทักษะการตัดสินใจป้องกันผลกระทบสุขภาพเป็นด้านที่มีระดับความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันฝุ่นละออง

ผลการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สามารถนำไปกำหนดมาตรการป้องกันทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงาน รวมถึงนโยบายและกลยุทธ์ในการลดความเสี่ยงของแรงงานนอกระบบกลุ่มประกอบอาชีพทำหมอนชนิดต่อไป

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1. เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างแรงงานนอกระบบกลุ่มอาชีพทำหมอนชนิดในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะขยายไปยังกลุ่มอาชีพอื่น ๆ
2. เพิ่มการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของการทำงานสมรรถภาพปอดซึ่งจะทำให้ นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส.) เลขที่ 000705/64

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับอนุมัติจริยธรรมในการดำเนินการศึกษาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยมนุษย์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เลขที่ 029/2567 เมื่อวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2567

References

- [1] World Health Organization. “Ambient (outdoor) air pollution.” *Southeast Asian Journal of Public Health*, 2021, 9(3). pp. 112-118. Accessed: Jan. 01, 2025. [Online]. Available: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [2] Daba Wami, S., et al., “Cotton dust exposure and self-reported respiratory symptoms among textile factory workers in Northwest Ethiopia: A comparative cross-sectional study,” *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, Vol. 13, pp. 1-7, February. 2018.
- [3] National Statistical Office of Thailand. “Full Report of Informal Labour Survey,” *National Statistics Office*, Vol. 40, No. 2, pp. 5-9, March. 2022. Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: https://catalogapi.nso.go.th/api/doc/departement/D10/S D10_04/SD10_04_187_1.pdf
- [4] P. Chaichanan, et al., “Occupational health threats, illnesses, and work-related injuries among informal workers,” *Nursing Journal*, 2014, vol. 41, no. 2, pp. 48-60, June. 2014.
- [5] Wang, X., et al., “A longitudinal observation of early pulmonary responses to cotton dust,” *Occupational and Environmental Medicine*, vol. 60, no. 2, pp. 115-121, February. 2003.
- [6] Lytras, T.B.-B., A.; Kogevinas, M.; Kromhout, H.; Carsin, A.; Antó, J.M.; Bentouhami, H.; Weyler, J.; Heinrich, J.; Nowak, D., “Cumulative occupational exposures and lung-function decline in two large general-population cohorts,” *Annals of the American Thoracic Society*, 2021, vol. 18, pp. 238–246, July. 2021.
- [7] Department of Disease Control. “Report on Surveillance, Prevention, and Control of Diseases and Health Threats among Informal Workers in 2020,” *Ministry of Public Health*, Vol. 60, No. 1, pp. 6-12, March. 2020.
- [8] Foundation for Occupational Health. “Guidelines for Spirometry Lung Function Testing and Interpretation in Occupational Health,” *Occupational Health Foundation*, Vol. 8, No. 4, pp. 20-24, February. 2016 [Accessed: Jan. 21, 2025].
- [9] Beck, G.J., Maunder, L.R., and Schachter, E.N., “Cotton dust and smoking effects on lung function in cotton textile workers,” *American Journal of Epidemiology*, Vol. 119, No. 1, pp. 33-43, January. 1984.

- [10] T.S. Pasaha, et al., "Lung function in relation to exposure to cotton dust in a hosiery section of a textiles plant in Punjab, Pakistan," *Bioscience Research*, Vol. 20, No. 2, pp. 312-320, April. 2023.
- [11] A. Mandal, and R. Majumder, "Pulmonary function of jute mill workers from West Bengal, India," *Progress in Health Sciences*, Vol. 4, No. 1, pp. 7-17, March. 2014.
- [12] E. Loeb, et al., "Association between occupational exposure and chronic obstructive pulmonary disease and respiratory symptoms in the Spanish population," *Archivos de Bronconeumologia*, 2024, vol. 60, no. 1, pp. 16-22, January. 2024.
- [13] R. R. Thakker, M.C Patel, and S.P. Zaveri, "Respiratory morbidities in cotton textile workers," *Lung India*, 1999, vol. 17, no. 1, pp. P23-25, February. 1999.
- [14] J. Hardie, et al., "Risk of over-diagnosis of COPD in asymptomatic elderly never-smokers," *European Respiratory Journal*, Vol. 20, No. 5, pp. 1117-1122, May. 2002.
- [15] Nattawut, et al., "Machine learning for predicting severity levels of pulmonary elasticity abnormality in factory workers," *Journal of Science & Technology MSU*, Vol. 43, No. 2, pp. 102-115, March. 2024.
- [16] P.N. Kun, Chaimongkol, O., and Ma, M.S.P., "Holistic health assessment of the elderly in the Huai Phlu Hospital Network, Nakhon Chai Si District, Nakhon Pathom Province," *Udon Thani Hospital Medical Journal*, Vol. 32, No. 3, pp. 416-428, April. 2024.
- [17] S. Sumasri, and N. Jantacumma, "Effects of a development program for hypertension prevention behaviors with telehealth in hypertension risk group at Ban Dung District, Udon Thani Province," *Sukhothai Thammathirat Open University*, Vol. 17, No. 2, pp. 150-162, May. 2025.

การผลิตถ่านไบโอชาร์จากเศษกะลามะพร้าวในกระบวนการทำมะพร้าวขาว ด้วยเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม

อรัญ ขวัญปาน¹, สุภัตสร ฉิมเฉิด², รุจิพรรณ แผงจันดา³

^{1, 2, 3}คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Email: aran.kw@ssru.ac.th¹

Received: May 12, 2025

Revised: Jun 12, 2025

Accepted: Jun 16, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม และทดสอบคุณภาพของถ่านกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.657/2547) ใช้เศษกะลาจากมะพร้าวแก่จากผู้ประกอบการล้างมะพร้าวขาว นำมาเผาโดยเตาปฏิกรณ์ที่ออกแบบการจ่ายเชื้อเพลิงความร้อนร่วมที่ได้รับการพัฒนา ประกอบด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลและเชื้อเพลิงจากน้ำมันเครื่องเก่า แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติของถ่าน

ผลการศึกษา พบว่า ถ่านไบโอชาร์จากเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม อุณหภูมิเตาเฉลี่ยสูงสุด 665 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผา 310 นาที คุณสมบัติของถ่านอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.657/2547) มีค่าความร้อน 6,518.25 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.57 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 11 และปริมาณความชื้นร้อยละ 3.82 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (N=20) ค่าความร้อนสูงกว่าค่ามาตรฐาน (6000 แคลอรีต่อกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .001 ($p = .000$), ($\bar{X} = 6518.25$)

ดังนั้น เตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วมมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับสลายน้ำมันดิน (Tar) ทำให้ถ่านบริสุทธิ์ และถ่านไบโอชาร์ที่ได้มีคุณสมบัติสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงประกอบอาหารในครัวเรือน และสามารถพัฒนาเป็นถ่านอัดแท่งได้

คำสำคัญ : ถ่านไบโอชาร์, เศษกะลามะพร้าว, ถ่านอัดแท่ง, เตาปฏิกรณ์ความร้อนร่วม, เตาเผาถ่าน

Biochar is produced from coconut shell waste, generated during white coconut processing, using a co-firing reactor.

Aran Kwanpan¹, Suphatsorn Chimcherd², Rujipun Phangchandha³

^{1,2,3}Faculty of Engineering and Industrial Technology, Suan sunandhaRajabhat University

Email: aran.kw@ssru.ac.th¹

Received: May 12, 2025

Revised: Jun 12, 2025

Accepted: Jun 16, 2025

Abstract

This study aimed to test the efficiency of the co-firing reactor and evaluate its quality against the Thai Community Product Standard (M.P.C.657/2547). The reactor was specifically designed to integrate biomass and used engine oil as fuel components. Biochar properties were subsequently analyzed. Results indicated that the cogeneration reactor achieved a maximum average furnace temperature of 665°C with a burning time of 310 minutes. The produced biochar met the Community Product Standard (M.P.C.657/2547) requirements, exhibiting a heating value of 6,518.25 cal/g, ash content of 4.57%, volatile matter content of 11%, and moisture content of 3.82%.

A one-sample t-test ($N=20$) revealed that the biochar's heating value ($\bar{x} = 6,518.25$ cal/g) was significantly higher than the standard value of 6,000 cal/g ($p<.001$).

Thus, the cofiring reactor is efficient enough to decompose tar, yielding pure charcoal. The resulting biochar possesses properties suitable for household cooking fuel and can also be developed into charcoal briquettes.

Keywords : Biochar, coconut shell, briquettes, co-generation reactor, charcoal kiln

บทนำ

ลังมะพร้าวขาวในจังหวัดสมุทรสงครามมีจำนวน 435 ลัง [1] มีเศษกะลามะพร้าวถูกแยกออกจากเนื้อมะพร้าวที่เหลือทิ้งจากแต่ละลัง กองไว้รอเพื่อจำหน่าย การกองเอาไว้จำนวนมากนั้นเป็นปัญหาต่อการจัดเก็บ สิ้นเปลืองพื้นที่ในการเก็บ กลายเป็นที่อยู่ของสัตว์มีพิษ เช่น งูพิษ ตะขาบ และแมงป่อง [7] เศษกะลาของลังขนาดเล็กมีปริมาณ 0.5-1 ลูกบาศก์เมตร/วัน ผู้ซื้อมารับถึงลังในกิโลกรัมละ 1.70-2.50 บาท (มารับ 1-2 สัปดาห์/ครั้ง) [2] กะลามะพร้าวสามารถนำมาผลิตเป็นไบโอชาร์สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงคุณภาพสูงได้มีการศึกษาเตาปฏิกรณ์ ใช้กะลามะพร้าวเป็นชีวมวลดิบในการผลิตถ่านชาร์ทำงานที่อุณหภูมิระหว่าง 200-370 องศาเซลเซียสผลผลิตเชิงมวลร้อยละ 31 และประสิทธิภาพทางความร้อนร้อยละ 40.79 ค่าความร้อนของถ่านเท่ากับ 29.73 เมกะจูลต่อกิโลกรัม [3] กะลามะพร้าว มีร้อยละปริมาณคาร์บอนเสถียรเท่ากับ 45.9% และค่าความร้อนอยู่ที่ 32.49-33.23 kJ/g [4] กะลามะพร้าว (พันธุ์ต้นสูงมีค่าเท่ากับ 4910.82cal/ และค่าความชื้นเท่ากับ 0.043% [5] การผลิตถ่านชาร์ในประเทศไทยแบ่งได้ 2 ระดับ ได้แก่ ระดับอุตสาหกรรมและครัวเรือนการผลิตถ่านชาร์ในระดับอุตสาหกรรมจะทำในโรงงานที่ใช้เตาอิฐและเตาเหล็ก ระดับครัวเรือนมักใช้เตาตรัม (ลักษณะคล้ายถัง) และเตาปฏิกรณ์ ที่ก่อจากดินแม้ว่าเตาปฏิกรณ์แบบนี้จะสร้างง่ายแต่ประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำมาก และก่อเกิดมลพิษทางอากาศสูงขณะที่เตาตรัมที่มีรูปทรงเป็นทรงกระบอก เช่น เตาตรัมขนาด 200 ลิตร เป็นที่นิยมในชนบทเนื่องจากมีราคาไม่สูงและง่ายในการประกอบ [6], [7] และ [8] โดยมีวัสดุจากการเกษตรหลายชนิดที่ให้พลังงานความร้อนในระดับสูงเหมาะสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทน ถ่านไม้จาก

ธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว, ช้างข้าวโพด และเปลือกลูกยาง [9, 10, 11] คณะวิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการสร้างมูลค่าเพิ่มให้เศษกะลา จึงมีแนวคิดพัฒนาเตาในการผลิตถ่านไบโอชาร์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ในเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม ด้วยการเผาผลาญด้วยเตาชีวมวลเพียงอย่างเดียวยังมีประสิทธิภาพต่ำให้ความร้อน 200-370 องศา [3] และการเผาถ่านในชุมชนยังใช้วิธีดั้งเดิม หรือการเผากองไฟคลุมดิน ซึ่งไม่ใช่กระบวนการไพโรไลซิส ที่ควบคุมอุณหภูมิและออกซิเจนอย่างเหมาะสม มีข้อเสียคือการเผาด้วยเปลวไฟและการระบายความร้อนแบบเปิด ทำให้พลังงานจำนวนมากสูญเสียออกไปพลังงานจากก๊าซที่ระเหยออก (Volatile matter) ไม่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์สูญเสียความร้อนกว่า 60-70% ปลอยเขม่า (soot), CO, CH₄, VOCs และสารก่อมะเร็ง (PAHs) เกิดปัญหาหมอกควัน (smog) และ PM_{2.5} อัตราส่วนถ่านต่อชีวมวล (Charcoal yield) มักอยู่เพียง 10-15% เมื่อเทียบกับไพโรไลซิสแบบควบคุม ซึ่งให้ yield ได้ถึง 25-35% ส่วนการเผาแบบไพโรไลซิสเป็นกระบวนการแปรสภาพชีวมวล ด้วยความร้อนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic) หรือมีออกซิเจนในระดับต่ำมาก จนไม่เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ อุณหภูมิโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 300-700°C กลไกการสลายตัวประกอบด้วย 1) depolymerization การแตกพันธะของโพลีเมอร์ในเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส 2) decarboxylation ปล่อย CO₂ ออกจากกรดอินทรีย์ 3) dehydration การสูญเสีย น้ำจากโครงสร้าง 4) aromatization เปลี่ยนวงแหวนคาร์บอนเป็นโครงสร้างที่เสถียร (Lignin → carbon-rich char) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่าน (char) น้ำมันชีวภาพ (bio-oil) และก๊าซเชื้อเพลิง (syngas หรือ non-condensable gases) ซึ่งกะลามะพร้าวเมื่อผลิตเป็นถ่านไบโอชาร์จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 30-80 บาท/กิโลกรัม (18-32

เท่าจากเศษกะลา) สามารถนำมาทดแทนเชื้อเพลิงในครัวเรือน เป็นการพัฒนากลุ่มอาชีพเก่าแก่ของชุมชน สร้างงานสร้างรายได้สู่อาชีพผลิตมะพร้าวขาวอย่างยั่งยืน

แก๊สกลับห้องให้ความร้อนและชุดฉนวนกันความร้อน เป็นฉนวนหุ้มที่ทำจากใยแก้วลดการสูญเสียความร้อนจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (carbonization)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม
2. เพื่อทดสอบคุณภาพของถ่านไบโอชาร์เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ระเบียบวิธีวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.1 เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเลือกสิ่งมีชีวิตที่ใช้มะพร้าวพันธุ์หมูสี (พันธุ์พื้นเมืองนิยมปลูกในพื้นที่) ใช้เศษกะลาเหลือทิ้งจากกระบวนการทำมะพร้าวขาว เป็นมะพร้าวแก่ (อายุประมาณ 10-12 เดือน) ที่ผ่านการไล่ความชื้นด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ นำมาเผาด้วยเตาปฏิกรณ์ที่จ่ายเชื้อเพลิงด้วยชีวมวลและเชื้อเพลิงจากน้ำมันเครื่องเก่า แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1.2 การออกแบบเตาปฏิกรณ์ให้มีความสำคัญถึงปริมาณกะลาของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างแข็งแรงรูปแบบไม่ซับซ้อน ชุมชนสามารถประกอบใช้ได้เอง ซ่อมบำรุงได้ง่าย และใช้งานได้ง่าย ประกอบด้วย ชุดฝาห้องเผาสำหรับนำกะลาเข้าไปเผาและเอาถ่านไบโอชาร์ออกออกแบบไม่ให้อากาศเข้าไปได้ ขณะการสลายตัวทางความร้อน (ไพโรไลซิส) ห้องให้ความร้อนเป็นชุดเผาเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนกับระบบออกแบบการจ่ายเชื้อเพลิงความร้อนร่วม เป็นชุดห้องสำหรับใส่เศษกะลามะพร้าวเพื่อทำการอบไล่ความชื้นจนไม้พินสามารถลุกติดไฟเองได้กลายเป็นถ่านไบโอชาร์ ซึ่งมีใช้เผาผ่านและทอสัง

2. เครื่องมือที่ใช้

- 2.1 เตาปฏิกรณ์ถ่านไบโอชาร์จำนวน 3 แบบ ขนาด 234 ลิตร
- 2.2 เตาอบร้อน Memmet UF260
- 2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ RAE รุ่น 3000
- 2.4 เครื่องบอร์มแคลอรีมิเตอร์ PARR 1341
- 2.5 อื่น ๆ ได้แก่ สารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. วิธีการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การออกแบบเตาปฏิกรณ์ถ่านไบโอชาร์จำนวน 3 แบบ ขนาดเท่ากัน 234 ลิตร ซึ่งเตาจะแตกต่างกันที่แบบของไส้เตา (ดังรูปที่ 1) เพื่อเลือกไส้เตาที่สามารถให้ความร้อนจากการไพโรไลซิสได้สูงที่สุดสำหรับการเผาถ่าน แล้วหาคุณสมบัติของถ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

3.2 เศษกะลามะพร้าวจากกระบวนการทำมะพร้าวขาว ซึ่งถูกวางในที่โล่งเพื่อไล่ความชื้นในกะลามะพร้าวประมาณ 3 วัน ก่อนนำมาผลิตถ่านไบโอชาร์บรรจุลงในเตาจนเต็มเตาปริมาตรโดยรวมประมาณ 142 ลิตร หลังจากนั้นปิดฝาเตาให้สนิทให้อยู่สภาวะไร้อากาศหรืออากาศเข้าได้น้อยที่สุด แล้วใช้ทรายแห้งปิดทับฝาเตาด้านบนอีกครั้งเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน

3.3 จุดเตาด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลแห้งให้ความร้อนเตาโดยเผาไหม้เชื้อเพลิงหน้าเตา รักษาระดับเชื้อเพลิงต่อเนื่องเป็นเวลา 90 นาที แล้วเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงจากน้ำมันเครื่องเก่า การป้อนน้ำมันฯ หน้าเตาจะสิ้นสุดลงเมื่อสังเกตเห็นเปลวไฟเกิดขึ้นที่ท่อส่วนกลางด้านบน ซึ่งแสดงถึงแก๊ส

จากกระบวนการไพโรไลซิสเริ่มเกิดขึ้นและย้อนกลับเป็นแหล่งความร้อนแก่เตาปฏิกรณ์ ใช้เวลาประมาณ 60 นาที เปลวไฟจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งหมด แสดงว่าแก๊สและสารระเหยในชีวมวลดิบได้หมดแล้วเหลือเพียงถ่านไบโอชาร์ ซึ่งกินเวลาประมาณ 70-100 นาที อุณหภูมิของเตาจะเริ่มลดลง จะปล่อยเตาให้เย็นสนิท ใช้เวลาประมาณ 10-12 ชั่วโมง จึงเปิดฝาเตา แล้วนำถ่านไบโอชาร์วิเคราะห์ตามมาตรฐานขั้นตอนการคาร์บอนไนเซชัน (ดังรูปที่ 2)

3.4 ระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง เก็บข้อมูลอุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์ โดยเจาะผนังเตาบริเวณด้านข้าง 3 ตำแหน่ง (บน กลาง ล่าง) ใส่อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และตรวจวัดอุณหภูมินอกเตา การตรวจวัดจะเริ่มวัดเมื่อเตาเริ่มติด ช่วงเวลาผ่านไปประมาณ 10 นาที แล้วเก็บต่อเนื่องทุกๆ 20 นาที จนจบการคาร์บอนไนเซชันใช้เวลาประมาณ 310 นาที

3.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในเตากับเวลาการเผา 3 ตำแหน่ง (บน กลาง ล่าง) ของเตาทั้ง 3 แบบ

3.6 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของถ่านไบโอชาร์เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน วิเคราะห์ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้มด้วยการใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D 3173 ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

2) ปริมาณสารระเหย (Volatile matter) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม ด้วยการเผาตัวอย่างจำนวน 1 กรัม เผาใน

เตาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

3) ปริมาณเถ้า (Ash) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม ด้วยการใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม เผาในเตาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

4) ค่าความร้อน (Calorific value) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้ หุงต้ม ด้วยการ ใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม ตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ในเครื่องบอร์มแคลอรีมิเตอร์ ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 6000 แคลอรีต่อกรัม

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

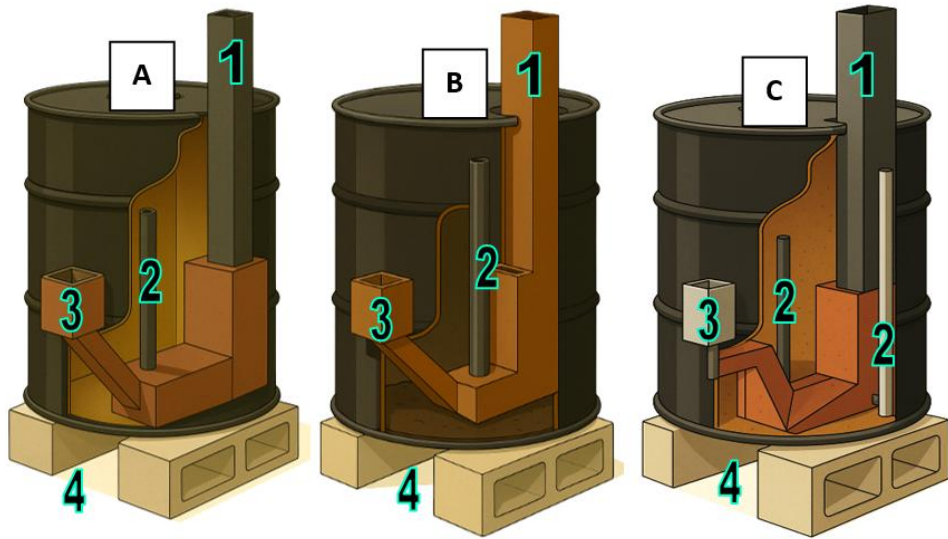
4.1 วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย

- 1) จำนวนร้อยละ (%)
- 2) การคำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)
- 3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงอนุมาน ใช้สถิติ One sample t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความร้อนถ่านไบโอชาร์กับค่ามาตรฐาน โดยเลือกเตาที่ให้ความร้อนสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเผา หลังจากนั้นเผาถ่านจำนวน 20 ครั้ง แล้วสุ่มตัวอย่างถ่านแต่ละครั้ง สุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) ครั้งละ 1 ตัวอย่าง รวมจำนวน 20 ตัวอย่าง และพิสูจน์สมมุติฐาน ดังนี้

$$H_0: \mu_1 < 6000 \text{ แคลอรีต่อกรัม}$$

$$H_1: \mu_1 > 6000 \text{ แคลอรีต่อกรัม}$$



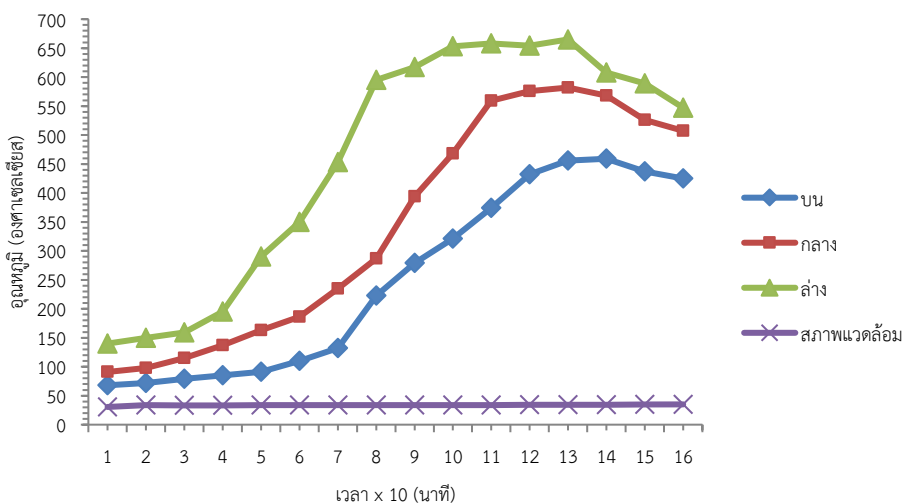
รูปที่ 1 แสดงรูปแบบเตาปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม แบบ A, B และ C
หมายเหตุ : 1 ปล่องควัน, 2 ท่อแก๊สย้อนกลับห้องเผาไหม้, 3 ใส่น้ำมันเชื้อเพลิงความร้อนร่วม
และ 4 ห้องเผาไหม้ชีวมวล



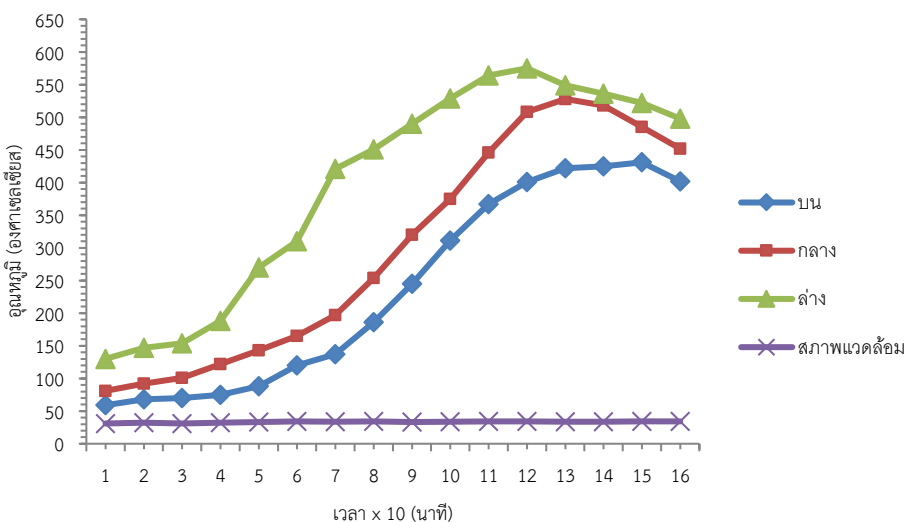
รูปที่ 2 การผลิตถ่าน A เศษกะลามะพร้าว B ให้ความร้อนเตาปฏิกรณ์ และ C ถ่านไบโอชาร์

ผลการวิจัย

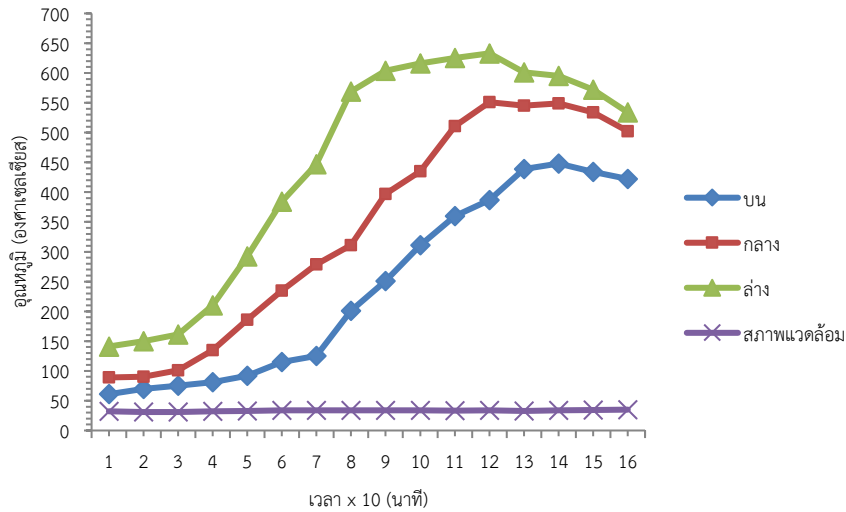
1. การศึกษาความสัมพันธ์อุณหภูมิในเตากับเวลาการเผา กระบวนการเผาให้เป็นถ่านไบโอชาร์ สิ้นสุดลงที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง ทำให้ถ่านบริสุทธิ์ใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นกว่า 400 องศาเซลเซียส เพื่อสลายน้ำมันดิน (Tar) ใช้เวลา 5.16 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 3-6



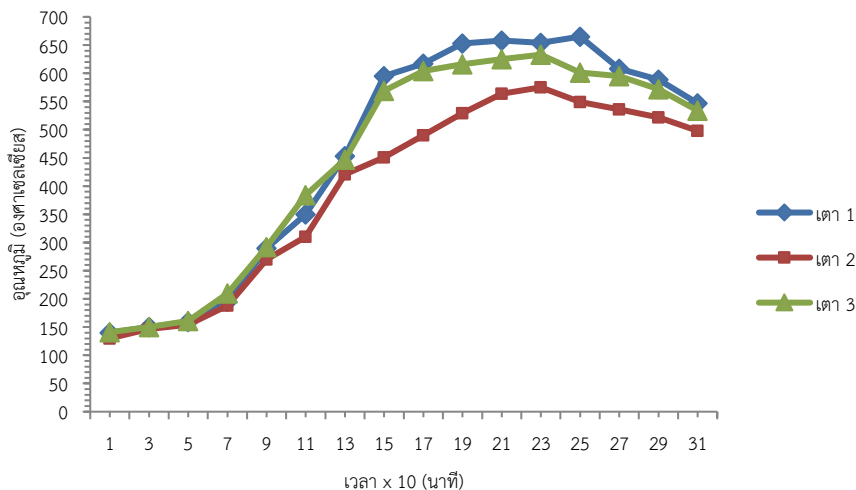
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์อุณหภูมิในเตากับเวลาการเผา (เตาแบบ A)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิในเตากับเวลาการเผา (เตาแบบ B)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์อัตราการหายใจในเตากับเวลาการเผา (เตาแบบ C)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์อัตราการหายใจในเตากับเวลาการเผาของเตาทั้ง 3 แบบ (เฉพาะอุณหภูมิชั้นล่าง)

จากรูปที่ 3-5 พบว่า อุณหภูมิชั้นล่างสูงกว่าชั้นกลาง ชั้นบน และเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งสามแบบ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิชั้นล่างทั้งสามแบบ ตามรูปที่ 6 พบว่า ในช่วงเวลาเริ่มจุดเตาถึง 90 นาที อุณหภูมิที่บริเวณผิวด้านในเตาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทิศทางเดียวกัน จะเห็นความ

แตกต่างกันเมื่อเวลาผ่านไปถึงนาทีที่ 110 อุณหภูมิของเตาทั้งสามแบบเท่ากับ 350, 310 และ 384 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเริ่มต่างกันเมื่อเวลาผ่านไปถึงนาทีที่ 150 อุณหภูมิของเตาทั้งสามแบบเท่ากับ 595, 451 และ 569

องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลา กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลการวิเคราะห์ดัง
ของการคาร์บอนไอเซน ตารางที่ 1

2. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของ
ถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวและเปรียบเทียบ

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพของถ่านไบโอชาร์

คุณภาพถ่าน	เตาแบบที่ 1	[11]	[12]	มผช.657/2547
ค่าความร้อน (cal/g)	6,518.25	5,315	7,116	≥6000
ปริมาณเถ้า (%)	4.57	*	7.43	≤8
เวลาเผา (hr.)	5.10	*	*	**
ปริมาณสารระเหย (%)	11	*	*	≤25
ปริมาณความชื้น (%)	3.82	5.63	3.95	≤10

หมายเหตุ: - คุณภาพของถ่านไบโอชาร์เป็นข้อมูลเฉพาะของเตาแบบที่ 1 ด้วยอุณหภูมิที่ได้ขณะเผาสูงกว่าแบบที่ 2,3
- * ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาไว้ ** มาตรฐาน มผช.657/2547 ไม่ได้กำหนดไว้

จากตารางที่ 1 พบว่า ถ่านไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกพารามิเตอร์
เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ค่าความร้อนมีค่าอยู่ระดับใกล้เคียงกัน มีปริมาณเถ้าน้อยกว่างาน
งานวิจัยอื่น ปริมาณความชื้นน้อยใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (ค่าความร้อน) ของการเผา (N=20)

ค่าความ	$\bar{x}$	S.D.	t	df	p-value
ร้อน	6518.25	85.22	27.194	19	.000

หมายเหตุ : ข้อมูลค่าความร้อนเฉพาะของเตาแบบที่ 1 ด้วยให้อุณหภูมิในการเผาสูงที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า p-value = 0.000 ซึ่ง
น้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 แสดงว่า
ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับสมมติฐาน H_1
กล่าวคือ ค่าความร้อนสูงกว่าค่ามาตรฐาน (6000
แคลอรีต่อกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปและอภิปรายผล

กระบวนการเผาให้เป็นถ่านไบโอชาร์ด้วยเตา
ปฏิกรณ์เชื้อเพลิงความร้อนร่วม ที่อุณหภูมิ
ประมาณ 400 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง

ซึ่งเพียงพอต่อการนำผลผลิตมาใช้งานได้ แต่ทำให้
ถ่านบริสุทธิ์ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นกว่า 400 องศา
เซลเซียส เพื่อสลายน้ำมันดิน (Tar) โดยใช้เวลา
310 นาที (5.16 ชั่วโมง) อุณหภูมิสูงสุด 665 องศา
เซลเซียส [13] กระบวนการไพโรไลซิส เป็น
กระบวนการแตกตัวหรือสลายโมเลกุลของ
สารประกอบหรือวัสดุต่าง ๆ ในสภาวะปราศจาก
ออกซิเจน ภายใต้อุณหภูมิสูงประมาณ 400– 800
องศาเซลเซียส [4] ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นจะ
ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ 1) ของแข็ง หรือ ถ่าน

(char) 2) ของเหลวซึ่งมีลักษณะและสมบัติคล้ายน้ำมัน และ 3) แก๊ส โดยถ่านสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หรือสามารถนำไปกระตุ้นต่อเพื่อเป็นถ่านกัมมันต์ (activated carbon) [4] เตาเผาสามารถเผาไหม้ให้เชื้อเพลิงในขณะที่สังเคราะห์ถ่านมีอุณหภูมิเผาค่อนข้างสูงประมาณประมาณ 600-800 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะขณะเผาเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้มีแก๊สติดไฟและน้ำส้มควันไม้ไหลออกมาจากเตาชั้นในช่วยเสริมให้เกิดการลุกไหม้ด้วยอุณหภูมิสูง [14] ความร้อนจากการเผาไหม้ทำให้เชื้อเพลิงด้านล่างร้อนและคายแก๊สต่าง ๆ ไหลขึ้นไปด้านบน แก๊สที่ไหลขึ้นส่วนใหญ่เป็นแก๊สที่ติดไฟจึงช่วยเสริมการลุกไหม้ทำให้ภายในเตามีอุณหภูมิสูงถึง 640-680 องศาเซลเซียสมีค่าความร้อนสูง 6,518.25 แคลอรีต่อกรัม [3]

เตาเผาที่ใช้แก๊สร้อนไฟโรไลซิสหมุนวนนี้มีสมรรถนะสูงกว่าอย่างชัดเจนโดยสังเกตจากผลผลิตเชิงมวล ผลผลิตเชิงพลังงาน และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเนื่องจากความสามารถในการดั่งสารระเหยออกจากชีวมวลจำนวนมากและการใช้ความร้อนจากสารระเหยกกล่าวได้เป็นอย่างดี มีปริมาณแก่น้อยปริมาณเถ้าร้อยละ 4.57 [15] สำหรับปริมาณเถ้าจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของถ่าน โดยถ่านที่มีปริมาณเถ้าต่ำ (ไม่เกินร้อยละ 4) จะจัดเป็นถ่านคุณภาพสูงสามารถให้ความร้อนได้ดีและยาวนานปริมาณสารระเหยกต่ำร้อยละ 11 และปริมาณความชื้นต่ำร้อยละ 3.82 จึงมีความเหมาะสมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการประกอบอาหาร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาค่าความชื้นของเศษกะลา ก่อนเข้าเตาปฏิกรณ์ เพื่อเป็นข้อมูลถึงความเหมาะสมกับเตาประเภทนี้

2. ควรนำไปโอซาร์ไปพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งในรูปแบบต่าง ๆ ให้ง่ายต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร

3. การศึกษามีข้อจำกัดของผลการศึกษาจากความไม่สม่ำเสมอของวัสดุดิบ

References

- [1] Samut Songkhram Provincial Statistical Office. Number of white coconut and mature coconut processing plants by district. March. 31, 2024. [online]. Available: https://samutsongkhram.nso.go.th/manage-statistics-system/area-level-official-statistics.html?catid=58&id=87&view=article&utm_source=chatgpt.com
- [2] A. Khwanpan, "The ergonomic risk assessment and environmental work white coconut case study local communities Samutsongkram province, Samut Songkhram Province." *Journal of Industrial Technology*, 9(2), pp. 44–57, 2021.
- [3] K. Manathura, & U. Samaksaman, "Efficiency Performance Self-Heating Coconut Shell Pyrolysis Kiln." *Journal of Science and Technology*, 11(2), pp. 13–21, 2022.
- [4] N. Pimpabut, A. Chaiya, & S. Chaokla, "Effect of Wood Type on Combustion Temperature Characteristics and Properties of Charcoal Prepared by High Temperature Pyrolysis Process." *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, 12(16), pp. 50–60. July - December 2020.

- [5] R. Anantanukulwong, R. Jaemae, & N. Sarenoo, "Production of Charcoal from Agricultural Residues." *Journal of Science and Technology, YRU*, 4(1), pp. 47–53, 2019.
- [6] S. Sangsuk, C. Buathong, & S. Suebsiri, "High-energy conversion efficiency of drum kiln with heat distribution pipe for charcoal and biochar production." *Energy for Sustainable Development*, 59, pp. 1–7, 2020. [online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0973082620302891>
- [7] N. Homduang, P. Chaiyaworn, P. Saisaew, P. Rattanapaiboon, P. Sasutjit, K. Buacharoen, R. Homkuang, N. Attawetchakun, & C. Thararuk, Development of pyrolysis reactors for heat production and bio-char applications. *Journal of Renewable Energy for Community*, 4(1), pp. 47–53, 2021.
- [8] K. Manatura, "Novel performance study of recirculated pyro-gas carbonizer for charcoal production." *Energy for Sustainable Development*, 64, pp. 8–14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.07.002>.
- [9] S. Changissarakul, A. Doromae, A. Ruangmee, & C. Saengwichian, "New alternative biomass sources for renewable energy: Rubber fruit shells and vetiver grass." *In Proceedings of the 5th National Energy Network Conference*, Phitsanulok, Thailand, 2009.
- [10] N. Tangmankongvorakul, & P. Preedasuriyachai, "Study of coffee and tea residues for use as briquette fuel." *Srinakharinwirot University Journal (Science and Technology)*, 7(3), pp. 15–26, 2015.
- [11] A. Khambun, W. Siriraksa, P. Luesak, & R. Sirirak, "A STUDY ON HOW TO UTILIZE COFFEE RESIDUE AND TEA RESIDUE FOR THE PRODUCTION OF BRIQUETTES." *Thai Industrial Engineering Network Journal*, 5(2), pp. 67–75, 2019.
- [12] T. Puttikeetkaveewong, J. Wiangnon, & P. Sriboonsom, "Production of briquettes from soybean stalks." *Naresuan University Journal*, 14(3), pp. 11–18, 2006.
- [13] Department of Primary Industries and Mines. Fuel from plastic waste. [online]. (n.d.). Available: <https://www.dpim.go.th/service/download?articleid=3499> (accessed March. 1, 2024).
- [14] W. Charoenboon, "Biomass husk stove for Thai farmers." *Khon Kaen University Journal of Science*, 45(1), pp. 163–174, 2017.
- [15] Green Power Co., Ltd. *New-generation charcoal from "Greenpower" 2010–2013*. 2013. [online]. Available: <http://piroliz.org/products/2014-05-27-12-34-12/eng/> (accessed March. 5, 2024).

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นวารสารตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยในด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่านต่อหนึ่งบทความ และต้องได้รับความเห็นชอบจากบรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยบทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารอื่น กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับและการพิจารณาตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง โดยมีข้อเสนอแนะในการส่งบทความดังนี้

การเตรียมต้นฉบับบทความ

ชื่อเรื่อง (Title)	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรสั้น กระชับ ครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ และสื่อความหมายของเรื่องที่อย่างชัดเจน
ชื่อ นามสกุลของผู้เขียน	ระบุชื่อนามสกุลเต็ม ของผู้เขียนให้ครบทุกคน <u>โดยไม่ต้องใส่คำนำหน้านามใด ๆ</u> ระบุสถานที่ทำงานหรือหน่วยงานที่สังกัดของผู้เขียน, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
บทคัดย่อ (Abstract)	มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษเป็นเนื้อความสรุปสาระสำคัญของเรื่อง ครอบคลุมวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และผลสรุป มีความยาวไม่เกิน 250 คำ ให้พิมพ์คอลัมน์เดียว
คำสำคัญ (Keyword)	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ จำนวน 3-5 คำ
บทนำ	อธิบายถึงความสำคัญหรือที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษา วัตถุประสงค์ และอาจรวมไปถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
เนื้อเรื่อง	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับและชัดเจน
วิธีการวิจัย	อธิบายขั้นตอนการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
ผลการวิจัย	อธิบายผลการทดลองที่พบอย่างชัดเจน ครบถ้วน
สรุปและอภิปรายผล	เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร โดยต้องมีการอ้างทฤษฎีหรือผลการศึกษาของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบ
กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)	ระบุสั้น ๆ ว่าได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและความช่วยเหลือจากแหล่งใดบ้าง
เอกสารอ้างอิง (References)	การอ้างอิงในบทความใช้การอ้างอิงแบบตัวเลขตามมาตรฐานสากลดังที่แสดงไว้ในส่วนท้ายของประโยคนี้ [1] เอกสารอ้างอิงท้ายบทความทุกฉบับจะต้องมีการอ้างอิงในบทความ ตามรูปแบบของ IEEE (http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf)

โดยแปลเอกสารอ้างอิง (References) จากภาษาไทยให้เป็นภาษาอังกฤษ

รูปภาพและตาราง

ต้องมีความคมชัดเป็นภาพขาวดำที่ชัดเจน มีคำอธิบายสั้น ๆ ครบถ้วน และเข้าใจ กรณีที่เป็นตาราง ให้ระบุลำดับที่ของตาราง ใช้คำว่า “ตารางที่.....” และอธิบายใส่ไว้เหนือตาราง กรณีที่เป็นรูป ให้ระบุลำดับที่ของรูปใช้คำว่า “รูปที่.....” และมีคำอธิบายใส่ไว้ใต้รูป

รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง

ตัวอย่างการอ้างอิงหนังสือ

- [1] ชื่อผู้แต่ง, *ชื่อหนังสือ(ตัวเอียง)*, (พิมพ์ครั้งที่), เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์, ปีที่พิมพ์.
- [2] สมชาย ประสิทธิ์จุตระกูล, *การออกแบบและวิเคราะห์อัลกอริทึม*, กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), 2001.
- [3] J.R. Quinlan, *C4.5: Programs for Machine Learning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, California, 1993.

ตัวอย่างการอ้างอิงจากการประชุมวิชาการ

- [4] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” ใน หรือ In, *ชื่อการประชุมวิชาการ, ชื่อย่อการประชุมวิชาการ, ชื่อสถานที่จัดงาน, วัน เดือน ปี ที่จัดงาน, เลขหน้า.*
- [5] วรุทธิ์ หาญโชติพันธุ์, “การศึกษาแนวทางขวัญและกำลังใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา,” ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครั้งที่ 8*: 2559, น. 726-735.
- [6] H. Worraruethai, “Staff Morale in Working at Suan Sunandha Rajabhat University,” in *XII International Conference on Human Resource Management and Professional Development (ICHRMPD 2014), Paris, France, 2014*, pp. 27-36.

ตัวอย่างการอ้างอิงจากวารสาร

- [7] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” *ชื่อวารสาร*, ปีที่, ฉบับที่, เลขหน้าบทความที่อ้างอิง, เดือนที่พิมพ์, ปีที่พิมพ์.
- [8] วรุทธิ์ หาญโชติพันธุ์, “วัสดุทางวิศวกรรม,” *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, ปีที่4, ฉบับที่ 2, หน้า 37-42, มกราคม-มิถุนายน, 2559.
- [9] M. Ito et al., “Application of amorphous oxide TFT to electrophoretic display,” *J. Non-Cryst. Solids*, vol. 354, no. 19, pp. 2777–2782, Feb. 2008.

การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์หรือสารนิพนธ์

- [10] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์,” วิทยานิพนธ์หรือสารนิพนธ์ ชื่อย่อปริญญา (สาขา), ชื่อมหาวิทยาลัย, ชื่อเมือง, ชื่อประเทศ, ปีที่พิมพ์.
- [11] วรุทธิ์ หาญโชติพันธุ์, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการศึกษา,” วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2551.
- [12] J. O. Williams, “Narrow-band analyzer,” Ph.D. dissertation (Electrical Engineering), Harvard University, Cambridge, MA, USA, 1993.

การส่งต้นฉบับบทความ

ส่งบทความผ่านระบบ <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/fit-ssru> เท่านั้น หากต้องการรายละเอียดเพิ่มเติม สามารถติดต่อได้ที่ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุททองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 23 โทรสาร 0 2160 1440 Email : fit_journals@ssru.ac.th



คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

จัดพิมพ์โดย : คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1 ถนนอุยกองนอก เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

โทร 0 2160 1438 ต่อ 23 เว็บไซต์ <https://ph01.tci-thajoo.org/index.php/fit-ssru>