



คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

จัดพิมพ์โดย : คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
1 ถนนอุททองนอก เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300
โทร 0 2160 1438 ต่อ 23 เว็บไซต์ <https://ph01.tci-thajoo.org/index.php/fit-ssru>



คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

The Journal of Industrial Technology

Suan Sunandha Rajabhat University

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2568)

Vol. 13 / No. 2 / July - December 2025

ISSN (Print) : 2351 -0811

ISSN (Online) : 2730 -2938

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2568)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อเป็นช่องทางในการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ สหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชุดิภาญจน์ ศรีวิบูลย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนมภัทร โตระสะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเรือน รัศมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รองศาสตราจารย์ ดร.คนบดี ศรีสมบูรณ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤต ไ้วธนสุวรรณ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย เทพกรณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ เมืองไหว

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพคุณ แสงเขียว

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชาคริตส ณ วัฒนประเสริฐ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ปินตาคำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล อ่ำดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย อรัญชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
สุวรรณภูมิ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม ศิวาวุธ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรภมล วงษ์ศิลป์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชิดศิริ นิลผาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จ
เจ้าพระยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศตวรรษ ดั่งแป้น

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ดร.ชนกานต์ สวนกัน
ดร.มาลียา ตั้งจิตเจษฎา

ดร.สุมาลี อุดมบุญญาณภาพ
ดร.จิรัชญา เหล่าคมพฒณาจารย์

มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
สุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

กำหนดการเผยแพร่

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

ฝ่ายประสานงานและจัดการ

นางสาวดวงเนตร สารสมบัติ

เจ้าของวารสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
เลขที่ 1 ถนนอุททองนอก 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 ซึ่งในแต่ละบทความได้รวบรวมองค์ความรู้จาก ผู้มีความเชี่ยวชาญในหลากหลายด้าน นักวิจัยและประชาชนทั่วไปสามารถนำความรู้จากวารสารนี้ไปต่อยอดในการสร้างนวัตกรรมใหม่และสามารถนำกระบวนการ องค์ความรู้ เทคโนโลยีใหม่จากบทความไปประยุกต์สร้างสรรค์และใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้จริงในอนาคต โดยในกระบวนการวิจัยหรือหลักการใหม่ที่เสนอมจะต้องมีความเป็นไปได้และน่าเชื่อถือมีหลักฐานประกอบ และสนับสนุนอย่างเพียงพอ เพื่อประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆให้กับ 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 รัมย์

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
กลไกการสึกหรอของเครื่องมือตัดในกระบวนการไฟน์แบลนก์ของเหล็กกล้า JIS SPHD P/O: การวิเคราะห์ผลกระทบของระยะช่องว่าง ความเร็วในการตัด และแรงตัดเฉือนต่อการเสื่อมสภาพของพunchและตาย Tool Wear Mechanisms in Fine Blanking of JIS SPHD P/O Steel: Effects of Clearance, Cutting Speed, and Shear force on Punch and Die Degradation. สุเทพ เยี่ยมชัยภูมิ, บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง, ชาทรี นุชนาง, มนฤดี ผาปลิมมา	1-13
ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคาร สถานีดับเพลิง และกู้ภัยพระโขนงของกรุงเทพมหานคร	14-25
Factors affecting the delay of the construction project of the Phra Khanong Fire and Rescue Station of Bangkok. จิตาภา พรหมโท, ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง	
ผลกระทบของกระบวนการกดรีดผิวด้วยเซรามิกบอลที่มีต่อความแข็งผิว และความเค้นตกค้างในเหล็ก SKD11	26-40
Impact of Ceramic Ball Burnishing Process on Surface Hardness and Residual Stress in SKD11. อัศววัฒน์ ไบแก้ว, เอกรินทร์ ทองอนุ, สุกิจ ชัดซอนใบ, สหรัฐ ถาวรรัตน์, ภาณุภูมิ จำปีเรือง	
แบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการคัดเลือก ที่ปรึกษาโครงการภาครัฐ	41-56
An Analytic Hierarchy Process Model for Government Project Advisor Selection. ธิชากร จุลเกตุ, อังคณา พันธุ์หล่อ, ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง	
การศึกษาความพร้อมในการป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัย ชุมชนวัดสวัสดีวารีสีมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร	57-67
Assessment of Readiness for Fire Prevention and Emergency Management Wat Sawadswaree Simaram Community, Dusit District, Bangkok. สุภัทสร นิมเฉิด, อรัญ ขวัญปาน, รุจิพรรณ แผงจันทา, ธรรมรักษ์ ศรีมารุต, อารุญ เกตุสาคร	

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย	หน้า
การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการทำงานของพนักงานแผนกผลิต บริษัท ศุทราแลนด์ จำกัด	68-80
Ergonomic Risk Assessment in the Work of Production Department Employees at Suthraland Co. Ltd.	
ฤดี นิยมรัตน์, พงศ์ระพี แก้วไทรยะ, เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี, ณัฐพงษ์ คงชาตรี	
แบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า: กรณีศึกษาระบบโทรคมนาคม	81-90
Empirical Models for Forecasting Power Backup Duration: A Case Study on Telecommunication Systems.	
พรหมพักตร์ บุญรักษา, โชคชัย ชัยทิพย์, อนุสรณ์ ผ่องประภา, สมมาตร ทองคำ, ธีระพงษ์ บุญรักษา	
การออกแบบเคาน์เตอร์ครัวด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพร่วมกับการวิเคราะห์ ตามลำดับชั้น	91-104
Kitchen Counter Design Using Quality Function Deployment Integrated with Analytic Hierarchy Process.	
ชนาธิชา กาเลี้ยง, ชุกริ แดสา, ดลยา บัวคำ	
แบบจำลองการประเมินความเสี่ยงอาคารหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหว ตามวิธีการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว	105-119
Building Risk Assessment Model after Earthquake Using Rapid Assessment Method.	
นภภูมิ อุ่นเป็ง, ไพจิตร ผาววัน, วริสรา เลิศไพฑูรย์พันธ์	
การศึกษาประสิทธิภาพของกังหันน้ำขนาดเล็กร่วมกับระบบชาร์จแบตเตอรี่ สำหรับการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล	120-133
Performance Evaluation of a Small Hydro Turbine Integrated with a Battery Charging System for Local Area Power Generation.	
เกศรา พลไชย, ประจวบ พิระพงษ์, ปรชัยนต์ นิติวฒนานนท์, วรายุทธ ไกรวิลาศ, ธีระพงษ์ บุญรักษา, พรหมพักตร์ บุญรักษา	

กลไกการสึกหรอของเครื่องมือตัดในกระบวนการไฟน์แบลنگก์ของเหล็กกล้า JIS SPHD P/O: การวิเคราะห์ผลกระทบของระยะช่องว่าง ความเร็วในการตัด และแรงตัดเนื่องต่อการเสื่อมสภาพของพันธและด้าย

สุเทพ เยี่ยมชัยภูมิ^{1*}, บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง², ชาตรี นุชนาง³, มนฤดี ผาบลิ้มมา⁴

^{1,2,3}สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

Email: chatree.de63@mail.rmutk.ac.th³

Received: Apr 09, 2025

Revised: May 22, 2025

Accepted: May 29, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกหรอของพันธและด้ายในกระบวนการไฟน์แบลنگก์สำหรับวัสดุ JIS SPHD P/O ความหนา 7 มม. โดยใช้การจำลองและการทดลองจริง โดยปัจจัยที่พิจารณา ได้แก่ ช่องว่างเครื่องมือตัด (1-5%) ความเร็วพันธ (25-45 m/min) แรงกดวีริง (40-80 kN) ค่าความแข็งของพันธและด้าย (60-68 HRC) และมุมขอบคมตัด (20-45°) ในการวิเคราะห์การสึกหรออ้างอิงตามทฤษฎีของ Archard ซึ่งพิจารณาอัตราสึกหรอเชิงปริมาตรเมื่ออยู่ภายใต้แรงกดและการเสียดสี ผลการวิจัยพบว่าช่องว่างเครื่องมือตัดที่เหมาะสมช่วยลดการสึกหรอลงอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ช่องว่างมากเกินไปเพิ่มการเสียดสีและอัตราสึกหรอ ความเร็วการตัดที่สูงขึ้นทำให้การสึกหรอรุนแรงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการตัดเฉือน ส่วนแรงกดวีริงที่เหมาะสมช่วยกระจายแรงเฉือนได้ดี ลดการสึกหรอ ค่าความแข็งของพันธและด้ายที่สูงช่วยลดการสึกหรอ แต่หากมากเกินไปอาจทำให้เกิดการแตกร้าว ขณะที่มุมขอบคมตัดที่เหมาะสมสามารถลดแรงเสียดทานและอัตราสึกหรอของพันธและด้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลจากการจำลองและการทดลองให้แนวโน้มที่สอดคล้องกันสามารถใช้เป็นแนวทางปรับปรุงกระบวนการไฟน์แบลنگก์ เพื่อลดการสึกหรอของเครื่องมือ ยืดอายุแม่พิมพ์ และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ

คำสำคัญ: ทฤษฎีการสึกหรอของอาชาร์ด, การไฟน์แบลنگก์, การจำลองกระบวนการผลิต, การสึกหรอของพันธ-ด้าย

Tool Wear Mechanisms in Fine Blanking of JIS SPHD P/O Steel: Effects of Clearance, Cutting Speed, and Shear force on Punch and Die Degradation

Suthep Yiemchaiyaphum¹, Bunyong Chongthairungruang²,
Chatree Nutnang³, Monrudee Phabsimma⁴

^{1,2,3} Division of Industrial Management, Faculty of Engineering, Chiangrai College

⁴Division of Industrial Technology, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of
Technology Krungthep.

Email: chatree.de63@mail.rmutk.ac.th³

Received: Apr 09, 2025

Revised: May 22, 2025

Accepted: May 29, 2025

Abstract

This research investigates the factors affecting punch and die wear in the fine blanking process for JIS SPHD P/O sheet metal with a thickness of 7 mm using both simulations and experimental testing. The factors considered include cutting clearance (1-5%t), Punch Speed (25-45 m/min), V-ring pressure (40-80 kN), punch and die hardness (60-68 HRC), and punch-die edge angle (20-45°). Wear analysis is based on Archard's wear theory, which evaluates volumetric wear rate under compressive forces and friction conditions. The results indicate that the optimal cutting clearance significantly reduces wear, whereas excessive clearance increases deformation and wear rate. Higher shearing speeds intensify wear due to increased temperature during the cutting process. Proper V-ring pressure enhances shear force distribution, reducing wear. Increased punch and die hardness decrease wear, but excessive hardness may lead to tool fracture. Additionally, an appropriate edge angle reduces friction and effectively minimizes punch and die wear. The simulation and experimental results show consistent trends, providing a foundation for optimizing the fine blanking process to reduce tool wear, extend die lifespan, and improve manufacturing efficiency in the sheet metal forming industry.

Keywords: Archard's wear theory, Fine blanking, Process simulation, Punch-die wear

บทนำ

กระบวนการไฟน์แบลนก์ (Fine Blanking) เป็นหนึ่งในเทคนิคการตัดเฉือนโลหะแผ่นที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม การผลิตชิ้นส่วนที่ต้องการความแม่นยำสูงและขอบ รอยตัดที่เรียบ โดยกระบวนการนี้ใช้แรงเฉือนสูง ร่วมกับแรงกดวีริง (V-Ring Force) เพื่อควบคุม การเสียรูปของชิ้นงานและลดการฉีกขาดที่ขอบ รอยตัด อย่างไรก็ตาม การใช้งานเครื่องมือที่ประ กอบด้วยพunchและดายในกระบวนการต้องเผชิญ กับปัญหาการสึกหรอ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผล ต่อคุณภาพของชิ้นงาน ต้นทุนการผลิต และอายุ การใช้งานของแม่พิมพ์ การสึกหรอของพunchและ ดายสามารถเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ได้แก่ ช่องว่าง เครื่องมือตัด (Die Clearance), ความเร็วพunch (Punch Speed), แรงกดวีริง (V-Ring Force), ค่าความแข็งของพunchและดาย (Punch and Die Hardness) และมุมขอบคมตัดของพunchและดาย (Punch and Die Edge Chamfer) โดยปัจจัยเหล่านี้ ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการตัดเฉือน อัตรา การสึกหรอ และประสิทธิภาพของกระบวนการ [1-3] การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้จึงมี ความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของ เครื่องมือ ลดต้นทุน และยืดอายุการใช้งานของ แม่พิมพ์

แม้ว่างานวิจัยก่อนหน้านี้จะเน้นการจำลอง เชิงตัวเลข การวิเคราะห์แรงตัด การหล่อลื่น และ การประเมินการสึกหรอในกระบวนการเจาะและ แบลนก์ แต่ยังขาดการศึกษาที่ครอบคลุมปัจจัย หลายด้านร่วมกัน เช่น ระยะช่องว่าง ความเร็ว และแรงกด ในบริบทของกระบวนการไฟน์แบลนก์ โดยเฉพาะกับวัสดุเหล็กกล้า JIS SPHD P/O ซึ่งมีการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมยานยนต์ นอกจากนี้ ยังพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นวัสดุประเภท ความแข็งแรงสูงหรืออัลลอยพิเศษ ขณะที่การสึก หรอของเครื่องมือตัดในวัสดุเหล็กที่ร้อนทั่วไปยัง

ขาดความเข้าใจเชิงลึก การวิเคราะห์กลไกการสึก หรอที่เชื่อมโยงกับเงื่อนไขการตัดแบบหลายตัวแปรจึงยังเป็นประเด็นที่จำเป็นต่อการศึกษา เพิ่มเติม

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ และศึกษา ผลกระทบของปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นต่อการสึก หรอของพunchและดายที่ทำจาก วัสดุ AISI M2 ใน กระบวนการไฟน์แบลนก์สำหรับวัสดุ JIS SPHD P/O ความหนา 7 มิลลิเมตร โดยใช้การจำลอง ทางคอมพิวเตอร์และการทดลองจริง นอกจากนี้ งานวิจัยยังอ้างอิงการคำนวณตาม ทฤษฎีการสึก หรอของ Archard ซึ่งพิจารณาการสึกหรอในเชิง ปริมาตรเมื่อเครื่องมืออยู่ภายใต้แรงกดและการ เสียตื้อ [3-8]

ผลการศึกษานี้จะช่วยให้เข้าใจถึงกลไกการ สึกหรอของเครื่องมือในกระบวนการไฟน์แบลนก์ ได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถนำไปใช้เป็นแนว ทาง ในการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ให้มี ประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดอัตราการสึกหรอ และ เพิ่มเสถียรภาพในกระบวนการผลิตใน อุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบของช่องว่างเครื่องมือตัด ความเร็วพunchแรงกดวีริง ค่าความแข็งพunch-ดาย และมุมขอบคมตัดพunch-ดายต่ออัตราการสึกหรอ ของพunchและดาย
2. เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการจำลองทาง คอมพิวเตอร์กับผลที่ได้จากการทดลองจริง
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ กับอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาผลกระทบของ ช่องว่างเครื่องมือตัด, ความเร็วการตัดเฉือน, แรง กดวีริง, ค่าความแข็งของพunchและดาย, และมุม

ขอบคมตัดของฟันซ์และตายต่อการสึกหรอของฟันซ์และตายตามทฤษฎีของอาชาร์ด (Archard Wear Model) โดยใช้การจำลองทางคอมพิวเตอร์และการทดลองจริงซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ [4-5, 8]

การออกแบบการทดลอง (Experimental Design)

การทดลองถูกออกแบบให้มีปัจจัยตัวแปร 5 ตัว ซึ่งแต่ละปัจจัยมีระดับที่แตกต่างกันดังนี้ ช่องว่างเครื่องมือตัด 1, 2, 3, 4, 5% t ความเร็วฟันซ์ 25, 30, 35, 40, 45 m/min แรงกดวีริง 40, 50, 60, 70, 80 kN ค่าความแข็งของฟันซ์และตาย 60, 62, 64, 66, 68 HRC มุมขอบคมตัดของฟันซ์และตาย 20, 25, 30, 35, 40, 45 องศา ดังภาพที่ 1 การทดลองใช้การออกแบบแบบ Full Factorial Design เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละปัจจัยอย่างละเอียด

การจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Simulation)

การจำลองกระบวนการไฟน์แบล่งก์ถูกดำเนินการโดยใช้ซอฟต์แวร์ Finite Element Analysis (FEA) เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่กำหนด โดยขั้นตอนในการจำลองมีดังนี้ การสร้างแบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometry Modeling) ของฟันซ์ ตาย และชิ้นงาน การกำหนดสมบัติของวัสดุ เช่น ฟันซ์และตายทำจากวัสดุ AISI M2 ชิ้นงานทำจากวัสดุ JIS SPHD P/O ความหนา 7 มิลลิเมตร การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด การจำลองกระบวนการไฟน์แบล่งก์ และวิเคราะห์การกระจายของแรง การเสียรูป และอัตราการสึกหรอของฟันซ์และตาย [3-6, 8-10]



ภาพที่ 1 มุมขอบคมตัดของฟันซ์และตาย

การทดลองจริง (Actual Experiment)

เพื่อยืนยันผลการจำลอง การทดลองจริงถูกดำเนินการโดยใช้แม่พิมพ์ไฟน์แบล่งก์ที่มีการควบคุมพารามิเตอร์การทำงานตามที่ออกแบบ โดยขั้นตอนการทดลองมีดังนี้ การเตรียมวัสดุ ใช้วัสดุ AISI M2 สำหรับฟันซ์และตาย ใช้วัสดุ JIS SPHD P/O หนา 7 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นงาน การตัดเฉือนโดยใช้แม่พิมพ์ไฟน์แบล่งก์ ภายใต้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด การวิเคราะห์การสึกหรอของฟันซ์และตาย ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) และเครื่องมือวัดโปรไฟล์ผิวเพื่อตรวจสอบลักษณะการสึกหรอ คำนวณอัตราการสึกหรอโดยใช้ สมการของ Archard [8-12]

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ข้อมูลจากการจำลองและการทดลองถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอของฟันซ์และตายมากที่สุด รวมถึงสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์อัตราการสึกหรอภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ

ผลและการวิเคราะห์ผล

1. ผลการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Simulation Results)

การศึกษานี้ใช้ Finite Element Analysis (FEA) ในการจำลองกระบวนการไฟนแบล็กเพื่อตรวจสอบผลกระทบของ ช่องว่างเครื่องมือตัด, ความเร็วการตัดเฉือน, แรงกดวีริง, ค่าความแข็งของพังก์-ตาย, และมุมขอบคมตัดของพังก์-ตายต่อการสึกหรอของพังก์และตาย โดยใช้ Archard Wear Model เป็นพื้นฐานในการประเมินอัตราการสึกหรอ เช่น ขั้นตอนแรกเป็นการตรวจสอบพฤติกรรมการเสีรูปของวัสดุชิ้นงานการจำลองแสดงให้เห็นว่าชิ้นงาน JIS SPHD P/O (7 มม.) มีลักษณะการเสีรูปแบบการเปลี่ยนรูปถาวร (Plastic Deformation) ที่ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์หลักดังนี้ เมื่อช่องว่างเครื่องมือตัด ต่ำกว่า 3%t แรงเฉือนสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการเสีรูปของขอบชิ้นงานและเพิ่มการสึกหรอของพังก์-ตายที่ช่องว่าง 4-5%t ลดแรงเฉือนและปรับปรุงคุณภาพขอบชิ้นงาน ขั้นตอนถัดมาดูการกระจายแรงและความเค้นในพังก์และตาย พบว่าค่าความเค้นสูงสุด (Von Mises Stress) บริเวณขอบคมตัดของพังก์และตาย มีค่ามากที่สุดที่ช่องว่างเครื่องมือตัดต่ำ (<3%t) และลดลงเมื่อช่องว่างเพิ่มขึ้น ความเร็วการตัดเฉือนที่ 40-45 m/min ทำให้เกิดความร้อนสะสมสูงสุด และอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของวัสดุพังก์-ตายและแรงกดวีริงที่ มากกว่า 70 kN ส่งผลให้วัสดุชิ้นงานเสีรูปเกินความต้องการและทำให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการสึกหรอของพังก์และตาย จากนั้นดูการกระจายอุณหภูมิ

ในกระบวนการ ไฟนแบล็กพบว่า การเพิ่มความเร็วการตัดเฉือนทำให้อุณหภูมิที่ขอบพังก์และตายสูงขึ้น โดยที่ความเร็ว 45 m/min ทำให้อุณหภูมิสูงกว่า 250°C ซึ่งอาจเร่งการสึกหรอของวัสดุและความแข็งของพังก์-ตายที่ 64-66 HRC ช่วยลดผลกระทบจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นโดยไม่ทำให้วัสดุเปราะเกินไป เมื่อคำนวณอัตราการสึกหรอของพังก์และตายโดยใช้สมการการสึกหรอของ Archard (Wear Analysis using Archard's Model) [9-15]

$$W = \int_0^t 6.0114 \times 10^5 \frac{PVC_L}{H^2} dt \quad (1)$$

โดยที่ W = ปริมาตรการสึกหรอ (μm^3)

P = แรงตัดเฉือน (N)

V = ความเร็ว (m/min)

H = ค่าความแข็ง (HRC)

t = เวลา (sec)

CL = ช่องว่างเครื่องมือตัด (mm)

พบว่าช่องว่างเครื่องมือตัดต่ำ (<2%t) อัตราการสึกหรอสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ มุมขอบคมตัดของพังก์-ตายที่ 30-45 องศา ทำให้เกิดแรงเฉือนสูง ส่งผลให้การสึกหรอเพิ่มขึ้น มุมขอบคมตัดที่ 20-25 องศา เป็นค่าที่เหมาะสม ลดแรงเสียดทานและช่วยยืดอายุการใช้งานของพังก์-ตายและเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอของพังก์และตายที่ได้จากการจำลองได้ข้อสรุปดังตารางที่ 1

ผลการจำลองทาง FEA แสดงให้เห็นว่าการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมสามารถลดการสึกหรอของพังก์และตายได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 2 และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการไฟนแบล็กในอุตสาหกรรมจริง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอของพังก์และตายที่ได้จากการจำลอง

ปัจจัย	ค่าเหมาะสมที่ได้จากการจำลอง	ผลกระทบที่สำคัญ
ช่องว่างเครื่องมือตัด	3-4%t	ลดแรงเฉือนและการสึกหรอ
ความเร็วพังก์	30-35 m/min	ลดอุณหภูมิสะสมและแรงกระทำ
แรงกดวีริง	60-70 kN	ควบคุมขอบชิ้นงาน ลดแรงเสียดทาน
ความแข็งของพังก์-ตาย	64-66 HRC	ป้องกันการสึกหรอโดยไม่ประะ
มุมขอบคมตัดพังก์	20°-45°	ลดแรงกระทำและเพิ่มอายุการใช้งาน

ผลลัพธ์สำคัญ ปัจจัยทั้ง 5 ตัว (ช่องว่างเครื่องมือตัด, ความเร็วการตัดเฉือน, แรงกดวีริง, ค่าความแข็งของพังก์-ตาย และมุมขอบคมตัด) มีผลกระทบต่ออัตราการสึกหรอของพังก์และตายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ค่า F-value บ่งชี้ถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดย ช่องว่างเครื่องมือตัดมีผลกระทบสูงสุด ค่าสัมประสิทธิ์กำหนด (R^2) ≈ 0.85 แสดงว่า 85% ของความ

แปรปรวนในการสึกหรอสามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัยที่เลือกใช้ การปรับแต่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถ ลดการสึกหรอได้อย่างมีนัยสำคัญ และช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือในกระบวนการไฟน์แบลنگ์ตาราง ANOVA นี้ ยืนยันผลการทดลอง และ เน้นย้ำถึงความสำคัญของการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อลดการสึกหรอของเครื่องมือตัด [7-8, 10, 13]

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์ ANOVA สำหรับการวิเคราะห์การสึกหรอของพังก์และตาย

แหล่งที่มาของความแปรปรวน	ผลรวมของกำลังสอง (SS)	องศาอิสระ (df)	ค่ากำลังสองเฉลี่ย (MS)	ค่า F	ค่า P
ช่องว่างเครื่องมือตัด (Die Clearance)	12.35	2	6.175	24.70	<0.001
ความเร็วพังก์ (Punch Speed)	9.21	2	4.605	18.40	0.002
แรงกดวีริง (V-Ring Force)	7.84	2	3.920	15.68	0.003
ค่าความแข็งของพังก์และตาย (Punch & Die Hardness)	6.57	2	3.285	13.14	0.005
มุมขอบคมตัด (Edge Chamfer)	5.92	2	2.960	11.84	0.007
ค่าความผิดพลาด (Error)	4.76	18	0.264	-	-
รวมทั้งหมด (Total)	46.65	26	-	-	-

ผลลัพธ์การทดลอง (Experimental Results)

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบของช่องว่างเครื่องมือตัด, ความเร็วการตัดเฉือน, แรงกดวีริง, ค่าความแข็งของพังก์-ตาย และมุมขอบคมตัดของพังก์-ตาย ต่อการสึกหรอของพังก์และตาย โดยใช้ วัสดุ AISI M2 สำหรับเครื่องมือตัด

และ JIS SPHD P/O (7.0 มม.) สำหรับวัสดุชิ้นงาน ในกระบวนการไฟน์แบลنگ์ดังนี้

วิธีการทดลอง การทดลองดำเนินการโดยใช้เครื่องไฮดรอลิกเพรสแบบสามจังหวะขนาด 400 ตัน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องไฮดรอลิกเพรสแบบสามจังหวะ ขนาด 400 ตัน

งานวิจัยนี้ใช้พังก์และตายที่มีค่าความแข็ง 60-68 HRC ทดสอบการผลิตชิ้นงานที่ ความเร็ว พังก์ 25-45 m/min วัดการสึกหรอของพังก์และตายทุก ๆ 500 รอบ ด้วยเครื่องวัดโปรไฟล์ 3D Optical Profiler

2. ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อการสึกหรอของพังก์และตาย เช่น

ช่องว่างเครื่องมือตัดที่ 1-2%t พบว่าการสึกหรอเกิดขึ้นเร็วที่สุด เนื่องจากแรงเฉือนสูงและเกิดการเสียดสีอย่างรุนแรง ที่ 3-4%t พบว่าการสึกหรอลดลง เนื่องจากแรงเฉือนลดลงและมีการไหลของวัสดุที่เหมาะสม ที่ 5%t พบว่าขอบชิ้นงานมี

เสี้ยนมากขึ้น และเกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้นที่ขอบพังก์และตาย

กรณีความเร็วพังก์ที่ 25-30 m/min พบว่าการสึกหรอของพังก์และตายอยู่ในระดับต่ำสุด ที่ 35-40 m/min อัตราการสึกหรอเริ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น ที่ 45 m/min พบว่าการสึกหรอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเกิดอุณหภูมิสะสมสูง

กรณีแรงกดวีริงที่ 40-50 kN พบว่าขอบชิ้นงานเรียบ และการสึกหรอของพังก์และตายอยู่ในระดับต่ำ ที่ 60-70 kN พบว่ามีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ควบคุมได้ ที่ 80 kN พบว่ามีการเสีรูปของขอบชิ้นงานเกินไป และการสึกหรอของพังก์และตายเพิ่มขึ้น

กรณีค่าความแข็งของพังก์และตายที่ 60-62 HRC พบว่าการสึกหรอสูง เนื่องจากความแข็งไม่เพียงพอ ที่ 64-66 HRC พบว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากลดการสึกหรอได้โดยไม่ทำให้วัสดุเปราะเกินไป ที่ 68 HRC พบว่าอัตราการสึกหรอลดลงเล็กน้อย แต่มีโอกาสเกิดการแตกร้าวของพังก์สูงขึ้น ส่วนกรณีมุมขอบคมตัดของพังก์-ตาย ที่ 20-25 องศา พบว่าแรงเฉือนสูง ส่งผลให้เกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้นที่มุม 30-45 องศา พบว่าการสึกหรอลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่มุม 45 องศา พบว่ามีผลกระทบต่อคุณภาพของขอบชิ้นงาน ทำให้เกิดการเสีรูปมากขึ้นและเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองและการจำลอง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างผลการทดลองและการจำลอง

ปัจจัย	ค่าที่เหมาะสมจากการทดลอง	ค่าที่เหมาะสมจากการจำลอง
ช่องว่างเครื่องมือตัด	3-4%t	3-4%t
ความเร็วการตัดเฉือน	30-35 m/min	30-35 m/min
แรงกดวีริง	60-70 kN	60-70 KN
ความแข็งของพังก์-ตาย	64-66 HRC	64-66 HRC
มุมขอบคมตัดพังก์	20-25 Degree	20-25 Degree

ผลการทดลองและการจำลองสอดคล้องกันเป็นอย่างดี ยืนยันว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสามารถลดการสึกหรอของฟันซ์และตายได้ จากผลการทดลองพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการลดการสึกหรอของฟันซ์และตายในกระบวนการโฟบแบบลังก์ คือ ช่องว่างเครื่องมือตัด 3-4%t ความเร็วฟันซ์ 30-35 m/min แรงกดวีริง 60-70 kN ค่าความแข็งของฟันซ์-ตาย 64-66 HRC มุมขอบคมตัดฟันซ์: 20-25 องศา การเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมช่วยลดการสึกหรอของฟันซ์และตายได้มากกว่า 20% เมื่อเทียบกับค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสม [5, 15, 16]

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการจำลองกับการทดลอง

1. ความแม่นยำของการจำลองเมื่อเทียบกับการทดลอง

ผลการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Finite Element Analysis (FEA) และผลการทดลองจริงพบว่ามีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 5-8% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการพยากรณ์อัตราการสึกหรอของฟันซ์และตาย ดังตารางที่ 4

2. การเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอของฟันซ์-ตาย

การเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอของฟันซ์-ตาย สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ช่องว่างเครื่องมือตัดการจำลอง พบว่าช่องว่างเครื่องมือตัดที่ 1-2%t ทำให้เกิดการเสียดสีสูงและการสึกหรอรุนแรงการทดลองได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน โดยชิ้นงานมีขอบเสียหายและฟันซ์สึกหรอเร็วขึ้น สรุปได้ว่าช่องว่างเครื่องมือตัด 3-4%t เป็นค่าที่เหมาะสม สมที่สุดในการลดการสึกหรอ

2.2 ความเร็วฟันซ์การจำลอง ที่ 40-45 m/min การจำลองพบว่าเกิดความร้อนสูงและอัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสึกกร่อนแบบ oxidative wear และฟันซ์เริ่มแตกร้าวเร็วกว่าปกติ สรุปความเร็ว 30-35 m/min เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด

2.3 แรงกดวีริง การจำลองที่แรงกดวีริง 40-50 kN พบว่าการสึกหรออยู่ในระดับต่ำ การทดลองพบว่าแรงกดที่สูงกว่า 70 kN ทำให้เกิดการเสียดสีของขอบชิ้นงาน สรุปค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 60-70 kN

2.4 ค่าความแข็งของฟันซ์-ตาย การจำลองพบว่าค่าความแข็ง 64-66 HRC ให้ความทนทานต่อการสึกหรอสูงสุด การทดลองพบว่าหากความแข็งสูงเกินไป (68 HRC) อาจเกิดการแตกร้าวก่อนการสึกหรอสรุปค่า 64-66 HRC เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด

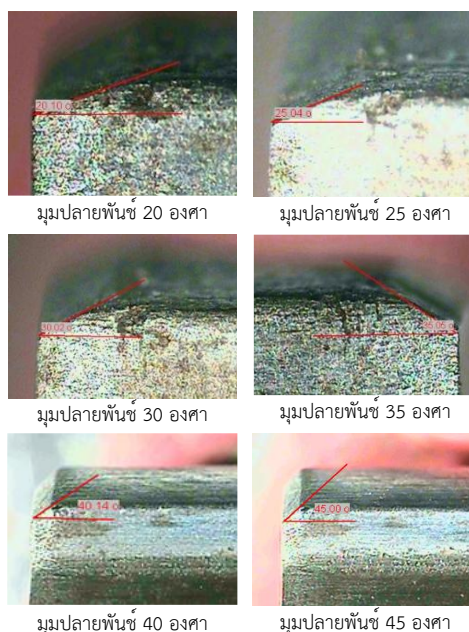
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการจำลองกับการทดลอง

ปัจจัย	แนวโน้มจากการจำลอง	แนวโน้มจากการทดลอง	ความคลาดเคลื่อน (%)
ช่องว่างเครื่องมือตัด (3-4%)	ลดแรงเสียดทานและการสึกหรอ	ลดการสึกหรอของฟันซ์-ตายได้ดีที่สุด	6.2%
ความเร็วฟันซ์(30-35 m/min)	ลดการเสียดสีและความร้อนสะสม	อัตราการสึกหรอเกิดขึ้นต่ำสุด	5.7%
แรงกดวีริง (60-70 kN)	แรงเสียดทานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	แรงกดสูงทำให้ฟันซ์สึกหรอเร็วขึ้น	7.1%
ค่าความแข็งฟันซ์-ตาย (64-66 HRC)	ลดอัตราการสึกหรอโดยไม่แตกร้า	ลดอัตราการสึกหรอสูงสุด	5.3%
มุมขอบคมตัดฟันซ์-ตาย (20° - 45°)	ลดแรงเฉือนและลดการสึกหรอ	ได้ค่าการสึกหรอต่ำที่สุด	6.8%

2.5 มุมขอบคมตัดของฟันซ์-ตาย การจำลอง มุมขอบคมตัดฟันซ์ที่ 20-25 องศา ให้ค่าการสึกหรอต่ำสุด การทดลองพบว่าที่ 45 องศาการสึกหรอสูงขึ้นเนื่องจากแรงกระทำที่ขอบฟันซ์มากขึ้น สรุปค่า 20-25 องศา เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด ดังภาพที่ 3 [6, 7, 8]

การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและแนวทางปรับปรุง

จากแนวทางในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและแนวทางปรับปรุงได้ข้อสรุปที่เป็นสาระสำคัญคือ ค่าความคลาดเคลื่อน 5-8% อาจเกิดจากสมมติฐานของทฤษฎี Archard ที่ใช้คำนวณการสึกหรอใน FEA อาจไม่สามารถสะท้อนความเป็นจริงได้ทั้งหมด การวัดการสึกหรอของฟันซ์และตายจากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด ส่วนแนวทางการปรับปรุงการจำลองให้แม่นยำขึ้น ควรใช้โมเดลการสึกหรอที่ซับซ้อนขึ้น เช่น Delamination Wear Model หรือ Oxidative Wear Model หรือปรับปรุงพารามิเตอร์แรงเสียดทานในซอฟต์แวร์ให้ใกล้เคียงกับค่าจริงจากการทดลอง



ภาพที่ 3 แสดงสภาพการสึกหรอขอบคมตัดฟันซ์ที่มุมต่าง ๆ

สรุปผลการเปรียบเทียบผลการจำลองและผลการทดลองให้แนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยเฉพาะค่าที่เหมาะสมของ ช่องว่างเครื่องมือตัด, ความเร็วตัดเฉือน, ความแข็งฟันซ์-ตาย และมุมขอบคมตัด ผลจากการทดลองช่วยยืนยันว่าทฤษฎีของ Archard Wear Model สามารถใช้

พยากรณ์อัตราการสึกหรอได้แม่นยำโดยมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 5-8% สามารถใช้ผลจากการจำลองเพื่อปรับปรุงกระบวนการออกแบบการไหลแบบลงก็ได้มีประสิทธิภาพ

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลกระทบของช่องว่างเครื่องมือตัดต่อการสึกหรอของฟันซ์-ตาย

จากผลการทดลองและการจำลองพบว่า ช่องว่างเครื่องมือตัด (1-5%) มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของฟันซ์และตายอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อช่องว่างอยู่ที่ 1-2% พบว่าการสึกหรอของฟันซ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงกระทำต่อฟันซ์สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการสึกหรอแบบยึดติด (adhesive wear) มากขึ้น ในขณะที่ช่องว่างที่ 4-5% แม้จะช่วยลดแรงกระทำลง แต่กลับเพิ่มโอกาสในการเกิดส่วนโค้งมน (roll-over) บริเวณขอบชิ้นงาน ทำให้ขอบชิ้นงานเสียหาย ช่องว่างที่เหมาะสมที่สุดในกรณีนี้คือ 3-4% ซึ่งช่วยลดอัตราการสึกหรอของฟันซ์และตายได้ดีที่สุด

2. ผลกระทบของความเร็วฟันซ์ต่อการสึกหรอของฟันซ์-ตาย

ความเร็วในการตัดเฉือนมีผลต่ออุณหภูมิของฟันซ์-ตาย และอัตราการสึกหรอ โดยผลการทดลองพบว่า ที่ความเร็วต่ำ (25 m/min) มีแรงเฉือนสูงและเกิดการสึกหรอจากการขัดถู (abrasive wear) มากขึ้น ที่ความเร็วสูง (40-45 m/min) พบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการสึกกร่อนแบบ oxidative wear และการอ่อนตัวเนื่องจากความร้อน (thermal softening) ของวัสดุฟันซ์ ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดคือ 30-35 m/min ซึ่งให้สมดุลระหว่างแรงเฉือนและอุณหภูมิ

3. ผลกระทบของแรงกดวิริงต่อการสึกหรอของฟันซ์-ตาย

จากการทดลองพบว่า แรงกดวิริง 40-80 kN มีผลต่ออัตราการสึกหรอของฟันซ์และตายที่แรง

กดต่ำ (40-50 kN) พบว่าชิ้นงานเคลื่อนที่ระหว่างกระบวนการตัด ทำให้ขอบชิ้นงานมีครีบ (burr) สูงขึ้น ที่แรงกดสูง (70-80 kN) พบว่าแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ฟันซ์เกิดการสึกหรอเร็วขึ้น แรงกดที่เหมาะสมที่สุดคือ 60-70 kN ซึ่งช่วยให้ขอบชิ้นงานเรียบและลดอัตราการสึกหรอของฟันซ์

4. ผลกระทบของค่าความแข็งของฟันซ์-ตายต่อการสึกหรอ

การทดลองพบว่าค่าความแข็งที่ 60-68 HRC ส่งผลโดยตรงต่อการสึกหรอของฟันซ์และตาย ค่าความแข็งที่ต่ำกว่า 62 HRC ทำให้เกิด plastic deformation และการสึกหรอเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งที่สูงเกินไป (68 HRC) ทำให้เกิดการแตกร้าว เนื่องจากความเปราะของวัสดุ ค่าความแข็งที่เหมาะสมที่สุดคือ 64-66 HRC ซึ่งช่วยลดอัตราการสึกหรอโดยไม่ทำให้ฟันซ์เปราะเกินไป

5. ผลกระทบของมุมขอบคมตัดของฟันซ์-ตายต่อการสึกหรอ

มุมขอบคมตัดของฟันซ์และตายมีผลโดยตรงต่อแรงเฉือนและอัตราการสึกหรอ ที่มุม 30-45 องศา พบว่าแรงเฉือนสูงมาก ทำให้ฟันซ์สึกหรอเร็วขึ้น ที่มุม 45 องศา พบว่าขอบชิ้นงานเสียรูปมากขึ้นและเกิดครีบสูง มุมที่เหมาะสมที่สุดคือ 20-25 องศา ซึ่งช่วยลดแรงเฉือนและเพิ่มอายุการใช้งานของฟันซ์และตาย

6. การเปรียบเทียบผลการจำลองและการทดลอง

การจำลองด้วยซอฟต์แวร์ FEA ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการทดลองจริงภายในช่วง 5-8% โมเดลของ Archard Wear ใช้พยากรณ์อัตราการสึกหรอได้อย่างแม่นยำ โดยเฉพาะในกรณีของความเร็วจานซ์และช่องว่างแม่พิมพ์ข้อแตกต่างระหว่างการจำลองและการทดลองอาจเกิดจากการสะสมของชั้นออกไซด์ (Oxidation Layer) และการกระจายของแรงเฉือน ซึ่งซอฟต์แวร์อาจ

ไม่ได้จำลองอย่างสมบูรณ์ข้อ เสนอ แนะนำในการปรับปรุงกระบวนการไฟน์แบล็กเพิ่มการหล่อลื่น (Lubrication Optimization) เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานและอุณหภูมิระหว่างกระบวนการตัด ปรับแต่งค่าช่องว่างเครื่องมือตัดให้เหมาะสม ที่ 3-4%t เพื่อลดการสึกหรอของพินซ์และตาย ควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิต โดยใช้ระบบน้ำหล่อเย็น (coolant system) เพื่อลดการสึกหรอจากอุณหภูมิสูงออกแบบพินซ์-ตายให้มีความแข็งที่เหมาะสม (64-66 HRC) เพื่อลดการสึกหรอและยืดอายุการใช้งาน ใช้การจำลองร่วมกับการทดลองจริง เพื่อลดต้นทุนและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

สรุปผลการอภิปรายค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการไฟน์แบล็กคือ ช่องว่างเครื่องมือตัด 3-4%t ความเร็วตัดเฉือน 30-35 m/min แรงกดวีริง 60-70 kN ความแข็งพินซ์-ตาย 64-66 HRC มุมขอบคมตัดพินซ์ 20-25 องศา ผลจากการทดลองและการจำลองมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 5-8% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในอุตสาหกรรมจริง เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของพินซ์และตาย ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการไฟน์แบล็ก

บทสรุป

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอของพินซ์และตายในกระบวนการ ไฟน์แบ โดยใช้วัสดุพินซ์และตาย AISI M2 และวัสดุชิ้นงาน JIS SPHD P/O ความหนา 7 มิลลิเมตร ผ่านการทดลองและการจำลองด้วยแบบจำลอง Archard Wear ซึ่งได้ศึกษาผลกระทบของปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย ได้แก่ช่องว่างเครื่องมือตัดในช่วง 1-5%t ความเร็วพินซ์ในช่วง 25-45 m/min แรงกดวีริงในช่วง 40-80 kN ค่าความแข็งของพินซ์-ตาย ในช่วง 60-68 HRC มุมขอบคมตัดของพินซ์-ตาย ในช่วง 20-45 องศา

ผลการวิจัยพบว่าช่องว่างเครื่องมือตัดที่เหมาะสม อยู่ที่ 3-4%t ซึ่งช่วยลดแรงเฉือนและการสึกหรอของพินซ์-ตายได้ดีที่สุด ความเร็วการตัดเฉือนที่เหมาะสม คือ 30-35 m/min เนื่องจากช่วยลดแรงเฉือนและป้องกันความร้อนสะสม แรงกดวีริงที่เหมาะสม คือ 60-70 kN ซึ่งช่วยควบคุมขอบชิ้นงานและลดการเสียรูปของวัสดุ ค่าความแข็งของพินซ์-ตายที่เหมาะสม คือ 64-66 HRC ซึ่งช่วยให้พินซ์และตายทนต่อการสึกหรอโดยไม่เปราะเกินไป มุมขอบคมตัดที่เหมาะสม คือ 20-25 องศา ซึ่งช่วยลดแรงกระทำต่อพินซ์และเพิ่มอายุการใช้งานการเปรียบ เทียบระหว่างการทดลองและการจำลองพบว่าค่าการสึกหรอที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเพียง 5-8% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการไฟน์แบล็กในอุตสาหกรรมจริง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของพินซ์และตายลดต้นทุน และปรับปรุงคุณภาพของชิ้นงานให้ดีขึ้น

References

- [1] M. Yousefi and S. Pervaiz, "3D Finite element modeling of wear effects in the punching process,". *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 114, pp. 102415, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.simpat.2021.102415.
- [2] M. Moghadam, M. Villa, P. Moreau, A. Dubois, L. Dubar, C.V. Nielsen, and N. Bay., "Analysis of lubricant performance in punching and blanking,". *Tribology International*, vol. 141, pp. 105949, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.triboint.2019.105949.

- [3] Y.-C. Hung, “Applying punching without die to micro-hole array processing,” *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 116, pp. 284–292, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.jmapro.2024.02.064.
- [4] M. Unterberg, H. Voigts, I. F. Weiser, A. Feuerhack, D. Trauth, and T. Berge, “Wear monitoring in fine blanking processes using feature-based analysis of acoustic emission signals”, 54th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP, vol. 104, 2021, pp. 164–169.
- [5] J. Rizk, M. Rachik, and A. Maillard., “Finite element simulation of the complete sheet metal blanking cycle: Effect of blanking clearance on force curve and cut edge quality,” *Heliyon*, vol. 10, no. 9, pp. e30334, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30334.
- [6] N. Redžić, S. Winter, E. Galiev, S. Baron, C. Stein, M. Höfer, J. Regel, V. Kräusel, and M. Dix, “Influence of the cutting-edge preparation of carbide punching tools for punching of ultra-high strength steel strips,” 7th CIRP Conference on Surface Integrity, Procedia CIRP, vol. 123, pp. 268–273., 2024
- [7] M. Sahli, X. Roizard, G. Colas, M. Assoul, L. Carpentier, P.-H. Cornuault, S. Giampiccolo, and J. P. Barbe, “Modelling and numerical simulation of steel sheet fine blanking process,” 18th International Conference Metal Forming 2020, Procedia Manufacturing, vol. 50, pp. 395–400., 2020
- [8] M. Phabsimma and S. Panich, “Prediction of Tool Wear in Fine Blanking Punch with PVD Coating with TiCN for JIS.SKH51 High Speed Tool Steel Using Archard Wear Model”, *Key Engineering Materials*, vol. 969, pp. 115-122, 2023, doi: 10.4028/p-8xIMzS.
- [9] ASTM International, *ASTM Designation: G99 – 17 Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus*, West Conshohocken, PA 19428-2959. USA, 2020.
- [10] M. Hanief, M.S. Charoo., (2021), “Archard’s wear law revisited to measure accurate wear coefficient considering actual sliding velocity,” *Material today proceeding*, vol. 47, no. 16, pp. 5598-5600., 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.475.
- [11] Raymond G. Bayer, “*Mechanical Wear Fundamentals and Testing*”, 2nd, New York, U.S.A., pp. 283-287, 2004.

- [12] K. Kitamura, T. Makino, M. Nawa, and S. Miyata, "Tribological effects of punch with micro-dimples in blanking under high hydrostatic pressure," *CIRP Annals*, vol. 65, no.1, pp. 249–252, 2016, doi: 10.1016/j.cirp.2016.04.133.
- [13] C. Luo, Z. Chena, K. Zhou, Xi. Yang, X. Zhang, J. Mater. Proc. Tech, pp. 254–260, 2017.
- [14] X. Qiao, A. Cheng, X. Nie, and M. Ning, "A study on die wear prediction for automobile panels stamping based on dynamic model," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 97, no. 5–8, pp. 1823–1833, May 2018, doi: 10.1007/s00170-018-1811-6.
- [15] M. Davoudi, A. F. Nejad, S. S. Rahimian Koloor, and M. Petrů, "Investigation of effective geometrical parameters on wear of hot forging die," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 15, pp. 5221–5231, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.10.093.

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคาร

สถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนงของกรุงเทพมหานคร

จิตาภา พรหมโท¹, ธรรมศักดิ์ รุจิระयरยง²

¹นักศึกษาหลักสูตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

Email: thammasak@rsu.ac.th²

Received: Apr 17, 2025

Revised: May 22, 2025

Accepted: Jun 24, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อระบุปัจจัย จัดลำดับความสำคัญ และหาแนวทางป้องกันของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคารสถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนงของกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้นำเทคนิคเดลฟายมาใช้ในการสร้างแบบสอบถาม โดยส่งแบบสอบถามไปให้กับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อระบุปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้า นำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มตามการแก้ไข ปัญหา และนำมาสร้างเป็นแบบสอบถาม เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบุคคลที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างอาคารสถานีดับเพลิงพระโขนง จำนวน 60 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าระดับความเสี่ยง ผลการศึกษาพบว่า ด้านปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าเป็นอันดับแรก ได้แก่ แบบตามสัญญาและรายการปริมาณงานและราคา (BOQ) ขัดแย้งกัน (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.63) แนวทางป้องกัน ควรศึกษาแบบและตรวจสอบรายการปริมาณงานและราคา (BOQ) ก่อนการยื่นประมูลงาน ด้านปัจจัยที่สามารถควบคุมได้บางส่วน ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าเป็นอันดับแรก ได้แก่ ผู้รับจ้างขาดสภาพคล่องกระแสเงินสด (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.30) แนวทางป้องกัน ผู้รับจ้างควรศึกษารายละเอียดสัญญาข้อกำหนด และดำเนินการตามสัญญา ให้เข้าใจและครบถ้วน และด้านปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าเป็นอันดับแรก ได้แก่ บุคลากรในการทำงานไม่เพียงพอ (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.31) แนวทางป้องกัน จ้างบุคลากรให้เหมาะสมกับราคางาน ขนาดโครงการฯ จัดสรรบุคลากรให้เหมาะสมกับประเภทงาน และผ่านการตรวจสอบจากผู้มีความรู้ ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการความเสี่ยงโครงการก่อสร้างเพื่อลดความล่าช้าได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ปัจจัยความล่าช้า,โครงการก่อสร้างอาคาร,สถานีดับเพลิงพระโขนง,เทคนิคเดลฟาย

Factors affecting the delay of the construction project of the Phra Khanong Fire and Rescue Station of Bangkok

Jidapa Prompto¹, Thammasak Ruijirayanyong²

¹Graduate Student of Civil Engineering Program, College of Engineering, Rangsit University

²Civil Engineering Department College of Engineering, Rangsit University

Email: thammasak@rsu.ac.th²

Received: Apr 17, 2025

Revised: May 22, 2025

Accepted: Jun 24, 2025

Abstract

This study aimed to identify, prioritize, and recommend preventive measures for the key factors contributing to delays in the Phra Khanong Fire Station and Rescue Building construction project in Bangkok. Using the Delphi technique, a questionnaire was developed and refined through expert input. Data were collected from 60 individuals involved in the project and analyzed using percentages, means, standard deviations, and risk levels. Results showed that the most significant uncontrollable delay factor was a conflict between the contract design and the Bill of Materials (BOM), with a risk level of 14.63. A suggested solution is a thorough review of design and BOM documents before the bidding process. The most critical partially controllable factor was the contractor's lack of liquidity and cash flow (risk level 14.30), indicating the need for careful financial planning and understanding of contract terms. For controllable factors, insufficient personnel were the leading cause of delay (risk level 14.31). Recommended measures include hiring staff appropriate to the project's size and scope, proper allocation of work, and ensuring inspections are conducted by qualified individuals. These findings can help stakeholders improve planning and risk management in future construction projects to mitigate delays.

Keywords: Delay factors, Building construction projects, Phra Khanong Fire and Rescue Station, Delphi technique

บทนำ

ในปัจจุบันมีโครงการก่อสร้างงานอาคารที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของหน่วยงานกรุงเทพมหานครเกิดขึ้นมากมาย งานก่อสร้างต่าง ๆ มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ประชาชนในกรุงเทพมหานคร งานแต่ละโครงการมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมีส่วนช่วยในการพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของประชากรในกรุงเทพมหานครให้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้เมืองน่าอยู่ เกิดความปลอดภัย เชื่อมโยงไปถึงคุณภาพจิตใจของประชากร ทำให้ผู้คนอยากออกมาใช้ชีวิต ถือเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจให้สังคมได้

ปัจจุบันโครงการก่อสร้างอาคารโดยหน่วยงานกรุงเทพมหานครมีข้อกำหนด ระเบียบการควบคุมงานก่อสร้างที่ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน และสัญญาที่ระบุข้อกำหนดการก่อสร้าง แบบก่อสร้าง โครงการ รายการประกอบแบบ และบัญชีแสดงปริมาณงาน ซึ่งทั้งหมดล้วนมาจากทางหน่วยงานเป็นผู้จัดทำขึ้นเพื่อให้ทางผู้รับจ้างปฏิบัติตาม เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจของคู่ประกอบต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบก่อให้เกิดความล่าช้า ในงานก่อสร้างโครงการ จึงจำเป็นต้องได้ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ วิเคราะห์ถึงปัญหาและแนะนำแนวทางการแก้ไขให้แก่ทางผู้รับจ้างเพื่อให้ดำเนินงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหากเกิดปัญหาการล่าช้า การขยายระยะเวลา การงดลดค่าปรับก็เป็นไปอย่างสมเหตุสมผล ไม่ก่อปัญหาให้เกิดความล่าช้า ขาดสภาพคล่องและทีมงานตามมา

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วุฒิพงษ์ อ่อนศรีสมบัติ (2556) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคารในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความล่าช้า 5 อันดับแรก คือ

1) การที่มีแรงงานก่อสร้างไม่เพียงพอ 2) การขาดสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา 3) การจ่ายเงินงวดไม่เป็นไปตามกำหนด 4) ผู้ควบคุมงานมีจำนวนบุคลากรไม่เพียงพอ 5) การออกคำสั่งเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของแบบที่ใช้ในการก่อสร้างและรายละเอียดกำหนดการต่าง ๆ และศุภกร ชนะ และ ดำรงค์ศักดิ์ รินชุมภู (2563) ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์ความล่าช้าของการก่อสร้างกรณีศึกษาอาคารชุดที่พักอาศัยรวมในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของโครงการมีจำนวนทั้งหมด 7 ปัจจัย แบ่งเป็นความล่าช้าที่ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบจำนวน 5 ปัจจัย ความล่าช้าที่ผู้รับจ้างไม่ต้องรับผิดชอบจำนวน 1 ปัจจัย และความล่าช้าที่สามารถเรียกร้องค่าชดเชยได้จำนวน 1 ปัจจัย ซึ่งผลการศึกษาปัจจัยความล่าช้าข้างต้นสอดคล้องกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคารสถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนงของกรุงเทพมหานคร และนำมาใช้เป็นแนวทางในการบริหารงานก่อสร้างต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อระบุปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคารสถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนง
2. เพื่อจัดระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคารสถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนง
3. เพื่อหาแนวทางป้องกันของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคารสถานีดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนง

ระเบียบวิธีวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง

แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม รวมทั้งหมด 60 คน ดังนี้

1.1 กลุ่มผู้ว่าจ้าง (ภาครัฐ) ประกอบไปด้วย กรรมการตรวจรับงานจ้าง ผู้ออกแบบ และผู้ควบคุมงาน จำนวน 18 คน

1.2 กลุ่มหน่วยงานเจ้าของพื้นที่ (ผู้ใช้งานอาคาร) จำนวน 2 คน

1.3 กลุ่มผู้รับจ้าง ประกอบไปด้วย วิศวกรสถาปนิก ผู้ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 40 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัย หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้อันตรายที่มีอยู่ และแอบแฝงอยู่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ และอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ โดยพิจารณาถึงโอกาสและผลกระทบของเหตุการณ์เหล่านั้น ซึ่งได้กำหนดระดับคะแนนสำหรับโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง ดังตารางที่ 1 และระดับผลกระทบ ดังตารางที่ 2 ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับคะแนนของโอกาสที่จะเกิด (Likelihood) ไว้ 5 ระดับ ดังนี้

โอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง	ระดับคะแนน
เป็นประจำ	5
บ่อยครั้ง	4
บางครั้ง	3
น้อย	2
น้อยมาก	1

ตารางที่ 2 ระดับคะแนน ของค่าที่ส่งผลกระทบ (Impact) ต่อโครงการ ไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับผลกระทบ	ระดับคะแนน
ส่งผลกระทบ สูงมาก	5
ส่งผลกระทบ มาก	4
ส่งผลกระทบ ปานกลาง	3
ส่งผลกระทบ เล็กน้อย	2
ไม่ส่งผลกระทบ	1

การศึกษางานวิจัยฉบับนี้จะทำการสร้างแบบสอบถามโดยใช้เทคนิคเดลฟาย โดย Murphy & Terry (1998) ได้แบ่งกระบวนการศึกษาด้วยเทคนิคเดลฟายออกเป็น 5 ระยะ ได้แก่ 1) การกำหนดผู้เชี่ยวชาญ 2) การรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากการตอบแบบสอบถาม 3) การกำหนดค่าความคิดเห็นบนมาตรวัดค่าระดับของแบบสอบถามฉบับที่สอง (ส่งแบบสอบถามในรอบที่สอง) 4) การหามติความคิดเห็นที่สอดคล้องกันของผู้เชี่ยวชาญ 5) การวิเคราะห์และสรุปผลของข้อมูล

แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน แบบสอบถามส่วนที่ 1 จะประกอบไปด้วยข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบ แบบสอบถามส่วนที่ 2 จะประกอบไปด้วยปัจจัยต่าง ๆ โดยได้แบ่งสาเหตุของความล่าช้าออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ 2) ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้บางส่วน 3) ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ลักษณะของแบบสอบถามจะเป็นแบบเลือกตอบ (Check list) และมีระดับของผลกระทบเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 โอกาสเกิดขึ้นในโครงการ และส่วนที่ 2 คือ ระดับผลกระทบต่อโครงการ และแบบสอบถามส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการเก็บข้อมูล โดยการแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยความล่าช้าอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้น (ถ้ามี)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ส่วนที่ 1)

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนที่ 1 คือ การนำข้อมูลทั้งหมดมารวบรวม จำแนกประเภท และทำการหาค่าร้อยละ โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางแสดงจำนวนและค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไป

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโอกาสที่จะเกิดและผลกระทบ (ส่วนที่ 2)

ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามจากกลุ่มผู้เกี่ยวข้องในโครงการทั้ง 3 กลุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีทางสถิติคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำมาแสดงข้อมูลในรูปแบบตาราง จากนั้นจะนำค่าโอกาสเกิดความเสี่ยงและผลกระทบต่อโครงการที่ได้มาคำนวณหาค่าระดับความเสี่ยงและหาแนวทางแก้ไขสำหรับปัจจัยที่มีค่าระดับความเสี่ยงสูงสุด

ตารางที่ 3 การจัดแบ่งค่าระดับความเสี่ยง

โอกาสเกิดความเสี่ยง		ผลกระทบต่อโครงการ				
		ไม่ส่งผล	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	สูงมาก
		1	2	3	4	5
ประจำ	5	5	10	15	20	25
บ่อยครั้ง	4	4	8	12	16	20
บางครั้ง	3	3	6	9	12	15
น้อย	2	2	4	6	8	10
น้อยมาก	1	1	2	3	4	5

การจัดแบ่งค่าระดับความเสี่ยง

1.00–6.00 คะแนน = ความเสี่ยงต่ำ

6.01–11.00 คะแนน = ความเสี่ยงปานกลาง

11.01–16.00 คะแนน = ความเสี่ยงสูง

16.01–25.00 คะแนน = ความเสี่ยงสูงมาก

4. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ค่าร้อยละ คำนวณตามสมการที่ 1

$$\text{ค่าร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนข้อมูล} \times 100}{\text{ร้อยละ}} \quad (1)$$

4.2 ค่าเฉลี่ย คำนวณตามสมการที่ 2

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2)$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

n = จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

X_i = ข้อมูลแต่ละตัว

$\sum X_i$ = ผลรวมคะแนนทั้งหมด

4.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณตามสมการที่ 3

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

เมื่อ S.D. = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n = จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

X = คะแนนแต่ละตัว

4.4 ค่าระดับความเสี่ยง คำนวณตามสมการที่ 4

$$R = P \times I \quad (4)$$

เมื่อ R = ค่าระดับความเสี่ยง

P = โอกาสเกิดความเสี่ยง

I = ผลกระทบต่อโครงการ

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ส่วนที่ 1)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

1. ข้อมูลทั่วไป	ผลการวิเคราะห์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
1.1 เพศ		
ชาย	36	60.00
หญิง	24	40.00
รวม	60	100
1.2 อายุ		
20 – 30 ปี	17	28.33
31 – 40 ปี	25	41.67
41 – 50 ปี	14	23.33
51 – 60 ปี	4	6.67
รวม	60	100
2. ข้อมูลการศึกษา	ผลการวิเคราะห์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
2.1 ระดับการศึกษาที่สำเร็จ		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	14	23.33
ปริญญาตรี	42	70.00
ปริญญาโท	4	6.67
รวม	60	100
2.2 สาขาวิชาที่สำเร็จ		
วิศวกรรมโยธา	21	35.00
วิศวกรรมไฟฟ้า	1	1.67
วิศวกรรมเครื่องกล	1	1.67
สถาปัตยกรรม	5	8.33
ช่างก่อสร้าง	14	23.33
รัฐศาสตร์	5	8.33
ช่างสำรวจ	3	5.00
บริหาร	2	3.33
ช่างไฟฟ้า	2	3.33
จป.วิชาชีพ	2	3.33
การจัดการ	1	1.67
ช่างโยธา	3	5.00
รวม	60	100

3. ข้อมูลการทำงาน	ผลการวิเคราะห์	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
3.1 ประสบการณ์ทำงาน		
1 - 5 ปี	20	33.33
6 – 10 ปี	18	30.00
11 – 15 ปี	9	15.00
16 – 20 ปี	7	11.67
21 – 25 ปี	3	5.00
26 ปีขึ้นไป	3	5.00
รวม	60	100
3.2 ลักษณะงานในปัจจุบัน		
กลุ่มผู้ว่าจ้าง	18	30.00
กลุ่มเจ้าของพื้นที่	2	3.33
กลุ่มผู้รับจ้าง	40	66.67
รวม	60	100

จากตารางที่ 4 จำแนกตามเพศชาย จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และเพศหญิง จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 40 จำแนกตามอายุ 20 – 30 ปี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 28.33 อายุ 31 – 40 ปี จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 อายุ 41 – 50 ปี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 และอายุ 51 – 60 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 จำแนกตามระดับการศึกษาที่สำเร็จ ระดับต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ระดับปริญญาตรีจำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และระดับปริญญาโท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 จำแนกตามสาขาวิชาที่สำเร็จ วิศวกรรมโยธา จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 35 วิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 วิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 สถาปัตยกรรม จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ช่างก่อสร้างจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 รัฐศาสตร์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ธุรการ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ช่างไฟฟ้า จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 จป.วิชาชีพ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 การจัดการ จำนวน 1 คนคิดเป็นร้อยละ

1.67 และโฟร์แมน จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ
จำแนกตามประสบการณ์ทำงาน อายุการทำงาน
1 – 5 ปี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33
อายุการทำงาน 6 - 10 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็น
ร้อยละ 30 อายุการทำงาน 11 - 15 ปี จำนวน 9
คน คิดเป็นร้อยละ 15 อายุการทำงาน 16 - 20 ปี
จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 อายุการทำงาน
21 – 25 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 อายุ
การทำงาน 26 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน คิดเป็น
ร้อยละ 5

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสำคัญ ต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างอาคารสถานี ดับเพลิงและกู้ภัยพระโขนง (ส่วนที่ 2)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็น โดยใช้
สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการ
วิเคราะห์ข้อมูล แสดงให้เห็นถึงค่าระดับโอกาส
ระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโครงการ และค่า
ระดับการเกิดความเสียหาย โดยนำมาจัดลำดับความ
เสี่ยงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าของโครงการก่อสร้าง

ข้อ	รายการ	ระดับโอกาส		ระดับผลกระทบ		R	ระดับ	ลำดับ
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
1.	ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้							
1.1	แบบตามสัญญาและรายการปริมาณงาน และราคาชัดเจน	3.90	4.05	3.75	3.88	14.63	สูง	1
1.2	การเสนอพิจารณาอนุมัติมีหลายขั้นตอน	3.42	3.59	3.87	4.03	13.21	สูง	2
1.3	การประสานงานระหว่างหน่วยงาน ภายนอกล่าช้า	3.27	3.43	3.93	4.07	12.85	สูง	3
1.4	การแก้ไขปัญหาระหว่างผู้รับจ้างและ หน่วยงานภายนอกล่าช้า	3.23	3.41	3.93	4.08	12.72	สูง	4
1.5	แบบ Shop drawing ตามสัญญาไม่ ชัดเจน	3.38	3.56	3.55	3.71	12.01	สูง	5
1.6	ข้อมูลจากผู้ออกแบบที่ผิดพลาด	3.12	3.28	3.82	3.96	11.90	สูง	6
1.7	การควบคุมงานที่ขาดประสิทธิภาพ	3.08	3.26	3.78	3.99	11.67	สูง	7
1.8	การอนุมัติ Shop drawing ก่อนการ ดำเนินงานก่อสร้างล่าช้า	3.13	3.27	3.72	3.88	11.65	สูง	8
1.9	การอนุมัติวัสดุก่อนดำเนินงานก่อสร้าง ล่าช้า	3.20	3.33	3.55	3.69	11.36	สูง	9
1.10	การตรวจรับงานรวมถึงเบิกจ่ายเงินตาม งวดงานล่าช้า	3.07	3.25	3.70	3.85	11.35	สูง	10
1.11	การเปลี่ยนแปลงวัสดุไปจาก BOQ	3.08	3.25	3.65	3.79	11.25	สูง	11
1.12	ความต้องการนอกเหนือสัญญาเพื่อให้ เกิดประโยชน์แก่หน่วยงาน	3.02	3.24	3.63	3.82	10.96	สูง	12
1.13	การทำเอกสารขออนุมัติกับหน่วยงาน ภายนอกล่าช้า	3.15	3.34	3.47	3.63	10.92	สูง	13
1.14	รายการตามปริมาณงานและราคา เก่า เกินไป	3.07	3.26	3.23	3.46	9.92	ปานกลาง	14

ข้อ	รายการ	ระดับโอกาส		ระดับผลกระทบ		R	ระดับ	ลำดับ
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
1.15	สภาวะเศรษฐกิจไม่ปกติ เช่น เกิดโรคระบาด	2.53	2.70	3.42	3.65	8.66	ปานกลาง	15
1.16	การร้องเรียนของประชาชนในพื้นที่	2.80	3.04	3.02	3.23	8.45	ปานกลาง	16
1.17	งานที่ไม่เป็นธรรมกับผู้รับจ้าง	2.67	2.90	3.05	3.25	8.13	ปานกลาง	17
1.18	ต้องการวัสดุที่ทันสมัยกว่า	2.72	2.94	2.98	3.21	8.10	ปานกลาง	18
1.19	รูปแบบรายการตามสัญญา							
1.19	สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย	2.67	2.85	3.02	3.15	8.04	ปานกลาง	19
1.20	เกิดภัยธรรมชาติ							
1.20	การแบ่งงานไม่สอดคล้องกับการทำงาน	2.57	2.77	3.05	3.28	7.83	ปานกลาง	20
2. ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้บางส่วน								
2.1	ผู้รับจ้างขาดสภาพคล่องเงินสด	3.30	3.46	4.33	4.44	14.30	สูง	1
2.2	ราคาวัสดุสูงกว่าตามรายการปริมาณงานและราคา (BOQ)	3.37	3.53	3.83	4.02	12.91	สูง	2
2.3	การแก้ไขสัญญาและงวดงานมีกระบวนการล่าช้า ส่งผลกระทบกับการเบิกเงินของผู้รับจ้าง	3.45	3.61	3.67	3.83	12.65	สูง	3
2.4	การแก้ไขปัญหาอุปสรรคล่าช้าส่งผลให้	3.30	3.47	3.80	4.00	12.54	สูง	4
2.5	งานก่อสร้างหยุดชะงัก							
2.5	การสั่งของให้ผู้รับเหมาอย่างล่าช้า	3.18	3.36	3.87	4.05	12.31	สูง	5
2.6	แบบ Shop drawing ตามสัญญา ไม่สามารถดำเนินงานได้จริง	3.17	3.34	3.68	3.85	11.66	สูง	6
2.7	ขาดการวางแผนการส่งวัสดุ	3.05	3.24	3.82	4.01	11.64	สูง	7
2.8	แบบก่อสร้างตามสัญญาไม่สามารถนำมาก่อสร้างได้จริง	2.78	2.99	3.83	4.02	10.67	สูง	8
2.9	การส่งมอบพื้นที่ก่อสร้างล่าช้า	2.93	3.10	3.58	3.85	10.51	สูง	9
2.10	มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์การใช้งาน	2.82	3.00	3.68	3.93	10.37	สูง	10
2.11	การเลือกข้อกำหนดของวัสดุ เช่น ลักษณะ รูปแบบการใช้งานล่าช้า	2.87	3.07	3.57	3.83	10.22	สูง	11
2.12	การควบคุมงานก่อสร้างที่คาดหวังมาตรฐานเกินจากสัญญา	2.97	3.18	3.43	3.64	10.19	สูง	12
2.13	การกีดขวางของสิ่งปลูกสร้างและสาธารณูปโภคของหน่วยงานอื่น	2.58	2.78	3.02	3.23	7.79	ปานกลาง	13
3. ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้								
3.1	บุคลากรในการทำงานไม่เพียงพอ	3.43	3.62	4.17	4.29	14.31	สูง	1
3.2	การส่งแบบ Shop drawing ก่อนดำเนินงานล่าช้า	3.35	3.49	4.03	4.15	13.51	สูง	2
3.3	การส่งเอกสารอนุมัติวัสดุก่อนดำเนินงานก่อสร้างล่าช้า	3.30	3.47	4.03	4.18	13.31	สูง	3

ข้อ	รายการ	ระดับโอกาส		ระดับผลกระทบ		R	ระดับ	ลำดับ
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
3.4	ผู้รับเหมาย่อยขาดมาตรฐานฝีมือ	3.20	3.41	4.07	4.22	13.01	สูง	4
3.5	ไม่ศึกษาแบบตามสัญญาและหน้างานขาดการเตรียมพร้อม	3.22	3.41	4.03	4.16	12.97	สูง	5
3.6	การวางแผนงานไม่สอดคล้องกับการดำเนินงานก่อสร้าง	3.35	3.49	3.77	3.93	12.62	สูง	6
3.7	บุคลากรขาดประสบการณ์	3.23	3.38	3.90	4.04	12.61	สูง	7
3.8	การวางแผนงานกับผู้รับเหมาย่อยไม่สอดคล้องกับการก่อสร้าง	3.23	3.41	3.90	4.02	12.61	สูง	8
3.9	การจ้างผู้รับเหมาย่อยที่ไม่ตรงกับลักษณะงาน	2.97	3.17	3.95	4.11	11.72	สูง	9
3.10	ขาดความเข้าใจในเงื่อนไขสัญญา	3.13	3.28	3.65	3.80	11.44	สูง	10
3.11	การใช้เครื่องจักรไม่เหมาะสมกับงาน	2.80	3.04	3.72	3.88	10.41	สูง	11

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าโอกาสการเกิดความเสี่ยง นำมาจัดลำดับและหาแนวทางป้องกันสำหรับปัจจัยที่มีค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดได้ดังนี้

ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ 1) แบบตามสัญญาและรายการปริมาณงานและราคา (BOQ) ชัดแย้งกัน (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.63) 2) การเสนอพิจารณาอนุมัติมีหลายขั้นตอน (ค่าระดับความเสี่ยง = 13.21) และ 3) การเสนอพิจารณาอนุมัติมีหลายขั้นตอน (ค่าระดับความเสี่ยง = 12.85)

ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้บางส่วน 1) ผู้รับจ้างขาดสภาพคล่องกระแสเงินสด (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.30) 2) การแก้ไขสัญญาและงวดงานมีกระบวนการล่าช้า ส่งผลกระทบกับการเบิกเงินของผู้รับจ้าง (ค่าระดับความเสี่ยง = 12.65) และ 3) การแก้ไขปัญหาอุปสรรคล่าช้าส่งผลให้งานก่อสร้างหยุดชะงัก (ค่าระดับความเสี่ยง = 12.54)

ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ 1. บุคลากรในการทำงานไม่เพียงพอ (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.31) 2) การส่งเอกสารอนุมัติวัสดุก่อนดำเนินงาน

ก่อสร้างล่าช้า (ค่าระดับความเสี่ยง = 13.51) และ 3. ผู้รับเหมาย่อยขาดมาตรฐานฝีมือส่งผลให้งานผิดพลาด (ค่าระดับความเสี่ยง = 13.01)

สรุปและอภิปรายผล

1. อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถาม โครงการก่อสร้างอาคารสถานดับเพลิงและกู้ภัย พระโขนง พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้าแต่ละประเภทที่มีค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดดังนี้

1.1 ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ แบบตามสัญญาและรายการปริมาณงานและราคา ชัดแย้งกัน (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.63) อาจเกิดจากการเร่งออกแบบงานก่อสร้างโครงการฯ เพื่อขอจัดสรรงบประมาณ และเมื่องบประมาณโดนตัด ซึ่งแบบก่อสร้างก็ยังคงเดิมไม่มีการแก้ไข โดยเลือกปรับลดราคารายการปริมาณงานและราคา เพื่อให้ตรงกับข้อกำหนดงบประมาณ ส่งผลให้เกิดความขัดแย้งกัน แนวทางป้องกัน ผู้รับจ้างควรศึกษาแบบก่อนการยื่นประมูลงาน และ

ตรวจสอบรายการปริมาณงานและราคา (BOQ) ก่อนเสนอราคา เพื่อลดความผิดพลาดก่อนเซ็นสัญญา

1.2 ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้บางส่วน
ได้แก่ ผู้รับจ้างขาดสภาพคล่องกระแสเงินสด (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.30) อาจเกิดจากข้อกำหนดการเบิกจ่ายเงิน กระบวนการเบิกเงินของทางกรุงเทพมหานครที่มีหลายขั้นตอนและใช้เวลานานในการอนุมัติ แนวทางป้องกัน ผู้รับจ้างควรศึกษารายละเอียดสัญญา ข้อกำหนด และดำเนินการตามสัญญา ให้เข้าใจและครบถ้วน เพื่อลดความผิดพลาด แก้ไข รวมถึงการแก้ไขสัญญาตามมา เนื่องจากเหตุดังกล่าวใช้ระยะเวลานานในการแก้ไข และระหว่างการแก้ไข ส่งผลกระทบให้ไม่สามารถเบิกจ่ายเงินได้

1.3 ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ บุคลากรในการทำงานไม่เพียงพอ (ค่าระดับความเสี่ยง = 14.31) อาจเกิดจากการว่าจ้างบุคลากรในการทำงานน้อย บุคลากร ขาดความรู้ และประสบการณ์ แนวทางป้องกัน ควรจ้างบุคลากรให้เหมาะสมกับราคางาน ขนาดโครงการฯ จัดบุคลากรให้ตรงกับประเภทงาน จัดตำแหน่งงานให้เหมาะสมกับงาน และผ่านการตรวจสอบจากผู้มีความรู้ และประสบการณ์ด้านวิชาชีพแต่ละหมวดงาน เพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น รวมถึงการแก้ปัญหาอย่างรวดเร็ว

จากผลการวิจัยที่ได้ข้อสรุปมา มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดย วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ (2556) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคารในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดความล่าช้า 5 อันดับแรกคือ 1) การที่มีแรงงานก่อสร้างไม่เพียงพอ 2) การขาดสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา 3) การจ่ายเงินงวดไม่เป็นไปตามกำหนด 4) ผู้ควบคุมงานมีจำนวนบุคลากรไม่เพียงพอ 5) การออกคำสั่งเปลี่ยนแปลง

รายละเอียดของแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง และพิธีกรรม อัฐสุวีร์ และ วรณวิทย์ แต้มทอง (2563) ศึกษาสาเหตุความล่าช้าของงานราชการ และแนวทางแก้ปัญหาพบว่า ความล่าช้าที่เกิดจากฝ่ายราชการ คือการส่งมอบพื้นที่ล่าช้า และผู้ว่าจ้างขอเปลี่ยนแบบก่อสร้างใหม่ ส่วนความล่าช้าที่พบจากฝ่ายเอกชน คือฝ่ายเอกชนขาดสภาพคล่องทางการเงิน

2. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ พบว่าผู้ที่สนใจควรที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความล่าช้า ในโครงการอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถที่จะนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับผู้สนใจ และนำไปวางแผนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยหาแนวทางป้องกันเพิ่มเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความล่าช้า

References

- [1] W. Jiradamkerng, *Construction Management*, PathumThani: Wannakavee, 2013.
- [2] W. Onsrisonbat, "The Study of Factors affected in building construction delays in northeastern region," M.Eng. dissertation (Civil Engineering), Suranaree University of Technology, Bangkok, 2013.
- [3] A. Jitarree, "Problems and Solutions in project delay of large-scaled condominium buildings," M.Eng. dissertation (Civil Engineering), Rangsit University, Bangkok, 2022.

- [4] P. Kullavanich, “*Factors affecting delays in solar power company projects in Thailand,*” M.B.A dissertation (Master of Business Administration M.B.A.), Thammasat University, Bangkok, 2018.
- [5] K. Kaewjindah, “*Factors causing the delay of materials provision in interior office renovation project: case studies of high rise office buildings in Bangkok,*” TDS dissertation (Architecture), Thammasat University, Bangkok, 2015.
- [6] W. Chantanasin, “*Delay Protection and Remedy Guidelines for Condominium Construction: A Case Study of Condominiums in Bangkok,*” TDS dissertation (Architecture), Thammasat University, Bangkok, 2010.
- [7] K. Padungkit. “*Factors Affecting the Renovating Construction Delay in Terminal of Chiang Mai International Airport,*” M.Eng. dissertation (Construction Engineering and Management), Chiang Mai University, Bangkok, 2019.
- [8] P. Thianphun and A. Prasittsom, “*Delays factors in the construction of irrigation structure, case study: construction project of irrigation building for regional irrigation office 9,*” *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 266-285, May-Aug. 2018.
- [9] S. CHANA and D. RINCHUMPHU, “*Construction delays analysis a case study of residential condominiums in Chiang Mai,*” in *the 25th National Convention on Civil Engineering*, Chonburi, Thailand, Jul. 15-17, 2020 pp. 251-255.
- [10] A. PERASITH and T. WANNAWIT, “*Causes of Delays In Government Construction Projects and Solutions,*” in *The 25th National Convention on Civil Engineering*, Chonburi, Thailand, Jul. 15-17, 2020, pp. 211-218.
- [11] T. Akkachai and P. Aprichart, “*Risk assessment in construction project under the control of local administrative organizations in pathio district in chumphon,*” *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 227-247, May-Aug. 2018.
- [12] K. Boonchan and D. Methakullachatt, “*The Factors affecting delays of construction projects: a case study of department of public works and town planning of Samut Sakhon province,*” in *The Proceedings of the 58th Annual Conference*, Bangkok, Thailand, February 5-7, 2020, pp. 406-415.
- [13] S. Tonlo and N. Leungboontnak, “*Problems, Factors and construction delays improvement in thai government’s project,*” M.Eng. (Civil Engineering), Khon Kaen University, Khon Kaen, 2009.

- [14] C. Uengbovontakool, "A Risk study of building construction projects from perspective of construction management," M. Sc. (Construction Project Management), Silpakorn University, Nakhon Pathom, 2020.
- [15] V. Mangnormake, "Risk Identification and analysis of Airport construction project in Lao PDR case Study: Nongkhang Airport construction project," *KKU RESEARCH JOURNAL (GRADUATE STUDY)*, vol. 17, no. 4, pp. 36-48, Oct.-Dec, 2017.

ผลกระทบของกระบวนการกดรีดผิวด้วยเซรามิกบอลที่มีต่อความแข็งแรง

และความเค้นตกค้างในเหล็ก SKD11

อัศวิน ไบกว้าง¹, เอกรินทร์ ทองอนุ², สุกิจ ชัดซอนใบ³,

สหรัฐ ถาวรรัตน์⁴, ภาณุภูมิ จำปีเรือง⁵

^{1,2,3,4,5}วิทยาลัยเทคนิคลำปาง สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ

E-mail: arkharawat4@gmail.com¹

Received: Jun 07, 2025

Revised: Jul 22, 2025

Accepted: Jul 29, 2025

บทคัดย่อ

การกดรีดผิวแข็งเป็นกระบวนการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของชิ้นผิวโลหะทำให้เกิดผิวชิ้นงานมีความแข็งแรง เกิดความเค้นตกค้างภายในส่งผลให้ผิวของชิ้นงานจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ชิ้นงานมีความหยาบผิวดีขึ้น ด้วยจุดเด่นของการกดรีดผิวแข็งนี้ทำให้สามารถนำไปพัฒนาการผลิตในงานอุตสาหกรรมได้หลากหลาย เช่นการผลิตใบพัดเรือ และการผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปเป็นต้น เพื่อลดขั้นตอน เวลา และความเสียหายของขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการกดรีดผิวแข็งวัสดุเหล็ก SKD11 ด้วยเซรามิกบอลชนิดซิลิกอนไนไตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ภายใต้เงื่อนไขแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก 200, 400 และ 600 บาร์ ความลึกในการกดรีดผิวแข็ง 0.3, 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร ความเร็วการเคลื่อนที่โต๊ะงานของการกดรีดผิวแข็ง 2000 มิลลิเมตร/นาที อัตราป้อน 0.1 มิลลิเมตร/รอบ เมื่อกดรีดผิวแข็งเสร็จนำชิ้นงานมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงความเค้นตกค้าง ค่าความหยาบผิว ค่าความแข็งชิ้นผิวของชิ้นงานกดรีดผิวแข็ง

จากผลการทดลองการกดรีดผิวแข็ง พบว่าแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกและความลึกรีดผิวแข็ง มีอิทธิพลร่วมกันที่ส่งผลต่อความแข็งแรงผิวของชิ้นงานค่าความแข็งแรงผิวเฉลี่ยมีแนวโน้มที่สอดคล้องกันกับค่าความเค้นตกค้างโดยค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 629.4 MHV หรือเท่ากับ 57.8 HRC ที่เงื่อนไขแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก 400 บาร์ ความลึกในการกดรีดผิวแข็ง 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งเทียบเท่ากับกระบวนการอบชุบโลหะ ค่าความหยาบผิวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการขึ้นภาพที่สามารถยอมรับได้ ความแข็งชิ้นผิวมีค่าเฉลี่ยเทียบเคียงกับกระบวนการอบชุบผิวแข็ง ทำให้การกดรีดผิวแข็งมีความแข็งแรงและความเค้นตกค้างเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: การกดรีดผิวแข็งด้วยเซรามิกบอล, ความแข็งแรงผิว, ความเค้นตกค้าง, เหล็ก SKD11

Impact of Ceramic Ball Burnishing Process on Surface Hardness and Residual Stress in SKD11

**Aakharawat Baikwang¹, Eakkarin Thonganu², Sukit Kutchonbai³,
Saharat Thavonrat⁴, Parkpoom Jampeerueng⁵**

^{1,2,3,4,5}Lampang Technical College, Institute of vocational Education: Northern Region

Email: arkharawat4@gmail.com¹

Received: Jun 07, 2025

Revised: Jul 22, 2025

Accepted: Jul 29, 2025

Abstract

A ball burnishing process is a process of improving the physical properties of metal surface layers. The process enhances the surface hardness, internal residual stress, and surface roughness of the workpiece. Accordingly, it has been used in a wide variety of industrial applications, such as ship propeller manufacturing and mold manufacturing, to shorten production times and reduce damage.

The purpose of this research was to study the ball burnishing process of the SKD11 steel with a silicon nitride ceramic ball measuring 8 mm in diameter, the hydraulic oil pressure of 200, 400 and 600 bar, and the hardened depth of 0.3, 0.5 and 0.7 mm at the speed of 2000 mm/ min and the feed rate of 0.1 mm /rev. When the workpiece was examined for surface hardness, residual stress, surface roughness, area of the burnished surface.

The results revealed that both the hydraulic oil pressure and the hardened depth influenced the surface hardness of the workpiece. The average surface hardness was found to be related to the internal residual stress value, with a maximum value of 629.4 MHV or 57.8 HRC, achieved at a hydraulic oil pressure of 400 bar and a hardened depth of 0.5 mm, which is equivalent to the result of a heat treatment process. The surface roughness was within acceptable machining standards. The average surface hardness could be compared to the result of a treatment process. Moreover, this results in increased hardness and residual stress.

Keywords: ceramic ball burnishing process, residual stress, surface hardness, SKD11

บทนำ

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steels) คือ เหล็กที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมลงไปเนื้อเหล็ก และอาจมีธาตุอื่น ๆ ผสมเข้าไปด้วยตามปริมาณที่กำหนด ซึ่งเป็นเหล็กที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากสมบัติในการรับแรงต่าง ๆ ได้ดี เช่น แรงกระแทก (Impact Strength) แรงดึง (Tensile Strength) แรงอัด (Compressive Strength) และแรงเฉือน (Shear Strength) ทนต่อการกัดกร่อน การเสียดสี และสามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่าย จึงทำให้นิยมใช้งานกันในอุตสาหกรรมการผลิต และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตได้อย่างหลากหลาย [1] โดยเป็นเหล็กที่ถูกนำไปใช้ในงานในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องกลจำนวนมาก เหล็กกล้าคาร์บอนสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนไม่เกิน 0.25% เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอน 0.2-0.5% และเหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอน 0.5 -1.5% [2] ซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอนแต่ละชนิดนำไปใช้ประโยชน์ในงานแตกต่างกันตามสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป เหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 มีความแข็งแรง ความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรองสูง สามารถนำไปใช้งานสำหรับเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ เหล็กกล้าดาบ มักจะใช้สำหรับแม่พิมพ์ปั๊ม แม่พิมพ์พลาสติก [3] ดอกสว่าน สกัด กรรไกร มีดคulling ใบเลื่อยตัดเหล็ก ดอกทำเกลียว (Tap) ใบมีดโกน ตะไบ แผ่นเกจ เหล็กกัด สปริงแหนบ ลูกบอล แบร็วลูกปืน ในกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ชิ้นงานที่ทำจากเหล็ก SKD11 มีความแข็งแรง และรับแรงต่าง ๆ ได้ดี จะทำโดยผ่านกระบวนการชุบแข็ง (Tartaning) โดยการชุบแข็งอุณหภูมิ 1,000 ~ 1,050 °c

โดยสารชุบ อากาศ น้ำมัน จนทำให้เหล็กเปลี่ยนโครงสร้างจากเฟอร์ไรต์เป็นออสเทนไนต์ และทำให้เย็นตัวจนกลายเป็นโครงสร้างมาเทนไซต์ ซึ่งความแข็งหลังอบคืนตัวจะอยู่ในช่วง 55-62 HRC [4] หลังผ่านกระบวนการชุบแข็งชิ้นงานต้องผ่านกระบวนการปรับผิวให้มีคุณภาพผิวตรงตามมาตรฐาน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5] ได้มีการนำกระบวนการกรดรีดผิวชิ้นงาน (Burnishing) ด้วยลูกกลิ้ง (Roller Burnishing) [6-7] และกระบวนการกรดรีดผิวแข็งด้วยการใช้บอล (Ball Burnishing) [8-11] เป็นวิธีการเปลี่ยนแปลงชิ้นงานทางกายภาพ เพื่อการปรับปรุงพื้นผิวโลหะ [12] สมบัติเชิงกลของวัสดุและรูปร่างทรงเรขาคณิตของความหยาบสุดท้ายถูกพิจารณาเมื่อต้องการใช้ ขั้นตอนการกรดรีดผิวแข็งด้วยบอลที่ประสบความสำเร็จต้องมีการประเมินผลกระทบของพารามิเตอร์ และความสมบูรณ์ของพื้นผิว เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางบอล กรดรีด ความเร็วในการกรดรีดผิวแข็ง อัตราป้อน แรงดันของการกรดรีดผิวแข็ง เป็นต้น [4] เป้าหมายหลักของกระบวนการรีดผิวแข็งด้วยบอลจึง มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มความแข็งแรงของผิวชิ้นงาน ลดความหยาบผิว และเพิ่มความเค้นตกค้างในชิ้นงานนี้ วิธีการตอบสนองพื้นผิวถูกใช้เพื่อเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ขั้นตอนการกรดรีดจะใช้กับเครื่องจักรกลแบบเดียวกับที่พื้นผิวถูกขึ้นรูปโดยการกัด ซึ่งการใช้บอลเซรามิกกรดรีดชิ้นงานจะทำงานร่วมกับเครื่องจักรอัตโนมัติ (Computer Numerical Control, CNC) ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่มีความเที่ยงตรงสูง แม่นยำ รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ สามารถผลิตชิ้นงานซ้ำ ๆ ได้ตลอดโดยมีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกัน กระบวนการแปรรูปชิ้นงานจะใช้เครื่องกัด CNC และคำสั่งเครื่องเป็นตัวควบคุมความเร็ว อัตราป้อน และระยะป้อนลึก ในกรณีนี้บอลจะกลิ้งบนผิวชิ้นงาน

เพื่อกดรีดผิวแข็งโดยดำเนินการบนเครื่องกัด
อัตโนมัติแบบ 3 แกน (3 Axis Machining center)

งานวิจัยนี้เป็นการเติมเต็มกระบวนการขึ้นรูป
ทางกายภาพ เพื่อการเพิ่มขึ้นของความแข็งผิว
(Surface Hardness) ความเค้นตกค้าง (Residual
Stress) และลดความหยาบผิว (Surface Roughness)
ซึ่งยังขาดการศึกษาในด้านนี้ ด้วยจุดเด่นของการ
วิจัยเป็นการกดรีดผิวแข็งนี้จะนำไปสู่การพัฒนา
กระบวนการเตรียมพื้นผิวขึ้นงานสำหรับงานที่
ต้องการทั้งความแข็งและความเรียบของพื้นผิว
ความเค้นตกค้างของชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น ทำให้
สามารถนำไปต่อยอดการผลิตในงานอุตสาหกรรม
ได้หลากหลาย เช่นการผลิตใบพัดเรือ และการ
ผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูป เป็นต้น เพื่อลดขั้นตอน เวลา
และความเสียหายของขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการกดรีดผิวแข็งเหล็ก
กล้าคาร์บอนสูงด้วยบอลเซรามิก (Ceramic Ball)
ที่ส่งผลกระทบต่อเหล็ก SKD11 ภายใต้สภาวะที่
กำหนด

2. เพื่อศึกษาค่าความเค้นตกค้าง (Residual
Stress) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการกดรีดผิวด้วย
เซรามิกบอลภายใต้สภาวะที่กำหนด

สมมติฐานการวิจัย

กระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยปัจจัยของ
แรงดันน้ำมันไฮดรอลิกในการกดบอล และความลึก
ของการกดรีดผิวแข็งขึ้นงาน ส่งผลต่อความแข็ง
ผิว ความเค้นตกค้าง ความหยาบผิว ของเหล็กกล้า
คาร์บอนสูง SKD11

ทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมในการวิจัยกระบวนการ
กดรีดผิวด้วยเซรามิกบอลที่มีผลกระทบต่อความ
แข็งผิวและความเค้นตกค้างในเหล็ก SKD11
สามารถสรุปได้ดังนี้

คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอน เกรด SKD11

เหล็กกล้าคาร์บอนปานสูง SKD11 มีความแข็ง
ในช่วง 58-62 HRC ขึ้นกับปริมาณของคาร์บอนที่
ผสม เหล็กชนิดนี้มีสมบัติในการรับแรงต่าง ๆ ได้ดี
ทนแรงดึงสูง ความสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ทนต่อ
การกัดกร่อน การเสียดสี และสามารถขึ้นรูปด้วย
กรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่าย ความสามารถในการกลึงไส
อยู่ในระดับปานกลาง เหมาะสำหรับเป็นเหล็กกล้า
เครื่องมือ เหล็กกล้าทำตาย (die) มักจะใช้สำหรับ
แม่พิมพ์ปั๊ม แม่พิมพ์พลาสติก [3] ดอกสว่าน สกัด
กรรไกร มีดคulling ใบเลื่อยตัดเหล็ก ดอกทำเกลียว
(Tap) ใบมีดโกน ตะไบ แผ่นเกจ เหล็กกัด สปริง
แหวน ลูกบอล แบริ่งลูกปืน รวมทั้งชิ้นส่วนเครื่องจักร
ที่ต้องการความแข็งแรง เหล็กกล้าคาร์บอนสูง
(SKD11/AISID2) มีส่วนผสมทางเคมีแสดงดัง
ตารางที่ 1 ลักษณะเด่น (Significant Characteristics)
ของเหล็กกล้าคาร์บอนสูง เกรด SKD11 ที่นิยม ใช้
เนื่องจากมีราคาไม่ค่อสูงมากนัก มีความแข็งแรง
สูงมา ด้านทนต่อการสึกหรอมีความต้านทาน
แรงดึงที่ 128 kgf/ mm² เหล็กกล้าคาร์บอนสูง
SKD11 สามารถผ่านกระบวนการอบชุบโลหะ
ด้วยความร้อนเพื่อเปลี่ยนแปลงสมบัติ โดย
กระบวนการชุบแข็ง (Quenched and Tempered)
กระบวนการอบอ่อนและ การดิ่ง (Annealed
and Cold-drawn) หรือกระบวนการอบปกติ
(Normalized)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของ SKD11 (mass%) [3]

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	P	S
1.55	0.1	0.15	11.50	0.7	0.3	0.2	<0.03	<0.03

ผลจากการทบทวนวรรณกรรมแสดงให้เห็นถึงวิธีการกรัดผิวแข็งด้วยบอลเป็นการปรับปรุงคุณภาพชิ้นงานทั้งทางกายภาพ และทางกล สำหรับกระบวนการกรัดผิวแข็งด้วยบอลส่งผลต่อระดับ พื้นผิวหยาบค่าความแข็งของพื้นผิว และความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะมี พารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ความดัน ความเร็วของเครื่องมือ อัตราป้อน ความลึกในการกรัด และจำนวนครั้งของการกรัด และสารหล่อลื่นส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคนี้ช่วยเพิ่มความแข็งของผิวชิ้นงาน ลดความหยาบผิว และเพิ่มความเค้นตกค้างอัดเมื่อความดันเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับการลดความล้าของชิ้นงานและเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นส่วน การกรัดผิวแข็งที่สภาวะที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพิ่มผลผลิต และเพื่อลดเวลาของกระบวนการในส่วนของการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล และวิธีการในการวิเคราะห์ผลของความแข็ง ความหยาบผิว ความเค้นตกค้าง และโครงสร้างจุลภาคของผลึก จำเป็นต้องใช้วิธีการที่สอดคล้องกับชนิดของวัสดุ

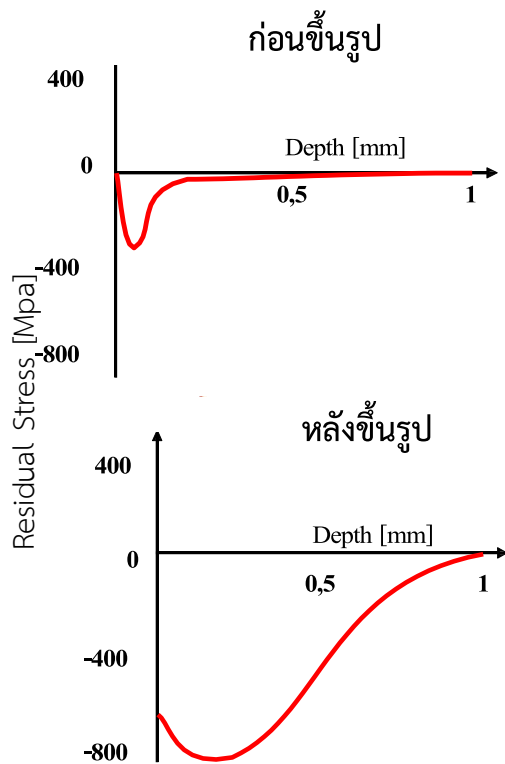
การกรัดผิวแข็ง (Burnishing)

การกรัดผิวแข็งเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสำหรับปรับปรุงพื้นผิวและสามารถใช้งานได้กับเครื่องกัดประสิทธิภาพสูง ยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้มากกว่ากระบวนการทั่วไป เช่น การขัดแบบพิเศษ (Super Finishing) การขัดพวงกลิ้งไฮไดรอลิก (Honing) และการเจียรไน นอกจากนี้ผิวขัดมันยังทนต่อการสึกหรอสูงและมีอายุความล้า (Fatigue Life) ที่ดีขึ้น การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ

กรัดผิวแข็งด้วยบอล [13] [4] ได้พิจารณาชนิดของวัสดุ พารามิเตอร์กระบวนการ และน้ำมันหล่อลื่น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้และอายุการใช้งานที่ยาวนานของเครื่องจักร ส่วนประกอบของชิ้นส่วนต้องได้รับการผลิตไม่เพียงแต่มีความถูกต้องด้านมิติ และทางเรขาคณิตแต่ยังมีผิวที่มีความละเอียดสูง การตกแต่งพื้นผิวมีบทบาทสำคัญในการมีอิทธิพลต่อลักษณะการทำงานเช่น ความต้านทานการสึกหรอ ความแข็งแรงต่อการล้าตัว ด้านทานแรงล้า ด้านทานต่อการกัดกร่อนและการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากแรงเสียดทาน ซึ่งวิธีการกลึง การกัดหรือ การเจียรไนที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่สามารถเป็นไปตามข้อกำหนดการทำงานของเครื่องมือขัดผิวแบบแข็งขึ้นอยู่กับหลักการ เชมามีกลูกกลิ้งไฮโดรสแตติก (hydrostatic) ลูกกลิ้งแข็งจะถูกกดลงพื้นผิวของชิ้นงานโดยแรงดันปานกลาง (อิมัลชันกับส่วนประกอบน้ำมัน 3-5%) ลูกบอลลอยอยู่บนแรงดันและสามารถหมุนได้ทุกทิศทางเกือบไม่มีแรงเสียดทาน

ความเค้นตกค้างภายใต้ผิวชิ้นงาน (Residual stress under workpiece surface)

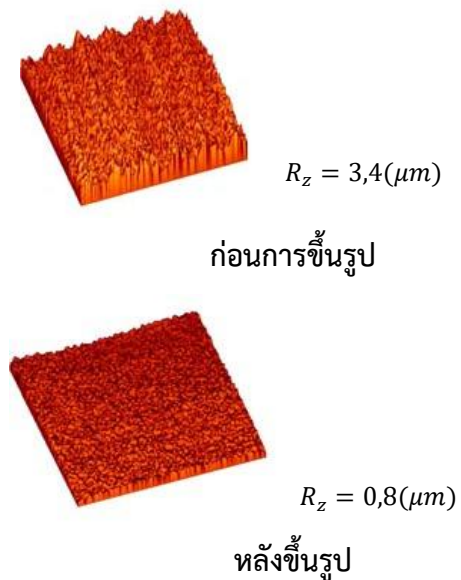
ความเค้นตกค้างภายใต้ผิวชิ้นงานหลังจากการรีดผิวละเอียด มีค่า 800 MPa เป็นลักษณะความเค้นตกค้างอัด (Compressive residual stress) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 450 MPa ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความเค้นตกค้างภายในผิวชิ้นงาน
(ศิริชัย ต่อสกุล, 2551) [14]

พื้นผิวชิ้นงาน (Surface Texture)

ผิวชิ้นงานหลังจากผ่านการรีดผิวละเอียดพบว่าคุณภาพผิวของชิ้นงานมีความหยาบผิวที่ดี โดยเพิ่มขึ้นจากเดิม $3.4 \mu\text{m}$ เป็น $0.8 \mu\text{m}$ โดยความหยาบผิวเพิ่มขึ้นเป็น $2.6 \mu\text{m}$ ดังภาพที่ 1 จากการวิเคราะห์ด้วย AFM



ภาพที่ 1 ความหยาบผิวชิ้นงาน ก่อนและหลัง
การรีดผิวละเอียด (ศิริชัย ต่อสกุล, 2551) [14]

ความหยาบผิว และความเรียบผิวชิ้นงาน (Surface Roughness and Surface Finnis)

ความหยาบเป็นผลมาจากความแตกต่างทางด้านจลน์ของกระบวนการตัด ความหยาบของพื้นผิวมีความสำคัญต่อการใช้งานหลาย ๆ อย่าง เช่น แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวการสึกหรอจากการเสียดสีความสวยงาม (Looks) ความรู้สึกในการสัมผัส (Feels) ความสามารถในการป้องกันการรั่วซึม (Sealing Property) พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของความหยาบของพื้นผิว R_a , R_z และ R_{max} วัดโดยใช้ เครื่องทดสอบความหยาบผิวค่าเฉลี่ยของเส้นศูนย์ (C.L.A) หรือค่า R_a คือค่าความหยาบของค่าเฉลี่ย เลขคณิต

ข้อดีของการตกแต่งพื้นผิวคือ

1. พื้นผิวตกแต่งที่ดีเยี่ยมช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นงานที่สัมผัสได้
2. ลดแรงเสียดทานระหว่างชิ้นงาน 2 ชิ้น
3. พื้นผิวตกแต่งที่ดีจะส่งผลให้มีความสวยงามมากขึ้นและความสามารถในการรับน้ำหนัก เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังลดอายุการกัดกร่อนและอายุความล้าของส่วนประกอบ

ความหยาบจากการผลิตแบบต่าง ๆ

ค่าความหยาบที่สามารถผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตสำหรับการออกแบบและการเลือกค่าความหยาบจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการผลิตที่มีอยู่ด้วยกรรมวิธีการผลิตแบบต่าง ๆ และช่วงค่าความหยาบช่วงค่าความหยาบที่สามารถทำได้

การทบทวนวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lars Hiegemann และคณะ (2016) [15] ทำการวิเคราะห์แบบจำลองเพื่อทำนายความหยาบของพื้นผิวที่ถูกกัดกริดผิวแข็งโดยทำการออกแบบสำหรับกระบวนการกัดกริดผิวแข็งด้วยบอลของพื้นผิวที่เคลือบโดยไม่ต้องใช้การทดสอบเบื้องต้น แบบจำลองแสดงความเป็นไปได้ที่จะทำนายความหยาบหลังจากการ รีดร้อนเคลือบผิวและวัสดุที่ใช้ด้วยเหตุนี้สมการที่ใช้ในการวิจัยได้ค่าความหยาบก่อนการรีดผิวแข็งด้วยบอลและความดันสัมผัสภายใต้บอลขณะที่แรงดันถูกกำหนด การทดลองกำหนดความหยาบในกึ่งกลางของแท่งกัดกริดสามารถวิเคราะห์ได้จากการพัฒนาแบบจำลองที่ ขึ้น Rolling Track ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการทดลองกัดกริด สำหรับการออกแบบของกระบวนการ กัดกริดผิวแข็งด้วยบอล การกำหนดความดัน เส้นผ่าศูนย์กลางลูกกลุมและค่าความแข็ง Brinell จำเป็นต้อง ใช้สำหรับการกัดกริดผิวแข็งด้วยลูกกลุมของพื้นผิวและไม่

เพียงแต่ One Rolling Track ระยะห่าง ระหว่าง Rolling Track จะเพิ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลแบบจำลองนี้สอดคล้องกับการทดลอง สำหรับ leveling สูงสุดในช่วงกลางของการติดตาม One Rolling Track ในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างการทดลองกับแบบจำลองอยู่ระหว่าง 2.8% ถึง 9.4% เท่านั้นนอกจากนี้ยังมีการปรับระดับพื้นผิวรวมของ พื้นผิวทั้งหมดด้วยในพื้นที่ทำงานที่เหมาะสมสามารถคำนวณความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดลอง กับแบบจำลองได้ 8.99% เพื่อให้การทำนายความหยาบเป็นไปอย่างแม่นยำสำหรับวัสดุที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับเครื่องมือกลึง (เส้นผ่าศูนย์กลางลูกที่แตกต่างกัน) จะสังเกตว่าแบบจำลองสามารถใช้ได้ นอกจากการวิจัยอิทธิพลของตัวแปรทุกตัวด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับความหยาบลดลง มากหลังจากการกัดกริดผิวแข็ง

Tao Zhang และคณะ (2017) [16] ศึกษาการทดลองและทฤษฎีการกัดกริดผิวแข็งของ Aerospace Alloy การ กัดกริดผิวแข็งเป็นที่รู้จักกันดีว่ามีประสิทธิภาพมากสำหรับการปรับปรุงพื้นผิวที่การผลิต งานวิจัย มุ่งเน้นไปที่การหาแบบจำลองที่คาดการณ์ความหยาบของพื้นผิวและความเค้นตกค้างตามข้อมูลการ ทดลองพื้นผิวที่ราบรื่นของวัสดุการบินและอวกาศที่ปรับเปลี่ยนโดยการกัดกริดผิวแข็งด้วยบอล มี อิทธิพลสำคัญของพารามิเตอร์กระบวนการเกี่ยวกับความหยาบของผิวและความเค้นสูงสุดแบบจำลอง Second-order Empirical ที่เกี่ยวข้องกับความดัน ความเร็ว และการป้อน ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับการทำนายความหยาบของผิวซึ่งสามารถใช้ได้ เมื่อเทียบกับผลการทดลองแรงดันเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความเค้นตกค้างแบบอัด อย่างไรก็ตามแบบจำลองเอมไพริคัลมีความเข้ากันกับผลการทดลองการศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์การกัดกริดผิวแข็งมีข้อสรุปดังต่อไปนี้ 1) ผลกระทบที่สำคัญของ

พารามิเตอร์กระบวนการถูกสร้างขึ้นเมื่อความหยาบของผิวหน้าซึ่งรวมถึงความดันที่สูงขึ้นจะทำให้ พื้นผิวหยาบ ในขณะที่การป้อนลดความหยาบของพื้นผิวลงเล็กน้อยจากระดับปานกลาง การเพิ่มขึ้นของป้อนจะเพิ่มความหยาบของผิว ผลกระทบที่สำคัญของความเร็วควรรู้อย่างถึงทั้งในระดับต่ำหรือสูง แต่อิทธิพลของความหยาบของพื้นผิวที่หมุนไม่มีนัยสำคัญ 2) แบบจำลองเอ็มไพริคัลของลำดับที่สอง มีค่าที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับผลการทดลอง 3) การกัดผิวแข็งจะเปลี่ยนความเค้นตกค้างในการรับแรงดึงให้เหลือน้อยลง ซึ่งความดัน เป็นปัจจัยสำคัญแบบจำลอง การทำนายที่มีผลไม่ถูกต้องถูกเมื่อพิจารณาสำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของความเค้นตกค้าง Liviu Luca และคณะ (2018) ได้ระบุการกัดผิวแข็งเป็นวิธีการตกแต่งชิ้นงานโดยไม่เกิดการสูญเสียเนื้อวัสดุ (Chinless) ซึ่งใช้เครื่องแบบลูกกลิ้งรีดกดกับชิ้นงานเพื่อให้เกิดการเสียรูปพลาสติกของชิ้นผิว การพัฒนาล่าสุดทำให้การกัดผิวแข็งของชิ้นส่วนเหล็กที่ทนความร้อนได้ความแข็งถึง 65 HRC คุณสมบัติของการกัดผิวแข็ง ได้แก่ ความหยาบที่ดี (เทียบเท่ากับการเจียร) รวมทั้งการปรับปรุง ลักษณะทางกลของพื้นผิว ความแข็งแรงต่อการล้าตัว (Fatigue Strength) ความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistance) และอัตราส่วนแบร์ริง (Bearing Ratio) เนื่องจากการใช้ความเค้นอัดในชิ้นผิว อิทธิพลของพารามิเตอร์การกัดผิวแข็งเมื่อมีความหยาบผิวสำหรับส่วนประกอบเหล็กที่แข็ง (64 HRC) ผลของพารามิเตอร์การกัดผิวแข็งต่อความหยาบผิวขั้นสุดท้ายไฮโดรสแตติก (hydrostatic) เป็นเครื่องมือ หลักที่ใช้สร้างแรงสัมผัส โดยความดันของของไหลที่ตัวจับบอลเหล็กชุบแข็งถูกใช้ พารามิเตอร์การทำงานที่เลือกแสดงความสัมพันธ์กับความดันไฮดรอลิก การ

ป้อนและความเร็วในการกัดผิวแข็ง และรัศมีจมูกมีด (Nose Radius) ผลการทดลองแสดงให้เห็นอิทธิพลของแรงกดดันในกระบวนการ มีอิทธิพลที่สำคัญของความหยาบผิวเดิมหลังจาก Hard Turning พบว่ามีเงื่อนไขในการรับความหยาบผิว ในช่วงของการบด ($0.5\ \mu\text{m}$)

Kumar และ Purohit (2018) [12] ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือกัดผิวแข็ง การแปรรูปโลหะ ในปัจจุบันมีความสนใจความเค้นตกค้างแบบอัดในส่วนประกอบต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต วิธีการทั่วไปของกระบวนการตกแต่ง ได้แก่การเจียรระโน การเจาะขึ้นรูปใช้เพื่อปรับปรุงพื้นผิวของชิ้นส่วนโลหะ แต่ขั้นตอนการกัดผิวแข็งซึ่งมีบทบาทเหมือนกันในกระบวนการตกแต่งมีข้อดี หลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการกัดผิว ผลการศึกษาเกี่ยวกับประเด็นการออกแบบและการพัฒนา เครื่องมือในการกัดผิวแข็งด้วยบอล โดยการเลือกวัสดุขนาดและการออกแบบที่เหมาะสมสำหรับ กระบวนการและเครื่องมือให้ใช้งานง่าย ใช้เวลาน้อยกับค่าใช้จ่าย ขั้นต่ำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานนี้ สามารถใช้กับเครื่องกลึง ตัวเลือกนี้จะเพิ่มความยืดหยุ่นของเครื่องมือและช่วยให้เราสามารถ ดำเนินการได้ เครื่องมือกัดผิวที่ออกแบบมาประกอบด้วยส่วนที่เป็น Ball Holder, Square Casing, lock pins และ threaded lock Support และ Spring การออกแบบเครื่องมือทำขึ้นโดยคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่ จะเลือกและควบคุมในงาน ผลการทดลองจะดำเนินการโดยคำนึงถึงความเร็ว การป้อน แรง และ จำนวนรอบที่ผ่าน และผลของพารามิเตอร์ที่ศึกษา คือ ค่าความหยาบผิว และค่าความแข็ง พบว่า 1) ความแม่นยำเหมือนพื้นผิวผ่านการตกแต่ง 2) ความสม่ำเสมอของมิติ/ความสามารถในการทำซ้ำได้ 3) การดำเนินการ Single Pass 4) การเพิ่มความแข็งพื้นผิว และ 5) ลดการทำงานซ้ำและการปฏิเสธ ชิ้นงาน

A. Rodriguez และคณะ (2018) [17] การกดรีดผิวแข็งผิวด้วยบอลลึก (Deep Ball-burnishing) เพื่อการ ปรับปรุงพื้นผิวทางกลสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพ และคุณภาพของเพลาลูกสูบ เมื่อเทคนิคนี้ถูกนำมา รวมกัน และใช้หลังจากการกลึงแบบเดิม กระบวนการที่เกิดขึ้นจะทำให้ได้อย่างรวดเร็ว ง่าย และคุ้มค่า สามารถใช้ร่วมกับเครื่องกลึงและการกลึงในสายการผลิต อิทธิพลของการกดรีดผิวแข็งลึก กระบวนการนี้ทำให้พื้นผิวที่ดี มีความเค้นตกค้างอัดสูง และการเพิ่มความแข็งของชิ้นผิว การแปรผัน ของความเร็วในการกดรีดผิวแข็ง แทบจะไม่ส่งผลกระทบต่อความเรียบและความแข็งของชิ้นงาน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะทำการกดรีดผิวแข็งโดยใช้ความเร็วสูงสุดที่เครื่องรองรับได้เพื่อลดเวลาในการประมวลผล ความต้านของการกดรีดผิวแข็งเป็นตัวแปรสำคัญในกระบวนการนี้ ความดันกดสูงเพิ่ม ความแข็งผิว แต่ถ้าความดันสูงเกินไป บอลเซรามิกอาจสร้างเส้นลงบนพื้นผิวของชิ้นงาน ส่งผลให้ ผิวหน้าหยาบผิวขึ้น ด้วยวิธีนี้การประมาณค่าความดันในการกดรีดผิวแข็งที่ดีที่สุดเป็นประเด็นสำคัญ ในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ อัตราการป้อนครีตต่อการหมุนเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพิ่มผลผลิต การวิเคราะห์เวลาและค้นหาสำหรับอัตราการป้อนกลึงที่เหมาะสม เพื่อลดเวลาของ กระบวนการ การวัดความเค้นตกค้างโดยใช้เทคนิค X-ray Diffraction แสดงให้เห็นว่าความเค้นอัดถูก นำมาใช้ในส่วนประกอบ ความเค้นตกค้างเหล่านี้จะเกิดขึ้นที่ความลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร การกดรีดผิวแข็งช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของชิ้นส่วนกลึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคนี้ช่วย เพิ่มคุณภาพผิว (ถึง 0.3 ไมโครเมตร) เพิ่มความแข็งของผิวชิ้นงาน (ถึง 60% Brinell) และแนะนำความเค้นตกค้างอัด ซึ่งเหมาะสำหรับการยึด

ความล้าของชิ้นงานและเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของ ชิ้นส่วน

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย การกำหนดตัวแปรและขอบเขตของการแก้ปัญหาอย่างละเอียด เพื่อการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง การศึกษาปัจจัยของกระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิก โดยการพิจารณาแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกในการกดรีดผิวแข็ง ด้วยบอลเซรามิก และความลึกของผิวที่ใช้ในการกดรีดเหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 เป็นชิ้นงานในการทดสอบกระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิก เพื่อหาค่าความหยาบผิว ค่าความแข็งผิวที่กดรีด การวัดความเค้นตกค้างโดยใช้เทคนิค X-ray Diffraction และการวัดชั้นความแข็งผิว โดยการกำหนดชิ้นงานสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 75 มิลลิเมตรหนา 6 มิลลิเมตร บอลสำหรับการกดรีดผิวแข็งเป็นเซรามิก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร กำหนดค่าแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก 200, 400 และ 600 บาร์ และความลึกที่ใช้ในการกดรีด 0.3, 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นเชิงทดลอง (Experiment Research) ที่มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิวของชิ้นงาน เพื่อปรับปรุงความแข็งของผิวชิ้นงาน เพิ่มความเค้นตกค้าง วัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 มีลักษณะเป็น High Alloy Steel ใช้เครื่องกัดอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ในการกัดที่ความเร็วสูง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการมีการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์

ทดลองหลายชนิด เครื่องมือหลักที่ใช้ในการทดลองที่โคมะเมย์งานเสร็จสิ้นกระบวนการ ได้แก่

1. บอลกรัดผิวแข็งชิ้นงาน การกรัดผิวแข็งด้วยบอล (Ball Burnishing) เป็นบอลเซรามิกชนิดซิลิคอนไนไตรด์ เซรามิกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร

2. เครื่องกัดอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) ในงานวิจัยการศึกษาการกรัดผิวแข็งชิ้นงานด้วยบอลเซรามิก โดยใช้เครื่องกัดอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) เพื่อให้ค่าที่ถูกต้องในการทดลอง ยี่ห้อ First รุ่น V 700 คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องกัด ซึ่งสามารถปรับตั้งการระยะป้อนลึก แนวแกน Z ความเร็วการเคลื่อนที่ของงานในแนวแกน X และ Y ที่ใช้ในการกรัดผิวแข็ง และติดตั้งเครื่องมือที่ใช้จับบอลกรัดผิวแข็งเข้าไปในหัวของเครื่องกัดได้ โดยสามารถปรับตั้งความเร็วเคลื่อนที่ของโต๊ะงานได้สูงถึง 3000 มิลลิเมตร/นาที

3. เครื่องปัมน้ำมันไฮดรอลิก สามารถสร้างแรงดันสูงสุด 700 บาร์ อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกประมาณ 1.4 ลิตร/นาที จำนวนรอบของปั๊มประมาณ 1420 รอบ/นาที ปริมาณบรรจุถัง 30 ลิตร แรงดันไฟฟ้า 380-400 โวลต์ ไฟ 3 สาย ใช้น้ำมันไฮดรอลิก (HLP 68) งานอุตสาหกรรมชนิดผสมสารป้องกันการสึกหรอที่ช่วยปกป้องอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่องจักรได้ดี ทำให้สามารถคงประสิทธิภาพการใช้งานของระบบไฮดรอลิกได้ยาวนาน ใ้กับระบบไฮดรอลิกทั่วไปที่ต้องการ

4. เครื่องมือวัดความหยาบผิว เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความหยาบผิวแบบดิจิทัล ยี่ห้อ Mitutoyo Surface Roughness test SJ-310

5. เครื่องทดสอบความแข็งแบบหัวกดวิกเกอร์ (Vickers Micro Hardness Tester) โดยเครื่องทดสอบ Automatic Turret Digital Display Micro Vickers Hardness Tester ยี่ห้อ Innovatest รุ่น

HVS-1000A ใช้ในการหาค่าความแข็งของการทดสอบ โดยสามารถวัดค่าความแข็งภายในครั้งเดียวได้ทั้ง 2 ระบบ คือ แบบวิกเกอร์ และร็อคเวลล์ สเกล C (Rockwell Scale C)

6. เครื่อง Portable X-ray Residual Stress Analyzer ทำการวัด ด้วยเครื่อง Portable X-ray Residual Stress Analyzer (μ -X360s) มีขนาดของคอลลิเมเตอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร หน่วยเซ็นเซอร์: W114 x H107 x D213 (มม.) และน้ำหนัก 2.4 กิโลกรัม ช่วยในการวัดความเค้นตกค้างของผิวเพื่อความตกค้างในชิ้นงานที่กรัดผิวแข็งด้วยบอล

กระบวนการทดสอบ

1. การทดลองเบื้องต้น

การทดสอบเบื้องต้นใช้ตัวแปรอิสระ คือ แรงดันน้ำมันไฮดรอลิก (Hydraulic Pressure) และความลึกของการกรัดผิวแข็ง (Depth of Burnishing) โดยการเตรียมชิ้นงานจำนวน 36 ชิ้น การกรัดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิกที่ความดัน 200, 400 และ 600 บาร์ และความลึกของการกรัดผิวแข็ง 3 ระดับคือ 0.3, 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร ทำการทดสอบเบื้องต้นดังตารางที่ 3.3 กำหนดให้อัตราการป้อน (Feed Rate) เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร/รอบ ความเร็วการกรัดผิวแข็ง (Speed) เท่ากับ 2000 มิลลิเมตร/นาทีจำนวนของการกรัดผิวแข็ง (Number of Passes) 8 ครั้ง

การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง โดยการวิจัยแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก และความลึกของการกรัดผิวแข็งเพื่อหาค่าความหยาบผิว ความแข็งแบบวิกเกอร์ ความเค้นตกค้าง ความลึกของความแข็งผิว และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ผ่านการกรัดผิวแข็งประกอบด้วย

- 1) การกดรีดผิวแข็งด้วยหัวบอลที่มีความดัน 200 400 และ 600 บาร์
- 2) ความลึกของการกดรีดผิวแข็ง 3 ระดับคือ 0.3 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร

2. การออกแบบการทดลอง

- 2.1 ชิ้นงานทดสอบ ที่ใช้เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 มีส่วนผสมของธาตุต่าง ๆ
- 2.2 ทดสอบบอลเซรามิกบอลเซรามิกที่ใช้ในการกดรีดผิวแข็งประกอบด้วยซิลิคอนไนไตรต์เซรามิกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร เมื่อทำการทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ เอสเค C ความแข็งของบอลเซรามิกก่อนใช้งานมีค่า 79 HRC

3. ขั้นตอนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการทดลองเชิงปริมาณ (Experimental Research) แบบ Factorial Design (3x3) โดยมี 2 ปัจจัย คือ แรงดันไฮดรอลิก และความลึกของการกดรีด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1. ชิ้นงาน SKD 11 ที่ไม่ผ่านการรีดผิวแข็ง
- ขั้นตอนที่ 2. ชิ้นงาน SKD 11 ที่ผ่านการชุบแข็ง
- ขั้นตอนที่ 3. การกดรีดผิวแข็งด้วยบอลที่มีความดัน 200, 400 และ 600 บาร์
- ขั้นตอนที่ 4. ความลึกของการกดรีดผิวแข็ง 3 ระดับ คือ 0.3, 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร

4. การทดสอบและจัดเก็บข้อมูล

4.1 การวัดความหยาบผิว การวัดความหยาบผิวของชิ้นงานด้วยเครื่อง Mitutoyo Surface tester รุ่น SJ-310 ทำการวัดโดยการแบ่งพื้นผิวเป็นส่วน ส่วน จากนั้นทำการวัดค่าความเรียบผิวได้แต่ละจุดและนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย

4.2 การวัดความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ การวัดค่าความแข็งพื้นผิวของชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์เครื่อง Automatic Turret Digital Display Micro Vickers Hardness Tester ยี่ห้อ Innovatest รุ่น HVS-1000A ใช้แรงกดเพื่อวัดค่าความแข็งขนาด 100 กรัมเป็นระยะเวลา 10 วินาที โดยจะทำการวัดชิ้นงานที่ผ่านการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิกที่ภาวะต่างๆ ในการทดสอบความแข็งผิวของชิ้นงานด้วย Vickers Micro Hardness Tester ทำการวัดโดยการตำแหน่งและนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย

4.3 การวัดความเค้นตกค้าง การวัดค่าความเค้นตกค้างที่อยู่ในชิ้นงานทั้งก่อนการกดรีดผิวแข็ง และภายหลังจากการกดรีดผิวแข็งด้วยหัวบอลเซรามิกโดยการวัดความเค้นตกค้างบนผิวหรือใกล้พื้นผิวด้วยเครื่องมือวัด Portable X-ray Residual Stress Analyzer (μ -X360s) โดยใช้หลักการ X-ray

4.4 การวัดความแข็งลึก การวัดค่าความแข็งลึกจากพื้นผิวของชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์เครื่อง Automatic Turret Digital Display Micro Vickers Hardness Tester ยี่ห้อ Innovatest รุ่น HVS-1000A ใช้แรงกดเพื่อวัดค่าความแข็งขนาด 100 กรัม เป็นระยะเวลา 10 วินาที โดยจะทำการวัดชิ้นงานที่ผ่านการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิกที่สภาวะต่าง ๆ ในการทดสอบความแข็งผิวของชิ้นงานด้วย Vickers Micro Hardness Tester ทำการวัดโดยการกำหนดตำแหน่ง จำนวน 10 ตำแหน่ง และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาความแข็งที่ลึกจากพื้นผิวกดรีด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบค่าความแข็งผิวที่ได้จากการวัดของแต่ละเงื่อนไขเทียบกับความแข็งผิวของ SKD11 ไม่ผ่านการกดรีดผิวแข็งและเทียบค่าความแข็งผิวของ SKD11 ที่ผ่านการกดรีดผิวแข็งเพื่อหาเงื่อนไขของการกดรีดที่ทำให้ความแข็งผิวอยู่ในช่วงการใช้งาน

2. เปรียบเทียบค่าความเค้นตกค้างผิวที่ได้จากการวัดของแต่ละเงื่อนไขเทียบกับความเค้นตกค้างผิวของ SKD11 ไม่ผ่านการกดรีดผิวแข็งและเปรียบเทียบค่าความเค้นตกค้างผิวของ SKD11 ที่ผ่านการกดรีดผิวแข็งเพื่อหาเงื่อนไขของการกดรีดผิวแข็งที่ทำให้ความเค้นตกค้างมากที่สุด

3. เปรียบเทียบค่าความหยาบผิวที่ได้จากการวัดของแต่ละเงื่อนไขเทียบกับความหยาบผิวของ SKD11 ที่ไม่ผ่านการกดรีดผิวแข็งและเทียบค่าความหยาบผิวของผิวที่ผ่านการกดรีดผิวแข็งเพื่อหาเงื่อนไขของการกดรีดผิวแข็งที่ทำให้ความหยาบผิวน้อยที่สุด

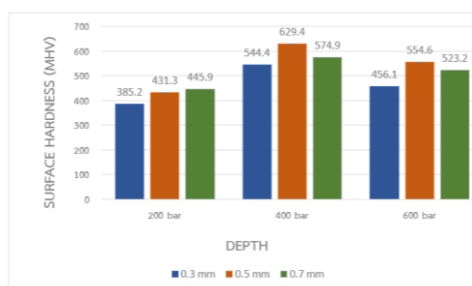
4. เปรียบเทียบความลึกแต่ละชั้นความแข็งของ SKD11 ที่ผ่านการกดรีดผิวแข็ง

ผลการวิจัย

การศึกษาความเปลี่ยนแปลงในกระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิก โดยการหาค่าความแข็งผิว (Surface Hardness) ความแข็งลึกจากผิว (Hardness Depth) ความเค้นตกค้าง (Residual Stress) ความหยาบผิว (Surface Roughness) กระบวนการกดรีดผิวแข็งเป็นกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวแข็งด้วยบอล เซรามิกที่มีความโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ในการกดรีดผิวแข็งใช้แรงดันน้ำมันไฮดรอลิก 200, 400, 600 บาร์ ความลึกของการกดรีดผิวแข็ง 0.3 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและสมมติฐาน

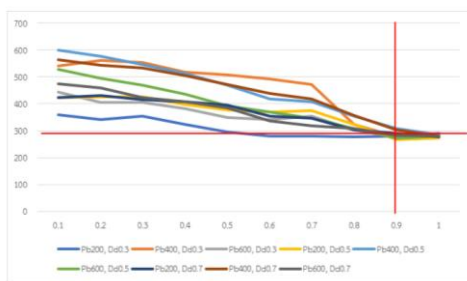
ทางการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบความแข็งผิวบนพื้นผิวของเหล็ก SKD11 ค่าความแข็งผิวของเหล็กก่อนกดรีดผิวแข็ง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 279 MHV หลังการกดรีดผิวด้วยบอลเซรามิก ด้วยเงื่อนไขการทดลอง พบว่าแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก 400 บาร์ ความลึกของการกดรีดผิวแข็ง 0.5 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งผิวเฉลี่ยมากที่สุดคือ 629.4 MHV ซึ่งเงื่อนไขที่มีอิทธิพลหลักต่อความแข็งผิวอย่างมีนัยสำคัญคือแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกและความลึกของการกดรีดผิวแข็ง ความแข็งที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการชุบผิวแข็งพบว่าเทียบเท่ากัน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย โดยกระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยปัจจัยของแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกในการกดบอล และความลึกของการกดรีดผิวแข็งซึ่งงาน สง ผลต่อความแข็งผิว ความเค้นตกค้าง ความหยาบผิว ของเหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 กระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยปัจจัยของ แรงดันน้ำมันไฮดรอลิกในการกดบอล และความลึกของการกดรีดผิวแข็งซึ่งงาน สง ผลต่อความแข็งผิว ความเค้นตกค้าง ความหยาบผิว ของเหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 โดยแสดงเปรียบเทียบตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าความแข็งผิวเฉลี่ย (MHV) ของเหล็ก SKD11 หลังการกดรีดผิวแข็ง

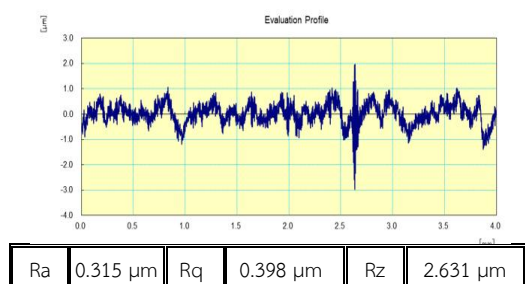
2. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของแต่ละชั้นความลึกผิวของเหล็ก SKD11 โดยค่าความแข็งแรงผิวของเหล็กมีค่าเฉลี่ยประมาณ 279 MHV หลังการกดรีดผิวแข็ง ที่แรงดันปั้มน้ำมันไฮดรอลิก 200, 400 และ 600 บาร์ ชั้นความลึกผิว 0.3 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร สามารถสรุปได้ว่า ความแข็งที่เพิ่มขึ้นมีความลึกที่ระดับ 0.9 มิลลิเมตร เหมาะกับงานที่ต้องรับแรงเสียดทานหรือกระแทกซ้ำ ๆ เป็นต้น โดยแรงดันปั้มน้ำมันไฮดรอลิก 400 บาร์ ความลึกของการกดรีดผิวแข็ง 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการชุบผิวแข็งมีค่าที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ โดยแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของชั้นความลึกผิวของเหล็ก SKD11 หลังการกดรีดผิวแข็ง

3. การวิเคราะห์ค่าความเค้นตกค้างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเค้นที่เกิดขึ้นบนผิวชิ้นงานในระหว่างการกดรีดผิวแข็ง เทคนิค X-ray Diffraction (XRD) การวัดค่าความเค้นบนพื้นผิวชิ้นงานที่ผ่านการกดรีดผิวแข็ง เป็นการเปลี่ยนแปลงของความเค้นตกค้างที่เกิดจากแรงอัดในแนวนอนบนพื้นผิว ค่าความเค้นตกค้างของแรงอัดเพิ่มขึ้น เกิดจากการอัดตัวของพบว่าสถานะที่เหมาะสมของการรีดผิวแข็งที่สุดคือแรงดันปั้มน้ำมัน ไฮดรอลิก 400 บาร์ และความลึกของการกดรีดผิว 0.7 มิลลิเมตร ค่าความเค้นตกค้างอัด 545.9 MPa

4. การวิเคราะห์ค่าความหยาบผิวการใช้เทคนิคการ Coherence Scanning Interferometry (CSI) หลังการทดลองการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลที่แรงดันน้ำมันไฮดรอลิก ในการกดบอลกดรีดผิวแข็ง 200, 400 และ 600 บาร์ และความลึกของการรีดผิวแข็ง 0.3, 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่อไปนี้อธิบายรูปร่างโดยทั่วไปการกดรีดผิวแข็งด้วยบอลเซรามิกทำให้ความสูงของพื้นผิวลดลง การกดรีดผิวแข็งช่วงของค่าพารามิเตอร์แอมพลิจูดดีที่สุด Ra (Sa) = 0.059 μm , Rp (Sp) = 0.072 μm Rz (Sz) = 0.347 μm ที่แรงดันน้ำมันไฮดรอลิก ในการกดบอลกดรีดผิวแข็ง 200 บาร์ และความลึกของการรีดผิวแข็ง 0.3 มิลลิเมตร แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับค่าความแข็งแรงผิวซึ่งเป็นวัสดุประสงค์หลักในงานวิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์แอมพลิจูดความหยาบผิว Ra (Sa) = 0.315 μm , Rp (Sp) = 0.398 μm Rz (Sz) = 2.631 μm ที่แรงดันน้ำมันไฮดรอลิก ในการกดบอลกดรีดผิวแข็ง 400 บาร์ และความลึกของการรีดผิวแข็ง 0.5 มิลลิเมตร เป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์กำหนดสามารถยอมรับได้และปัจจัยที่เป็นอิทธิพลหลักส่งผลต่อค่าความหยาบผิวคือแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก ความลึกของการกดรีดผิวแข็งมีอิทธิพลร่วมกันที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 5



Pb = 400 bar, Db = 0.5 mm

ภาพที่ 5 Topography และพารามิเตอร์ของพื้นผิวหลังจากการกดรีดผิวแข็ง

5. กระบวนการกดรีดผิวแข็งด้วยปัจจัยของแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกในการกดบอล และผลของการกดรีดผิวแข็งขึ้นงาน ส่งผลต่อความแข็งผิวซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของความเค้นตกค้างของ Liviu Luca และคณะ (2005) [11] โดยเกิดจากโครงสร้างที่ถูกบีบอัดจากแรงกด Compressive strength ความหยาบผิวซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lars Hiegemann และคณะ (2016) [15] ของเหล็กกล้าคาร์บอนสูง SKD11 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการวิจัยผลกระทบจากตัวแปรอื่น ๆ เพื่อใช้ในการประกอบการวิเคราะห์ผลให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น เช่น ความเร็วการกดรีดผิวแข็ง (Burnishing speed) ระยะห่างการกดรีดในแต่ละรอบ (Feed Rate) จำนวนครั้งในการกดรีดซ้ำ (Number of Burnishing) และสารหล่อลื่น (Lubricant) ความโตของบอลเซรามิก (Size of Ceramic Ball) เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

References

[1] Misumi (Thailand) Co., Ltd. “SKD11 carbon steel: Material in various applications.” 2020. [Online]. Available: https://th.misumiec.com/th/pr/recommend_category/carbon_steel201904/

[2] Jutha Wan Metal Ltd. “SKD11 high-carbon steel.” 2020. [Online]. Available: <https://www.juthawan.co.th/product-item/skd-11/>

[3] Bangkok Special Steel Co., Ltd. “SKD11 properties and applications.” 2020. [Online]. Available: <http://www.bssteel.co.th/product-detail-DC11.php>

[4] Technology Promotion Association (Thailand–Japan), “SKD11 hardening,” 2020. [Online]. Available: https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1818&pageid=85

[5] Montri Kawsuk, Y., “Influence of parameters on surface hardness and residual stress of ball-burnishing process,” *M.Eng. thesis*, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2018.

[6] A. A. Ibrahim, S. M. Abd Rabbo, and A. A. Ebied, Y., “Center rest balls burnishing parameters adaptation of steel components using fuzzy logic”, *Journal of materials processing technology*, vol. 209, pp. 2428–2435, 2009.

[7] M. Rao, J. N., C. K. Reddy, A. and Rama Rao, P. V., Y., “The effect of roller burnishing on surface hardness and surface roughness on mild steel specimens”, *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 1, no. 4, pp. 777–785., 2011.

- [8] M. Okada, S. Suenobu, K. Watanabe, Y. Yamashita and N. Asakawa, Y., “Development and burnishing characteristics of roller burnishing method with rolling and sliding effects”, *Mechatronics*, vol. 29, pp. 110–118, 2015.
- [9] N. H. Loh and S. C. Tam, “Effects of ball burnishing parameters on surface finish A literature survey and discussion”, *Precision Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 215-220, 1988.
- [10] L. N. López de Lacalle, A. Lamikiz, J. Mun˜oa and J. A. Sánchez, “Quality improvement of ballend milled sculptured surfaces by ball burnishing”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol. 45, 2005, pp. 1659–1668, 2005.
- [11] L. Luca, S. Neagu-Ventzel and I. Marinescu, “ Effects of working parameters on surface finish in ball-burnishing of hardened steels” , *Precision Engineering*, vol. 29, pp. 253–256, 2005.
- [12] P. Kumar and P. G K, Design and Development of Ball Burnishing Tool, Proc. of Int. Conf. on Advances in Mechanical Engineering, *AETAME*, vol. 6, no. 6, pp. 733-738, 2013.
- [13] D. Mahajan and R. Tajane, “ A Review on Ball Burnishing Process” , *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, pp. 1-8, 2013.
- [14] S. Torsakul, “ A Study of mechanical properties from fine rolling process using finite element simulation method,” *Department of Industrial Engineering*, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2008.
- [15] L. Hiegemann, C. Weddeling and A. E. Tekkaya, “ Analytical contact pressure model for predicting roughness of ball burnished surfaces,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 232, pp.63–77, 2016.
- [16] T. Zhang, N. Bugtai and I. D. Marinescu, “ Burnishing of aerospace alloy: A theoretical–experimental approach,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 37, pp. 472–478, 2015.
- [17] A. Rodríguez, L.N. López de Lacalle, A. Celaya, A. Lamikiz and J. Albizuri, “ Surface improvement of shafts by the deep ball-burnishing technique,” *Surface & Coatings Technology*, vol. 206, pp. 2817–2824, 2012.

แบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการคัดเลือกที่ปรึกษา โครงการภาครัฐ

ธัชกร จุลเกตุ¹, อังคณา พันธุ์หล่อ², ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

Email: thammajak@rsu.ac.th²

Received: Jun 07, 2025

Revised: Aug 12, 2025

Accepted: Aug 19, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแบบจำลองการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าปัจจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 สามารถกำหนดปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย และปัจจัยรอง 17 ปัจจัย จากนั้นได้นำเทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) มาใช้เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 24 คน โดยดำเนินการสอบถามจำนวน 2 ครั้ง โดยเป็นการพิจารณาปัจจัยที่มีความสำคัญและสอดคล้องกับการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษา ตามหลักการการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถาม (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดิมจนได้ 4 ปัจจัยหลัก 13 ปัจจัยรอง ปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกถูกนำมาหาค่าน้ำหนักความสำคัญด้วยวิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) พบว่า ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษามีความสำคัญมากที่สุด (ค่าน้ำหนัก 0.532) รองลงมา ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน (ค่าน้ำหนัก 0.250) ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน (ค่าน้ำหนัก 0.135) และด้านข้อเสนอทางการเงิน (ค่าน้ำหนัก 0.083) ตามลำดับ ผลลัพธ์ดังกล่าวนำมาเปรียบเทียบกับแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวน 70 คน พบว่า ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน และด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน มีความสำคัญมากที่สุด ส่วนด้านข้อเสนอทางการเงิน มีความสำคัญมาก สรุปได้ว่าแบบจำลองในการประเมินด้านเทคนิคการคัดเลือกที่ปรึกษาที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับแบบสอบถามแบบมาตราส่วน โดยปัจจัยหลักที่มีความสำคัญมากที่สุดมีค่าน้ำหนักรวมกันมากถึง 0.92 สามารถนำไปคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษา และประยุกต์ใช้กับโครงการของภาครัฐได้ต่อไป

คำสำคัญ: คัดเลือกที่ปรึกษา, โครงการภาครัฐ, แบบจำลองกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

An Analytic Hierarchy Process Model for Government Project Advisor Selection

Thichagorn Julakate¹, Ankana Punlor² Thammasak Ruijirayanyong²

^{1,2}Civil Engineering College of Engineering, Rangsit University

Email: thammasak@rsu.ac.th²

Received: Jun 07, 2025

Revised: Aug 12, 2025

Accepted: Aug 19, 2025

Abstract

The objective of this research is to develop a technical model for advisor selection to study and analyze government projects. The researcher identified relevant factors through an extensive review of related literature and the Public Procurement and Supplies Administration Act, B.E. 2560 (2017). Five main factors and 17 sub-factors were initially identified. After that, the researcher applied the Delphi technique to interview 24 experts. The interviews were conducted in two rounds. In the first round, the experts assessed the relevance and significance of each factor for the technical evaluation of advisor selection, using the IOC-based technical assessment, resulting in four main factors and 13 minor factors. The second-round interview was then performed to determine the significance weights of main and minor factors using the Analytic Hierarchy Process. The results showed that the weighted values of four main factors which were the performance and previous experience carried the highest weight (0.53), followed by method and implementation (0.25), personnel responsible (0.14) and financial (0.08) respectively. To further validate the model, a five-rating scale questionnaire was distributed to 70 stakeholders. The results indicated that the most important factors were the performance and previous experience, method and implementation, personnel responsible. The financial factor was also considered important. In conclusion, the developed technical model aligns closely with stakeholder perspectives. The three most significant main factors accounted for a combined weight of 0.92. The model can be adapted for other government projects to select the advisor.

Keywords: Advisor Selection, Government Projects, Analytic Hierarchy Process

บทนำ

จากภารกิจและนโยบายของภาครัฐในปัจจุบัน พบปัญหาในการศึกษา ออกแบบ วิเคราะห์ วางแผน และควบคุมการก่อสร้างในโครงการภาครัฐต่าง ๆ เกิดปัญหาการล่าช้า ด้วยข้อจำกัดด้านความซับซ้อนของโครงการ โครงการมีขนาดใหญ่ โครงการมีผลกระทบต่อหลายภาคส่วน เพื่อให้การทำงานในส่วนราชการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีที่ปรึกษาที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ เพื่อมาช่วยศึกษา ออกแบบ และวิเคราะห์ โครงการภาครัฐในด้านวิศวกรรม การวางแผน ควบคุมติดตามแก้ไขงานโครงการภาครัฐในส่วนที่ต้องเกี่ยวข้อง ให้สำเร็จตามนโยบาย เป้าหมาย ตามแผนงาน และงบประมาณ การคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อให้ได้ที่ปรึกษาที่มีความรู้ความสามารถ และมีศักยภาพในการทำงานจำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติเบื้องต้น (Pre-Qualification) เป็นขั้นตอนแรก เช่น ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (e - GP) กรมบัญชีกลาง เป็นต้น โดยผู้ว่าจ้างจะดำเนินการพิจารณาข้อเสนอของผู้ที่ผ่านการพิจารณาคุณสมบัติเบื้องต้นแล้วเท่านั้น ก่อนที่ยื่นข้อเสนอด้านเทคนิคและราคาได้ โดยมีการกำหนดปัจจัย (Criteria) และเกณฑ์ค่าน้ำหนัก (Weight) แต่ละด้าน มีน้ำหนักสอดคล้องกับโครงการที่จะดำเนินการจ้างที่ปรึกษา และใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนน กำหนดสัดส่วนของน้ำหนักปัจจัยในการให้คะแนน เพื่อใช้ประเมินการคัดเลือกข้อเสนอ โดยจะให้ความสำคัญกับการประเมินสัดส่วนน้ำหนักในการให้คะแนนของการยื่นข้อเสนอและราคาที่กำหนดไว้ เช่นเดียวกับโครงการภาครัฐอื่น ๆ ตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 [1] มาตรา 75 ประกอบกับระเบียบกระทรวง

การคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้าง และการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ได้มีการกำหนดเกี่ยวกับวิธีการจ้างที่ปรึกษาไว้ 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีประกาศเชิญชวนทั่วไป 2) วิธีคัดเลือก และ 3) วิธีเฉพาะเจาะจง

ซึ่งในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนองานจ้างที่ปรึกษาโดยวิธีประกาศเชิญชวนทั่วไปหรือวิธีคัดเลือกนอกจากให้พิจารณาเกณฑ์ด้านคุณภาพตามพระราชบัญญัติฯ มาตรา 70 แล้ว ให้เป็นไปตามเกณฑ์ในการพิจารณาและการให้น้ำหนักดังต่อไปนี้

1. กรณีงานจ้างฯ เพื่อดำเนินงานประจำหรืองานที่ไม่ซับซ้อน ให้พิจารณาผู้ยื่นข้อเสนอที่ผ่านเกณฑ์ด้านคุณภาพ และให้คัดเลือกจากรายที่เสนอราคาต่ำสุด

2. กรณีงานจ้างฯ ที่ซับซ้อน ให้พิจารณาผู้ยื่นข้อเสนอที่ผ่านเกณฑ์ด้านคุณภาพ และให้คัดเลือกจากรายที่ได้คะแนนรวมด้านคุณภาพและด้านราคามากที่สุด

3. กรณีงานจ้างฯ ที่มีความซับซ้อนมาก ให้พิจารณาผู้ยื่นข้อเสนอที่ผ่านเกณฑ์ด้านคุณภาพ และให้คัดเลือกจากรายที่ได้คะแนนด้านคุณภาพมากที่สุด

หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอให้หน่วยงานของรัฐด้านคุณภาพตามมาตรา 75 แห่งพระราชบัญญัติฯ ประกอบด้วย

- (1) ผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา
- (2) วิธีการบริหารและวิธีการปฏิบัติงาน
- (3) จำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน
- (4) ประเภทของที่ปรึกษาที่รัฐต้องการส่งเสริมหรือสนับสนุน
- (5) ข้อเสนอทางด้านการเงิน
- (6) เกณฑ์อื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ในการพิจารณาคัดเลือกที่ปรึกษาต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดปัจจัยและค่าน้ำหนัก จึงอาจจะเกิดความ

ไม่ชัดเจนและไม่แน่นอนเกิดขึ้น ซึ่งในปัจจุบันต้องปรับปรุงและเกณฑ์ค่าน้ำหนักให้สอดคล้องเข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน และเหมาะสมตรงตามลักษณะเฉพาะของงานมากขึ้น จำเป็นต้องใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) ในการจัดลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบจากหลายเกณฑ์ปัจจัย

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP เป็นวิธีการที่ใช้ในการกำหนดน้ำหนักความสำคัญ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาจาก Thomas L.Saaty [2] ในปี ค.ศ. 1970 เป็นเทคนิคในการตัดสินใจเลือกหรือเรียงลำดับทางเลือกของปัญหาที่ต้องใช้การตัดสินใจที่ซับซ้อน โดยสร้างรูปแบบการตัดสินใจให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้น และนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์สรุปแนวทางเลือกที่เหมาะสม [4] และได้นำเทคนิคเดลฟาย [5] มาใช้เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้วยการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้องของปัจจัยก่อนที่จะดำเนินการจัดลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เทคนิคเดลฟายเป็นวิธีการวินิจฉัยหรือการตัดสินใจปัญหาต่าง ๆ โดยไม่มีการเผชิญหน้ากันโดยตรงระหว่างผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่และอิสระ โดยไม่ต้องคำนึงถึงความคิดเห็นของผู้อื่น นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังมีโอกาสในการแสดงความคิดเห็นของตนอย่างรอบคอบ ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและนำไปสู่การตัดสินใจที่ถูกต้องในด้านต่าง ๆ ได้ [6]

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาแบบจำลองการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษา โดยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำ โปร่งใส และ

สามารถนำไปปรับใช้กับการคัดเลือกที่ปรึกษาในโครงการภาครัฐประเภทอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ
2. เพื่อศึกษาลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ
3. เพื่อพัฒนาแบบจำลองในการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ ด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษางานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ช่วง โดยขั้นตอนสำคัญในการวิจัยดังกล่าวมีดังนี้

1.1 การวิจัยช่วงที่ 1

ในการวิจัยช่วงนี้ผู้วิจัยจะทำการค้นคว้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [7] [8] [9] [10] ประกอบกับพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 (งานจ้างที่ปรึกษา หมวดที่ 3 และหมวดที่ 7) เพื่อให้สามารถระบุปัจจัยจากการศึกษาที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้สร้างแบบสอบถามเป็นแบบปลายปิดใช้เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยขึ้นมา เพื่อใช้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 24 คน โดยมีตัวแทนจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้องของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย

1.2 การวิจัยช่วงที่ 2

การวิจัยช่วงนี้ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการวิจัยช่วงที่ 1 มาตรวจสอบปัจจัยให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยด้วยผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของปัจจัย คือกระบวนการตรวจสอบแบบสอบถาม มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) ช่วยประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามโดยเกณฑ์ที่ใช้คัดเลือกมีค่า $IOC \geq 0.50$ เพื่อคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่สอดคล้องและตัดปัจจัยที่ไม่สอดคล้องออกด้วยการดำเนินการตรวจสอบ ข้างกับผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดิม

1.3 การวิจัยช่วงที่ 3

นำข้อมูลปัจจัยจากช่วงที่ 2 เฉพาะปัจจัยที่สอดคล้องไปให้ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสียโดยใช้ทำการวิเคราะห์ตรวจสอบความสอดคล้องจำนวน 70 คน เมื่อได้ปัจจัยจากการตรวจสอบด้วยผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสียแล้วจะดำเนินการสร้าง Pair-wise Comparison Matrix โดยใช้มาตราส่วน 1-9 ของ Saaty [2] ของปัจจัยหลักและปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักนั้น ๆ ตามวิธีการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) โดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Excel ช่วยในการคำนวณในการจัดลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อพัฒนาแบบจำลองการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษา

2. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 กลุ่มตัวอย่าง จะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามวิธีการ ดังนี้

2.1.1 ประชากรกลุ่มแรกใช้กับเทคนิคเดลฟายและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์โดยประชากรในการศึกษาค้างนี้ คือ ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกที่ปรึกษาหน่วยงานภาครัฐ ผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์และตัดสินใจที่จะเลือกใช้

การประเมินด้านเทคนิคในแต่ละโครงการ ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการบริหารและควบคุมโครงการจ้างที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ สำหรับผู้เชี่ยวชาญที่ทำการสัมภาษณ์ครั้งนี้เป็นผู้ที่ถูกแต่งตั้งอยู่ในกระบวนการคัดเลือกที่ปรึกษามีจำนวนทั้งหมด 24 คน ประกอบไปด้วย ผู้บริหารสั่งจ้างโครงการ 5 คน กรรมการตรวจรับพัสดุ 6 คน กรรมการพิจารณาผล 7 คน และบริษัทที่ปรึกษาโครงการ 6 คน

2.1.2 ประชากรกลุ่มที่สองใช้กับแบบสอบถามแบบมาตราส่วน กลุ่มผู้ที่มีส่วนที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสียถูกเลือกมาจากประชากรทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

1) กลุ่มผู้ว่าจ้างภาครัฐ ประกอบไปด้วย ข้าราชการทุกคนที่สามารถแต่งตั้งเป็นกรรมการตรวจรับงานจ้าง ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน จำนวน 64 คน

2) กลุ่มบุคลากรหลักของที่ปรึกษาภาครัฐ ประกอบไปด้วย วิศวกร ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประสานงาน และผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการ จำนวน 20 คน

ประชากรกลุ่มที่สองรวม 84 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ตอบ แบบสอบถามมีจำนวน 70 คน จาก การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Krejcie & Morgan [7]

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Krejcie & Morgan ใช้ในการประมาณค่าสัดส่วนของประชากรและกำหนดให้สัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากร เท่ากับ 0.5 ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5% และระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสูตรนี้สามารถคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างกับประชากรที่มีขนาดเล็กได้ตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป

สูตรการคำนวณของ Krejcie & Morgan

$$n = \frac{x^2 NP(1 - P)}{d^2 P(1 - P)}$$

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนประชากร

x แทน ค่าไคสแควร์ที่ Degree of freedom (df) เท่ากับ 1 ระดับความเชื่อมั่น 95% (เท่ากับ 3.841)

P แทน สัดส่วนประชากร หากไม่ทราบ ใส่ค่า 0.5

d แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.05)

2.2 แบบสอบถาม

2.2.1 แบบสอบถามหาค่าความสอดคล้อง เพื่อนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย เพื่อคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่สอดคล้อง และตัดปัจจัยที่ไม่สอดคล้องออก แบบสอบถามนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามแสดงความคิดเห็นเพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการประเมินด้านเทคนิคของงานจ้างที่ปรึกษา

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ และสิ่งที่ควรปรับปรุง

2.2.2 แบบสอบถามเพื่อหาค่าน้ำหนักของปัจจัย จะเป็น แบบสอบถามเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเป็นคู่ ๆ (Pairwise Comparison) เปรียบเทียบกันว่าปัจจัยใดมีความสำคัญมากกว่ากันโดยผู้เชี่ยวชาญสามารถ

เลือกระดับค่าความสำคัญตั้งแต่ 1-9 ตาม มาตรฐานของ Saaty ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางกำหนดระดับความสำคัญจาก 1-9 ตาม มาตรฐานของ Saaty

ความสำคัญ	ระดับคะแนน
เท่ากัน	1
ปัจจัยหนึ่งสำคัญกว่าเล็กน้อย	3
ปัจจัยหนึ่งสำคัญกว่าปานกลาง	5
ปัจจัยหนึ่งสำคัญกว่ามาก	7
ปัจจัยหนึ่งสำคัญกว่ามากที่สุด	9

2.2.3 แบบสอบถามแบบมาตราส่วนเป็นแบบสอบถามเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยว่ามีความสำคัญระดับไหนใช้เพื่อตรวจสอบแนวโน้มน้ำหนักคะแนนกับการตอบแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามมาตรารัดของลิเคิร์ต (Likert) [8] ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางกำหนดระดับคะแนนของ ความสำคัญไว้ 5 ระดับ

ความสำคัญ	ระดับคะแนน
เห็นด้วยมากที่สุด	5
เห็นด้วยมาก	4
เห็นด้วยปานกลาง	3
เห็นด้วยน้อย	2
เห็นด้วยน้อยที่สุด	1

ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจะนำไปวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC) และค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัย เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการลำดับชั้นเชิง วิเคราะห์ (AHP) และจัดลำดับน้ำหนักของปัจจัยในแบบจำลอง

3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัย (IOC)

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องมาเป็นเครื่องมือในการหาค่าความสอดคล้องแบบสอบถามกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อนำไปวิเคราะห์และตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้องของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย ค่า IOC จะคำนวณโดยนำผลรวมคะแนน จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด หารด้วยจำนวนผู้เชี่ยวชาญ เพื่อดูว่าปัจจัยนั้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่ หากค่า IOC ≥ 0.50 จึงถือว่ายอมรับได้ โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์งานจ้างที่ปรึกษาภาครัฐ จะต้องประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์ ดังนี้

- ให้ความเห็นช่องสอดคล้อง = 1 คะแนน
- ให้ความเห็นช่องไม่สอดคล้อง = - 1 คะแนน
- ให้ความเห็นช่องไม่แน่ใจ = 0 คะแนน

การประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง จะพิจารณาค่า IOC หากมีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 ปัจจัยนั้นจะสามารถนำไปใช้งานได้ และหากมีค่าต่ำกว่า 0.50 ปัจจัยนั้นจะถูกตัดออก

3.2 การจัดลำดับความสำคัญ (Priority)

การพิจารณาเปรียบเทียบหลักเกณฑ์จะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (เปรียบเทียบปัจจัยแรกและปัจจัยหลัง) และโดยใช้มาตราส่วนที่ถูกกำหนดโดย Saaty [2] ในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นระดับความเข้มข้นของความสำคัญด้วยตัวเลข 1 ถึง 9 โดยความหมายของตัวเลขที่แสดงระดับความสำคัญตัวแปรเชิงภาษาดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความสำคัญตัวแปรเชิงภาษา

ระดับความเข้มข้น ความสำคัญ	ความหมายความสำคัญ ของปัจจัยแรกเปรียบเทียบกับปัจจัยหลัง
1	มีความสำคัญเท่ากัน
2	มีความสำคัญเท่ากัน - มากกว่าเล็กน้อย
3	มีความสำคัญมากกว่าเล็กน้อย
4	มีความสำคัญมากกว่าเล็กน้อย - ปานกลาง
5	มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง
6	มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง - มาก
7	มีความสำคัญมากกว่ามาก
8	มีความสำคัญมากกว่ามาก - มากที่สุด
9	มีความสำคัญมากกว่ามากที่สุด

3.3 การคำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: CR)

เป็นการตรวจสอบ ความถูกต้องของคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามซึ่งกรอกโดยผู้เชี่ยวชาญ และระหว่างผลการพิจารณา ตัดสินใจเปรียบเทียบระดับความสำคัญเป็นรายคู่ของผู้เชี่ยวชาญ

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

C.R. = ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล

C.I. = ค่าดัชนีความสอดคล้องที่วัดจากความ

RI = ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมทริกซ์ตั้งแต่ 1×1 จนถึง 15×15 ผลของ R.I. ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าของดัชนีความสอดคล้องตามขนาดเมทริกซ์ [3] [4]

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$

λ_{max} = ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคูณผลรวมของคอลัมน์ในเมทริกซ์เปรียบเทียบกับเวกเตอร์ค่าน้ำหนัก (Eigenvector) ของปัจจัย แล้วนำค่าที่ได้มาหารกับจำนวนปัจจัย

n = จำนวนปัจจัยที่นำมาหาค่าน้ำหนัก n x n

โดยจะต้องมีการตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล CR ด้วย หากกรณีนี้ค่า CR น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ แต่ถ้าค่า CR มากกว่า 0.10 ถือว่า ยอมรับไม่ได้ ผู้วิจัยจะต้องให้ผู้เชี่ยวชาญทำการทบทวนค่าน้ำหนักเปรียบเทียบในปัจจัยนั้นใหม่อีกครั้ง

3.4 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ค่าร้อยละ

$$\text{ค่าร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนข้อมูล } X}{\text{ร้อยละ}} \times 100$$

3.4.2 ค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

n = จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

X_i = ข้อมูลตัวอย่าง

$\sum Xi$ = ผลรวมของตัวอย่างทั้งหมด

3.4.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มตัวอย่าง

n = จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

X = ข้อมูลตัวอย่าง

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการประเมินการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ

เป็นการค้นคว้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบกับพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 เพื่อให้สามารถระบุปัจจัยจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องจากนั้นได้สร้างแบบสอบถามขึ้นมา เพื่อใช้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้ที่ถูกแต่งตั้งอยู่ในกระบวนการคัดเลือกที่ปรึกษามีจำนวนทั้งหมด 24 คน ประกอบด้วย ผู้บริหารสั่งจ้างโครงการ 5 คน กรรมการตรวจรับพัสดุ 6 คน กรรมการพิจารณาผล 7 คน และบริษัทที่ปรึกษาโครงการ 6 คน แสดงผลค่าความสอดคล้องของปัจจัย (IOC) ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและการตรวจสอบความสอดคล้องของเกณฑ์ปัจจัย

ลำดับ	รายการความคิดเห็นสอดคล้องของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง	ค่า IOC	แปลผล
ปัจจัยหลัก 1.ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา			
1	มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา	0.917	สอดคล้อง
2	จำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง	0.917	สอดคล้อง
3	จำนวนผลงานที่อยู่ระหว่างการดำเนินงาน	0.292	ไม่สอดคล้อง
ปัจจัยหลัก 2.ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน			
1	การแบ่งการดำเนินงานเป็นกลุ่มงานอย่างมีประสิทธิภาพ	0.625	สอดคล้อง
2	โครงสร้างองค์กรของบุคลากรของที่ปรึกษา	0.583	สอดคล้อง
3	หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรหลัก	0.917	สอดคล้อง
4	แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรหลัก	0.917	สอดคล้อง
5	แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรสนับสนุน	0.625	สอดคล้อง
6	แผนปฏิบัติงานภาพรวมของโครงการ	0.875	สอดคล้อง
7	แผนขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน	0.875	สอดคล้อง
ปัจจัยหลัก 3.ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน			
1	จำนวนบุคลากรตามที่กำหนด	0.708	สอดคล้อง
2	ด้านประสบการณ์ของที่ปรึกษา	0.958	สอดคล้อง
3	ด้านวุฒิการศึกษาซึ่งเป็นสาขาวิชาเดียวกันกับที่กำหนด	0.833	สอดคล้อง
ปัจจัยหลัก 4.ด้านข้อเสนอทางการเงิน			
1	ข้อมูลงบการเงินและรายได้ของบริษัทที่ปรึกษาย้อนหลังมีค่าเป็นบวก	0.250	ไม่สอดคล้อง
2	ราคาที่เสนอ	0.625	สอดคล้อง
ปัจจัยหลัก 5.ด้านประเภทของที่ปรึกษาที่รัฐต้องการส่งเสริมหรือสนับสนุน (ถ้ามี*)			
1	ที่ปรึกษาที่รัฐต้องการส่งเสริมหรือสนับสนุน (มหาวิทยาลัย)	0.458	ไม่สอดคล้อง
2	บุคลากรของมหาวิทยาลัยของรัฐไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของบุคลากรทั้งหมด	-0.083	ไม่สอดคล้อง

จากตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและการตรวจสอบความสอดคล้องของเกณฑ์ปัจจัยนี้ พบว่าช่วยคัดกรองและคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสอดคล้องและสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกที่ปรึกษา ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและการตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัย จำนวน 24 คน ด้วยค่าความสอดคล้องของปัจจัย (IOC) จากแบบสอบถามเห็นด้วยกับคำถามเกณฑ์และปัจจัยที่ส่งผลต่อการ

ประเมินด้านเทคนิคจ้างที่ปรึกษา สรุปได้ว่า ปัจจัยที่หลักที่สอดคล้องมี 4 ปัจจัย ไม่สอดคล้องตัดออกไป 1 ปัจจัย (ปัจจัยหลักที่ 5) และปัจจัยรองที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มีจำนวน 13 ปัจจัย ส่วนข้อที่ไม่สอดคล้องตัดทิ้งไปจำนวน 4 ปัจจัย (ปัจจัยรองที่ 3 ในปัจจัยหลักที่ 1 ปัจจัยรองที่ 1 ในปัจจัยหลักที่ 4 และปัจจัยรองที่ 1 และ 2 ในปัจจัยหลักที่ 5) สรุปเกณฑ์ปัจจัยได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ

ปัจจัยหลัก (Criteria)	ปัจจัยรอง (Sub-Criteria)
1.ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา	1.มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา 2.จำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง
2.ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน	1.การแบ่งการดำเนินงานเป็นกลุ่มงานอย่างมีประสิทธิภาพ 2.โครงสร้างองค์กรของบุคลากรของที่ปรึกษา 3.หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรหลัก 4.แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรหลัก 5.แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรสนับสนุน 6.แผนปฏิบัติงานภาพรวมของโครงการ 7.แผนขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน
3.ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน	1.จำนวนบุคลากรตามที่กำหนด 2.ด้านประสบการณ์ของที่ปรึกษา 3.ด้านวุฒิการศึกษาซึ่งเป็นสาขาวิชาเดียวกันกับที่กำหนด
4.ด้านข้อเสนอทางการเงิน	1.ราคาที่เสนอ

2. ผลการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ

จะพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยเป็นรายคู่โดยใช้มาตราส่วนที่ถูกกำหนดโดย Saaty คำนวณน้ำหนักความสำคัญรวมของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยผู้เชี่ยวชาญ 24 คน และนำผลที่ได้มาหาความสำคัญของปัจจัยดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

ลำดับ	ปัจจัย	ลำดับความสำคัญ
ปัจจัยหลัก		
1	ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา	0.532
2	ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน	0.250
3	ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน	0.135
4	ด้านข้อเสนอทางการเงิน	0.083
ผลรวม		1.000
ปัจจัยรอง 1.ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา		
1	มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา	0.593
2	จำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง	0.407
ผลรวม		1.000

ลำดับ	ปัจจัย	ลำดับความสำคัญ
ปัจจัยรอง 2.ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน		
1	การแบ่งการดำเนินงานเป็นกลุ่มงานอย่างมีประสิทธิภาพ	0.223
2	โครงสร้างองค์กรของบุคลากรของที่ปรึกษา	0.135
3	หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรหลัก	0.199
4	แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรหลัก	0.164
5	แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรสนับสนุน	0.064
6	แผนปฏิบัติงานภาพรวมของโครงการ	0.126
7	แผนขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน	0.089
ผลรวม		1.000
ปัจจัยรอง 3.ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน		
1	จำนวนบุคลากรตามที่กำหนด	0.170
2	ด้านประสบการณ์ของที่ปรึกษา	0.523
3	ด้านวุฒิการศึกษาซึ่งเป็นสาขาวิชาเดียวกันกับที่กำหนด	0.307
ผลรวม		1.000
ปัจจัยรอง 4.ด้านข้อเสนอทางการเงิน		
1	ราคาที่เสนอ	1.000
ผลรวม		1.000

จากตารางจะเห็นว่าปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุดคือ ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา (53.2%) มากที่สุด ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน (25%) จำนวนบุคลากร (13.5%) มีความสำคัญรองลงมาตามลำดับ และด้านข้อเสนอทางการเงิน (8.3%) สำคัญน้อยที่สุด ส่วนปัจจัยรองมีค่าน้ำหนักความสำคัญแตกต่างกันไปภายใต้แต่ละปัจจัยหลัก

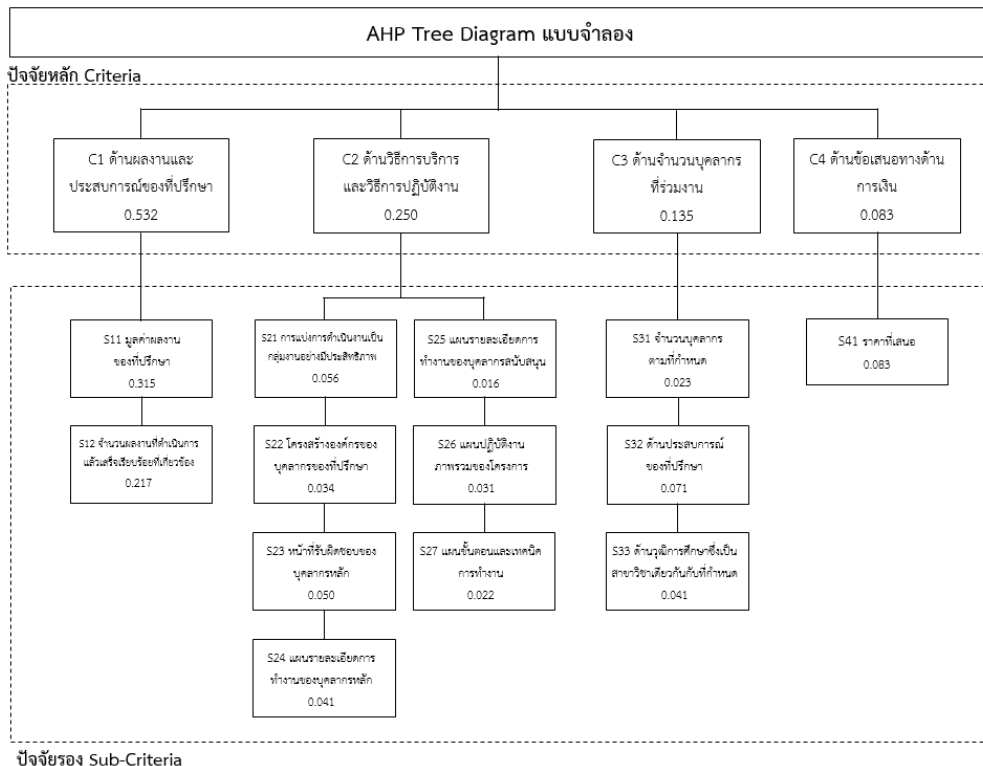
3. ผลการวิเคราะห์แบบจำลองในการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ ด้วยวิธีการคำนวณการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

นำค่าน้ำหนักปัจจัยรองทั้งหมด 13 ปัจจัยไปคูณกับค่าน้ำหนักปัจจัยหลักเพื่อปรับค่าน้ำหนักปัจจัยรองให้สอดคล้องกับปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย จะได้ค่าน้ำหนักความสำคัญรวมของปัจจัยหลักและปัจจัยรองตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คำนำน้หนักความสำคัญรวมของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

คำนำน้หนักความสำคัญจากแบบจำลอง			
ปัจจัยหลัก (Criteria)	คำนำน้หนัก	ปัจจัยรอง (Sub-Criteria)	คำนำน้หนัก
1. ด้านผลงานและประสิทธิภาพของที่ปรึกษา	0.532	1. มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา	0.315
		2. จำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง	0.217
2.ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน	0.250	1. การแบ่งการดำเนินงานเป็นกลุ่มงานอย่างมีประสิทธิภาพ	0.056
		2. โครงสร้างองค์กรของบุคลากรของที่ปรึกษา	0.034
		3. หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรหลัก	0.050
		4. แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรหลัก	0.041
		5. แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรสนับสนุน	0.016
		6. แผนปฏิบัติงานภาพรวมของโครงการ	0.031
		7. แผนขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน	0.022
3.ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน	0.135	1. จำนวนบุคลากรตามที่กำหนด	0.023
4.ด้านข้อเสนอทางการเงิน	0.135	2. ด้านประสิทธิภาพของที่ปรึกษา	0.071
	0.083	3. ด้านวุฒิการศึกษาซึ่งเป็นสาขาวิชาเดียวกันกับที่กำหนด	0.041
		1. ราคาที่เสนอ	0.083
ผลรวมปัจจัยหลัก	1.000	ผลรวมปัจจัยรอง	1.000

จากตารางจะเห็นว่าปัจจัยรองที่มีค่าน้ำหนักสูงที่สุดคือ มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา (0.315) ตามด้วยจำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง (0.217) และปัจจัยรองอื่น ๆ มีค่าน้ำหนักความสำคัญรองลงไปตามลำดับ และมีค่าน้ำหนักน้อยค่อนข้างต่ำสอดคล้องกับปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย



ภาพที่ 1 โมเดล AHP Tree Diagram แบบจำลอง

ภาพที่ 1 เป็นแบบจำลอง AHP Tree Diagram ซึ่งแสดงโครงสร้างการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและปัจจัยรองที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบ AHP (Analytic Hierarchy Process) โดยปัจจัยหลัก ที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกบริษัทที่ปรึกษาอยู่ด้านบนสุด (C1-C4) ส่วนปัจจัยรองอยู่ถัดลงมาด้านล่าง (S11-S41) ซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อยของแต่ละปัจจัยหลัก และมีค่าน้ำหนักที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามลำดับ

4. ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

นำค่าปัจจัยหลักและปัจจัยรองให้ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสียตอบแบบสอบถามค่าความสำคัญตามมาตราวัดของลิเคิร์ต (Likert) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสียจำนวน 70 คน พบว่า ผลการประเมินจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ระบุว่า ปัจจัยด้านผลงานและประสบการณ์ ด้านวิธีการบริการและการ ปฏิบัติงาน และด้านจำนวนบุคลากร เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในระดับมากที่สุดในการพิจารณาคัดเลือกที่ปรึกษา ส่วนด้านข้อเสนอทางการเงิน มีความสำคัญมาก โดยแสดงค่าความ สำคัญตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คำนวณน้ำหนักความสำคัญรวมของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

ลำดับ	รายการความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสำคัญ
ปัจจัยหลัก 1. ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา		4.729	0.448	มากที่สุด
1	มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา	4.529	0.583	มากที่สุด
2	จำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง	4.586	0.551	มากที่สุด
ปัจจัยหลัก 2. ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน		4.743	0.502	มากที่สุด
1	การแบ่งการดำเนินงานเป็นกลุ่มงานอย่างมีประสิทธิภาพ	4.500	0.584	มากที่สุด
2	โครงสร้างองค์กรของบุคลากรของที่ปรึกษา	4.471	0.557	มากที่สุด
3	หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรหลัก	4.686	0.526	มากที่สุด
4	แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรหลัก	4.743	0.440	มากที่สุด
5	แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรสนับสนุน	4.157	0.694	มาก
6	แผนปฏิบัติงานภาพรวมของโครงการ	4.714	0.486	มากที่สุด
7	แผนขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน	4.657	0.535	มากที่สุด
ปัจจัยหลัก 3. ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน		4.529	0.583	มากที่สุด
1	จำนวนบุคลากรตามที่กำหนด	4.271	0.658	มากที่สุด
2	ด้านประสบการณ์ของที่ปรึกษา	4.657	0.562	มากที่สุด
3	ด้านวุฒิการศึกษาซึ่งเป็นสาขาวิชาเดียวกันกับที่กำหนด	4.543	0.582	มากที่สุด
ปัจจัยหลัก 4. ด้านข้อเสนอทางการเงิน		4.200	0.604	มาก
1	ราคาที่เสนอ	4.186	0.621	มาก

สรุปและอภิปรายผล

ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลที่ได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่กำหนดไว้ ดังนี้

1. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการประเมินการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ

จากการพิจารณาค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 เพื่อให้กำหนดปัจจัยจากการศึกษาที่เกี่ยวข้อง แบบสอบถามถูกใช้เพื่อสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีบทบาทในกระบวนการคัดเลือกที่ปรึกษาโดยตรง ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ของปัจจัย พบว่า ปัจจัยหลักที่สอดคล้องมี 4 ปัจจัย ไม่สอดคล้องตัดออกไป 1 ปัจจัย และปัจจัยรองที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มีจำนวน 13 ปัจจัย ส่วนข้อที่ไม่สอดคล้องตัดทิ้งไปจำนวน 4

ปัจจัย ทำให้ได้ปัจจัยที่สอดคล้อง ประกอบไปด้วย ปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย ได้แก่ 1) ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษา 2) ด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน 3) ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน และ 4) ด้านข้อเสนอทางการเงิน และ ปัจจัยรอง 13 ปัจจัย ได้แก่ 1) มูลค่าผลงานของที่ปรึกษา 2) จำนวนผลงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จเรียบร้อยที่เกี่ยวข้อง 3) การแบ่งการดำเนินงานเป็นกลุ่มงานอย่างมีประสิทธิภาพ 4) โครงสร้างองค์กรของบุคลากรของที่ปรึกษา 5) หน้าที่รับผิดชอบของบุคลากรหลัก 6) แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรหลัก 7) แผนรายละเอียดการทำงานของบุคลากรสนับสนุน 8) แผนปฏิบัติงานภาพรวมของโครงการ 9) แผนขั้นตอนและเทคนิคการทำงาน 10) จำนวนบุคลากรตามที่กำหนด 11) ด้านประสบการณ์ของที่ปรึกษา 12) ด้านวุฒิการศึกษาซึ่งเป็นสาขาวิชาเดียวกันกับที่กำหนด และ 13) ราคาที่เสนอ

2. ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ

พิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยเป็นรายคู่โดยใช้มาตราส่วนที่ถูกกำหนดโดย Saaty ค่าน้ำหนักความสำคัญรวมของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยผู้เชี่ยวชาญ และนำผลที่ได้มาหาความสำคัญของปัจจัย พบว่าค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษาด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน และด้านข้อเสนอทางการเงิน มีค่าเท่ากับ 0.532, 0.250, 0.135 และ 0.083 ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับปัจจัยหลักด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษามากที่สุดในการคัดเลือกที่ปรึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [7] [8] [9] ที่พบว่า ปัจจัยด้านผลงานและประสบการณ์มีผลสำคัญในการตัดสินใจคัดเลือกที่ปรึกษาภาครัฐ ส่วนปัจจัยรองมีค่าน้ำหนักความสำคัญแตกต่างกันไปภายใต้แต่ละปัจจัยหลัก

3. แบบจำลองในการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและวิเคราะห์โครงการภาครัฐ ด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

การพัฒนาแบบจำลองในการประเมินของการคัดเลือกที่ปรึกษา ใช้วิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) มาใช้สร้างแบบจำลองในการประเมินของการคัดเลือกที่ปรึกษา โดยจากการทำแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 24 คน เพื่อหาลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง และนำมาคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยกำหนดเป็นแบบจำลอง พบว่า ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก ด้านผลงานและประสบการณ์ของที่ปรึกษามีความสำคัญมากที่สุด (ค่าน้ำหนัก 0.532)

รองลงมาด้านวิธีการบริการและวิธีการปฏิบัติงาน (ค่าน้ำหนัก 0.250) ด้านจำนวนบุคลากรที่ร่วมงาน (ค่าน้ำหนัก 0.135) และด้านข้อเสนอทางการเงิน (ค่าน้ำหนัก 0.083) ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการตอบแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ของผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสีย จำนวน 70 คน พบว่า ผลการประเมินจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ระบุว่า ปัจจัยด้านผลงานและประสบการณ์ ด้านวิธีการบริการและการ ปฏิบัติงาน และด้านจำนวนบุคลากร เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในระดับมากที่สุดในการพิจารณาคัดเลือกที่ปรึกษา ส่วนด้านข้อเสนอทางการเงิน มีความสำคัญมาก สรุปได้ว่าแบบจำลองในการประเมินด้านเทคนิคการคัดเลือกที่ปรึกษา มีความสอดคล้องกับแบบสอบถามแบบมาตราส่วนไปทิศทางเดียวกัน โดยปัจจัยหลักที่มีความสำคัญมากที่สุดมีค่าน้ำหนักรวมกันมากถึง 0.92 จากแบบจำลองในการประเมินด้านเทคนิคของการคัดเลือกที่ปรึกษาทำให้กำหนดค่าน้ำหนักได้อย่างชัดเจน สามารถประเมินให้คะแนนในแต่ละปัจจัยได้อย่างถูกต้อง โดยเปลี่ยนการให้คะแนนตามความพึงพอใจของบุคคลมาเป็นแบบวัดค่าได้ชัดเจน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการของภาครัฐได้ต่อไปในอนาคต และหากนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้งานจริงจะต้องพิจารณาเงื่อนไขเพิ่มเติม เช่น ข้อจำกัดด้านข้อมูลของผู้เสนอราคา ความโปร่งใสของการให้คะแนนจากคณะกรรมการพิจารณาผล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ควรกำหนดให้หน่วยงานภาครัฐ เช่น กรุงเทพมหานคร กรมทางหลวง กรมชลประทาน หรือสำนักงานจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ นำแบบจำลองการประเมินด้านเทคนิคที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ โดยบูรณาการกับเกณฑ์ตามมาตรา 70 แห่ง พ.ร.บ. การจัดซื้อ

จัดจ้างฯ เพื่อให้สะท้อนความซับซ้อนของโครงการอย่างเหมาะสมและแม่นยำ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย ควรมีการนำแบบจำลองไปทดลองใช้จริงในกระบวนการคัดเลือกที่ปรึกษา พร้อมเปรียบเทียบกับวิธีเดิมเพื่อประเมินความแม่นยำ ความโปร่งใส และความเหมาะสมในการใช้งานจริงในอนาคต

References

- [1] The Office of the Council of State, *Public Procurement and Supplies Administration Act, B.E. 2560 (2017)*. Bangkok, Thailand: Government Gazette, 2017.
- [2] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1980.
- [3] T. L. Saaty, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, 2nd ed. Pittsburgh, PA, USA: RWS Publications, 2000.
- [4] W. Tansirikongkorn, *AHP Advanced Decision Making for Organizational Advancement*. Bangkok, Thailand: Amarin Printing & Publishing, 2014.
- [5] N. Dalkey and O. Helmer, “An experimental application of the Delphi method to the use of experts,” *Management Science*, vol. 9, no. 3, pp. 458–467, 1963.
- [6] A. Jitaree, “Problems and solutions in project delay of large-scale condominium buildings,” M.Eng. thesis, Rangsit Univ., Pathum Thani, Thailand, 2022.
- [7] S. Pratummet, “Factors affecting selection of the main contractor for offshore construction projects in Thailand,” M.Eng. thesis, Suranaree Univ. of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2013. [Online]. Available: <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/4261>
- [8] B. Janthaban, “Proper characteristics of contractors for bridge and highway construction projects of the Department of Highways,” M.Eng. thesis, Suranaree Univ. of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2013. [Online]. Available: <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5284>
- [9] P. Dechakhum, “Criteria for selection of contractors for construction work on the industrial estate in Chonburi,” *Sripatum Chonburi Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 192–201, 2017.
- [10] W. Chomphukhiao and A. Jaiyong, “Contractor selection process for wellhead platform construction,” in *Proc. 25th National Convention on Civil Engineering (NCCE 25)*, Chonburi, Thailand, Jul. 15–17, 2020, pp. 500–509.
- [11] R. V. Krejcie and D. W. Morgan, “Determining sample size for research activities,” *Educational and Psychological Measurement*, vol. 30, no. 3, pp. 607–610, 1970.
- [12] R. Likert, “A technique for the measurement of attitudes,” *Archives of Psychology*, vol. 140, pp. 1–55, 1932.

การศึกษาความพร้อมในการป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัย

ชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

สุภัทสร ฉิมเจ็ด¹, อรัญ ขวัญปาน², รุจิพรรณ แผงจันดา³, ธรรมรักษ์ ศรีมารุต^{4*}

และอารุญ เกตุสาคร⁵

^{1,2,3,4}คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

⁵คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

Email: thammarak.sr@ssru.ac.th⁴

Received: Jul 05, 2025

Revised: Aug 20, 2025

Accepted: Aug 20, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินระดับความพร้อมของประชาชนชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมารามในการป้องกันอัคคีภัย 2) ศึกษาความรู้เกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัยของประชาชน 3) เปรียบเทียบระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยก่อนและหลังการเข้ารับการฝึกอบรมการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชน โดยการจัดฝึกอบรมการป้องกันและระงับอัคคีภัยในชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือประชาชนในชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถามด้านความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัย และแบบทดสอบระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนในชุมชน สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Paired t-test และร้อยละ

ผลการศึกษาพบว่า การประเมินการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ภาพรวมของการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมารามมีความพร้อมอยู่ในระดับค่อนข้างมากเมื่อพิจารณาจากทั้ง 5 ด้านแล้วด้านที่มีความพร้อมมากที่สุดคือด้านการจัดระบบปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 (S.D. = 0.47) ระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนก่อนการเข้าร่วมฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 (S.D. = 0.77) และหลังการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 (S.D. = 0.69) เมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ก่อนและหลังอบรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนหลังการฝึกอบรมมีระดับความรู้ที่เพิ่มจากระดับต่ำไประดับสูง

คำสำคัญ: อัคคีภัย, การป้องกัน, เหตุฉุกเฉิน

Assessment of Readiness for Fire Prevention and Emergency Management Wat Sawadswaree Simaram Community, Dusit District, Bangkok.

Suphatsorn Chimcherd¹, Aran kwanpan², Rujipun Phangchandha³,
Thammarak Srimarut^{4*} and Arroon Ketsakorn⁵

^{1,2,3,4}Faculty of Engineering and Industrial Technology, Suan sunandha Rajabhat University

⁵Faculty of Public Health, Thammasat University Rangsit Center, Pathum Thani

Email: thammarak.sr@ssru.ac.th⁴

Received: Jul 05, 2025

Revised: Aug 20, 2025

Accepted: Aug 20, 2025

Abstract

This quasi-experimental study aimed to (1) assess the level of fire prevention preparedness among residents of the Wat Sawat Waree Si Maram community, (2) examine their knowledge of fire prevention, and (3) compare the levels of fire prevention and suppression knowledge before and after participating in a fire prevention and suppression training program. The sample consisted of 50 community residents. Research instruments included a preparedness assessment questionnaire and a knowledge test on fire prevention and suppression. Data were analyzed using mean, standard deviation, paired t-test, and percentage.

The study found that the assessment of fire prevention and suppression preparedness in the Wat Sawatwaree Seemaram community was categorized into five aspects. Overall, the community's preparedness was at a relatively high level. Among the five aspects, the most well-prepared was the operational system management, with a mean score of 3.60 (S.D. = 0.47). The average level of public knowledge regarding fire prevention and suppression before participating in the training was 6.00 (S.D. = 0.77), and after the training, the average increased to 9.00 (S.D. = 0.69). A comparison of pre- and post-training knowledge levels revealed a statistically significant difference at the 0.05 level. The findings indicate that the public's knowledge improved from a low to a high level following the training.

Keywords: Fire, Prevention, Emergency

บทนำ

อัคคีภัยเป็นภัยที่เกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง และก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน การสูญเสียชีวิต และระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยจำนวนมาก จากสถิติรายงานการเกิดอัคคีภัยของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่เกิดอัคคีภัยภายในกรุงเทพมหานครจำนวน 50 เขต 130 แขวง 130 ชุมชน เป็นเหตุที่เกิดขึ้นภายในที่อยู่อาศัย จำนวน 4,171 หลัง [1] สาเหตุหลักของการเกิดอัคคีภัยส่วนใหญ่มาจากความประมาทในการใช้ไฟฟ้า อาทิเช่น ไฟฟ้าลัดวงจร การเกิดประกายไฟจากการประกอบอาหาร และการก่อไฟโดยไม่ระมัดระวัง เป็นต้น ซึ่งสถานที่เกิดเหตุอัคคีภัยมักเป็นที่อยู่อาศัยและชุมชนที่มีความหนาแน่นของครัวเรือนหรือมีความแออัดของประชาชน อาคารขนาดใหญ่ อาคารสูง โรงงาน อุตสาหกรรม ห้างสรรพสินค้า และสถานบันเทิง เป็นต้น [2, 3]

การเกิดอัคคีภัยในชุมชนจากหลายเหตุการณ์ที่ผ่านมา แสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อกระดำเนินชีวิตที่เป็นปกติของชุมชนหรือสังคม รวมถึงส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและการสูญเสียชีวิตจำนวนมาก [4] ซึ่งการเกิดอัคคีภัยสามารถเกิดขึ้นได้จากธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ความรุนแรงที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดความเสียหายมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของอัคคีภัย ความอ่อนไหวทางกายภาพและสังคมของชุมชนในพื้นที่ ความสามารถในการรับรู้ความเข้าใจและการเลือกวิธีการในการตอบสนองต่อสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถป้องกันหรือลดความเสียหายของทรัพย์สินและการสูญเสียชีวิตที่อาจจะเกิดขึ้นให้น้อยที่สุด [5] ชุมชนวัดสวัสดีวารีสีมาราม ตั้งอยู่ในเขตดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นชุมชนเขตเมืองที่มีความหนาแน่นของประชาชนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ชุมชนวัดสวัสดีฯ เคยประสบเหตุการณ์อัคคีภัยขึ้น ในปี

พ.ศ. 2550 สาเหตุเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรภายในบ้านเรือน ทำให้ไฟไหม้บ้านเรือนไปทั้งสิ้น 10 หลัง และสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินให้กับชุมชนเป็นอย่างมาก เนื่องจากลักษณะของชุมชนมีความแออัด ส่วนใหญ่เป็นบ้านไม้ปลูกติดกันจำนวนมากหลายหลัง ประกอบกับประชาชนที่อยู่ภายในพื้นที่ขาดความตระหนักในการป้องกันระงับอัคคีภัย จึงไม่สามารถที่จะลดความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากอัคคีภัยในครั้งดังกล่าวได้ [6]

จากเหตุการณ์ข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการเตรียมความพร้อมเพื่อป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัยที่อาจเกิดขึ้น โดยการจัดให้มีการฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย การฝึกซ้อมแผนการระงับอัคคีภัย เพื่อให้ประชาชนที่อยู่ภายในชุมชนได้มีความรู้ความเข้าใจและเกิดความตระหนักถึงอันตรายที่เกิดจากอัคคีภัย ตลอดจนสามารถตอบโต้กับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินระดับความพร้อมของประชาชนชุมชนวัดสวัสดีวารีสีมารามในการป้องกันอัคคีภัย
2. เพื่อศึกษาความรู้เกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัยของประชาชน
3. เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัย ก่อนและหลังการเข้ารับการฝึกอบรมของประชาชน

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ ประชากรที่อยู่ในชุมชนวัดสวัสดีวารีสีมาราม แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร จำนวน 598 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มแบบไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) จำนวน 50 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แบบสอบถาม (Questionnaires)

เป็นแบบสอบถามปลายปิด (Close ended Question) แบบตรวจสอบรายการ (Check List) และแบบปลายเปิด (Open-ended Question) สำหรับข้อเสนอแนะข้อคิดเห็น เพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ระยะเวลาที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายปิด

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามการประเมินความพร้อมในการป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัยของประชาชนในชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร โดยแบ่งเป็นด้านต่าง ๆ 5 ด้าน [7]

1) ด้านการเตรียมคน อุปกรณ์ และเครื่องมือ เครื่องใช้

2) ด้านการจัดระบบปฏิบัติการ

3) ด้านการฝึกอบรม

4) ด้านการจัดทำผังเมือง

5) ด้านการสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย

โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นมาตรฐานประเมินค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายเปิด

2.2 แบบทดสอบความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัย เพื่อทดสอบระดับความรู้ของประชาชนก่อนและหลังที่ได้รับการฝึกอบรม จำนวน 10 ข้อ เป็นข้อคำถามให้เลือกตอบ ใช่/ไม่ใช่ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคะแนน

ตอบถูก ให้คะแนน 1 คะแนน

ตอบผิด ให้คะแนน 0 คะแนน

เกณฑ์การแปลค่าคะแนนความรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การแปลค่าคะแนนความรู้

คะแนน	ระดับความรู้
ต่ำกว่าร้อยละ 60	ต่ำ
ร้อยละ 60 – 79	ปานกลาง
ร้อยละ 80 ขึ้นไป	สูง

2.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยหาค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)

2.3.2 การวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อการประเมินความพร้อมในการป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัยของประชาชนในชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1.00 – 2.00 หมายถึง น้อย

2.01 – 3.00 หมายถึง ปานกลาง

3.01 – 4.00 หมายถึง ค่อนข้างมาก

4.01 – 5.00 หมายถึง มาก

2.3.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของความรู้ความเข้าใจในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมด้วย

สถิติเชิงอนุมาน Paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. การประเมินความพร้อมในการป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัย จากทัศนคติความคิดเห็นของประชาชนในชุมชนวัดสวัสดีวารัสมิราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ด้านเพศกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 54 อายุ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 31 – 45 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 36 ด้านการศึกษาส่วนใหญ่มีระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26 ระยะเวลาที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่อยู่ในระยะ 16 ปีขึ้นไป จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 68 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนความถี่และร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจำแนกตาม เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ระยะเวลาที่อยู่อาศัย

(n = 50)		
ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	23	46
หญิง	27	54
2. อายุ		
น้อยกว่า 18 ปี	4	8
18 – 30 ปี	8	16
31 – 45 ปี	18	36
46 – 60 ปี	11	22
60 ปี ขึ้นไป	9	18

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
3. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	8	16
มัธยมศึกษาตอนต้น	13	26
มัธยมศึกษาตอนปลาย	10	20
ปวส.	12	24
ปริญญาตรี	7	14
4. ระยะเวลาที่อยู่อาศัย		
น้อยกว่า 5 ปี	0	0
5 – 10 ปี	4	8
11 – 16 ปี	12	24
16 ปี ขึ้นไป	34	68

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อการประเมินการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของชุมชนวัดสวัสดีวารัสมิราม โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ดังตารางที่ 3 ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านการเตรียมคน อุปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้ พบว่า ชุมชนมีการจัดตั้งหน่วยอาสาสมัครป้องกันและระงับอัคคีภัย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 (S.D. = 0.48) ระดับค่อนข้างมาก

ด้านที่ 2 ด้านการจัดระบบปฏิบัติการ พบว่า ชุมชนมีการดำเนินการใช้การส่งวิทยุกระจายเสียงเพื่อสนับสนุนการป้องกันและระงับอัคคีภัย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 (S.D. = 0.44) ระดับค่อนข้างมาก

ด้านที่ 3 ด้านการฝึกอบรมประชาชนภายในชุมชน พบว่า ชุมชนมีการเผยแพร่ความรู้โดยการประชาสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D. = 0.46) ระดับค่อนข้างมาก

ด้านที่ 4 ด้านการจัดทำผังเมือง พบว่า ชุมชนมีการศึกษาผลกระทบความรุนแรงจากอัคคีภัย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 (S.D. = 0.48) ระดับค่อนข้างมาก

ด้านที่ 5 ด้านการสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย พบว่า ต่อพื้นที่ใกล้เคียง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 (S.D. = 0.46) ระดับค่อนข้างมาก

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการประเมินการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม

(n = 50)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
ด้านการเตรียมคน อุปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้			
1. ชุมชนมีการแต่งตั้งบุคคลที่รับผิดชอบป้องกันอัคคีภัยครบถ้วนทุกหน้าที่	3.50	0.50	ค่อนข้างมาก
2. บุคคลที่ได้รับการแต่งตั้งปฏิบัติหน้าที่และขั้นตอนต่าง ๆ อย่างชัดเจน	3.54	0.49	ค่อนข้างมาก
3. ชุมชนมีการจัดตั้งหน่วยอาสาสมัครป้องกันและระงับอัคคีภัย	3.62	0.48	ค่อนข้างมาก
4. ชุมชนมีงบประมาณในการสนับสนุนการป้องกันและระงับอัคคีภัย	3.52	0.49	ค่อนข้างมาก
5. ชุมชนสำรวจและจัดทำบัญชีวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้	3.40	0.489	ค่อนข้างมาก
รวม	3.52	0.49	ค่อนข้างมาก
ด้านการจัดระบบปฏิบัติการ			
1. ชุมชนจัดทำแผนการปฏิบัติการป้องกันและระงับอัคคีภัย	3.34	0.47	ค่อนข้างมาก
2. ชุมชนมีการซักซ้อมการปฏิบัติตามแผนป้องกันอัคคีภัย ตั้งแต่ยากปกติ เพื่อให้มีความพร้อมเมื่อเกิดเพลิงไหม้	3.56	0.49	ค่อนข้างมาก
3. ชุมชนมีการดำเนินการใช้การส่งวิทยุกระจายเสียง เพื่อสนับสนุนการป้องกันและระงับอัคคีภัย	3.72	0.44	ค่อนข้างมาก
4. ชุมชนกำหนดมาตรการรักษาความปลอดภัย ความสงบเรียบร้อย รวมทั้งการควบคุมการจราจร และการสัญจรภายในพื้นที่	3.66	0.47	ค่อนข้างมาก
5. ชุมชนมีการช่วยเหลือบรรเทาทุกข์ และสงเคราะห์ผู้ประสบภัย อย่างเพียงพอ และเหมาะสมกับสถานการณ์	3.70	0.45	ค่อนข้างมาก
รวม	3.60	0.47	ค่อนข้างมาก
ด้านการฝึกอบรมประชาชนภายในชุมชน			
1. ชุมชนมีการเผยแพร่ความรู้โดยการประชาสัมพันธ์	3.68	0.46	ค่อนข้างมาก
2. ชุมชนให้การอบรมเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย	3.52	0.49	ค่อนข้างมาก
3. ชุมชนจัดกิจกรรมเชิงสาธิตในเรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัย	3.48	0.49	ค่อนข้างมาก
4. ชุมชนส่งเสริมให้องค์กรภาคเอกชน หรือหน่วยงานรัฐบาลมีส่วนร่วมในการป้องกันอัคคีภัย	3.64	0.48	ค่อนข้างมาก
5. ชุมชนทดสอบความพร้อมในระบบการป้องกันอัคคีภัย ตามสถานการณ์สมมุติที่เหมาะสม	3.46	0.49	ค่อนข้างมาก
รวม	3.56	0.48	ค่อนข้างมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
ด้านการจัดทำผังเมือง			
1. ชุมชนจัดทำฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในชุมชน	3.58	0.49	ค่อนข้างมาก
2. ชุมชนมีการศึกษาผลกระทบความรุนแรงจากอัคคีภัย	3.62	0.48	ค่อนข้างมาก
3. ชุมชนมีการกำหนดความเร่งด่วนของพื้นที่วิกฤตที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย	3.44	0.49	ค่อนข้างมาก
รวม	3.55	0.49	ค่อนข้างมาก
ด้านการสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย			
1. ชุมชนจัดทำแบบข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอัคคีภัย	3.60	0.48	ค่อนข้างมาก
2. ชุมชนสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบพื้นฐานของความ เสี่ยงอัคคีภัย	3.40	0.48	ค่อนข้างมาก
3. ชุมชนจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงอัคคีภัย พร้อมระบุเส้นทางอพยพ และเข้าช่วยเหลือ	3.56	0.49	ค่อนข้างมาก
4. ชุมชนวิเคราะห์ผลกระทบในภาพรวมที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ ใกล้เคียง	3.68	0.46	ค่อนข้างมาก
5. ชุมชนมีการตรวจสอบซ้ำเป็นประจำทุกปี	3.48	0.49	ค่อนข้างมาก
รวม	3.54	0.48	ค่อนข้างมาก
ค่าเฉลี่ยรวม 5 ด้าน	3.66	0.46	ค่อนข้างมาก

2. ระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนในชุมชนวัดสวัสดีวารีสีมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร พบว่า ระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยก่อนและหลังการเข้าร่วมฝึกอบรมของประชาชนในชุมชนวัดสวัสดีวารีสีมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร พบว่าระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยหลังจากเข้าร่วมฝึกอบรมมีระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยที่เพิ่มมากขึ้น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยก่อน-หลังการฝึกอบรมของประชาชนในชุมชนวัดสวัสด์วารีสัมมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

(n = 50)

ข้อคำถาม	คะแนนก่อน (ร้อยละ)	คะแนนหลัง (ร้อยละ)
1. การวางสายไฟฟ้าผ่านบริเวณที่มีน้ำสามารถทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรและเกิดเพลิงไหม้ได้ ใช่หรือไม่	42 (84)	49 (98)
2. ควั่นไฟเป็นอันตรายต่อร่างกายน้อยกว่าปลิวไฟ จึงสามารถสูดดมได้โดยไม่ต้องเป็นอันตรายใช่หรือไม่	38 (76)	50 (100)
3. การใช้เตาแก๊สที่มีรอยรั่วหรือชำรุดอาจก่อให้เกิดอัคคีภัยได้ ใช่หรือไม่	40 (80)	48 (96)
4. บ้านเรือนที่มีสายไฟเก่าและต่อพ่วงกันมากเกินไป มีความเสี่ยงเกิดไฟไหม้สูง ใช่หรือไม่	39 (78)	47 (94)
5. หากเกิดไฟไหม้จากน้ำมันในกระทะ ควรใช้ผ้าชุบน้ำคลุมเพื่อดับไฟ ใช่หรือไม่	37 (74)	50 (100)
6. ถังดับเพลิงทุกชนิดสามารถใช้ดับไฟได้ทุกประเภทใช่หรือไม่	36 (72)	50 (100)
7. ควรติดตั้งถังดับเพลิงในบ้านและเรียนรู้วิธีใช้อย่างถูกต้องเพื่อเตรียมรับมือกับเหตุการณ์ไฟไหม้ใช่หรือไม่	42 (84)	49 (98)
8. น้ำสามารถใช้ดับไฟได้ทุกประเภท รวมถึงไฟที่เกิดจากไฟฟ้าและน้ำมัน ใช่หรือไม่	46 (92)	48 (96)
9. การเก็บเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน หรือแก๊สในที่ร้อนและอับอากาศอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ใช่หรือไม่	45 (90)	47 (94)
10. การซ่อมหมัฟไฟเป็นเรื่องไม่จำเป็น เพราะโอกาสเกิดไฟไหม้มีน้อยมากใช่หรือไม่	39 (78)	48 (96)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยก่อน-หลังการฝึกอบรมของประชาชนในชุมชนวัดสวัสด์วารีสัมมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

ระดับความรู้	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	แปลผล	t	Sig
ก่อน	6.00	0.76	ระดับต่ำ	-23.47	0.00*
หลัง	9.00	0.68	ระดับสูง		

* p – value < 0.05

จากตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนในชุมชนวัดสวัสด์วารีสัมมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร พบว่าก่อนและหลังการเข้าร่วมฝึกอบรมการ

ป้องกันและระงับอัคคีภัย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปและอภิปรายผล

1. การประเมินความพร้อมในการป้องกันและรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินต่ออัคคีภัย จากการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 54 มีอายุอยู่ในช่วง 31 – 45 ปี ร้อยละ 36 การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 26 และระยะเวลาที่อยู่อาศัยภายในชุมชนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 16 ปีขึ้นไป ร้อยละ 68

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อการประเมินการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของชุมชนวัดสวัสด์วารีสัมมาราม โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านการเตรียมคน อุปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้ 2) ด้านการจัดระบบปฏิบัติการ 3) ด้านการฝึกอบรมประชาชนภายในชุมชน 4) ด้านการจัดทำผังเมือง และ 5) ด้านการสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย พบว่าภาพรวมของการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของชุมชนวัดสวัสด์วารีสัมมารามมีความพร้อมอยู่ในระดับค่อนข้างมากเมื่อพิจารณาจากทั้ง 5 ด้านแล้วด้านที่มีความพร้อมมากที่สุดคือด้านการจัดระบบปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 มีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ ณ.พงษ์สุขสงวน [8] ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษากระบวนการป้องกันและระงับอัคคีภัยขององค์กรธุรกิจในประเทศไทย พบว่า ความต้องการต่อระบบวิศวกรรมการป้องกันและระงับอัคคีภัยขององค์กรธุรกิจในประเทศไทยโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยในระดับมาก มีรายละเอียดแต่ละด้านดังนี้ ลำดับที่ 1 คือด้านระเบียบ ข้อกำหนด หรือกฎหมาย ลำดับที่ 2 คือ ด้านบริบทขององค์กร ลำดับที่ 3 คือ ด้านอุปกรณ์ป้องกัน และระงับอัคคีภัย ลำดับที่ 4 คือ ด้านการจัดการสภาพแวดล้อมเบื้องต้น ลำดับที่ 5 คือ ด้านการจัดการภายใต้สภาวะวิกฤติ และลำดับที่ 6 คือ ด้านระบบ

การจัดการป้องกัน คະแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 5 ด้าน มีค่าเท่ากับ 3.54 (S.D.= 0.48)

3. การเปรียบเทียบระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนในชุมชนวัดสวัสด์วารีสัมมาราม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ก่อนและหลังการฝึกอบรมให้ความรู้ พบว่าระดับความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนก่อนการเข้าร่วมฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00 (S.D. = 0.77) และหลังการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 (S.D. = 0.69) เมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความรู้ในการป้องกันและระงับอัคคีภัยของประชาชนหลังการฝึกอบรมมีระดับความรู้ที่เพิ่มจากระดับต่ำไประดับสูง สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ ธิติมา ณ สงขลา[9] ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องการจัดกิจกรรมส่งเสริมความปลอดภัยต่อการเพิ่มความรู้ ทักษะและพฤติกรรม การจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัย ในกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน ของสถานศึกษาในตำบลป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง จากการวิจัยพบว่า ระดับความรู้ ทักษะและการจัดการความปลอดภัยจากอัคคีภัยในกลุ่มบุคลากรภาพรวมอยู่ในระดับดี และหลังจากจัดกิจกรรมอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมส่งเสริมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ประเด็นที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจน ได้แก่ การจัดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในพื้นที่อาคารเรียน พื้นที่ทั่วไปในโรงเรียน การตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานของถังดับเพลิง เบื้องต้น การแจ้งเหตุฉุกเฉิน การดับเพลิงที่ถูกต้อง การช่วยเหลือผู้ประสบภัยและการจัดทำแผนฉุกเฉิน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย, ผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย, คุณนัยนา ยลจอหอ ประธานชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยประสานงานและให้ทางผู้วิจัยเข้าไปดำเนินกิจกรรมการจัดฝึกอบรม และขอขอบคุณประชาชนชุมชนวัดสวัสดิ์วารีสีมาราม ที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมฝึกอบรมและให้ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้

References

- [1] Public Disaster Data Center, “Fire Statistics 2023: Data as of February 6, 2024,” Feb. 6, 2024. [Online]. Available: <https://datacenter.datacenter/cms/8528?id=108638>. [Accessed: Jan. 15, 2025].
- [2] Northern Regional Geo-Informatics and Space Technology Center, *Final Report: Fire Risk Assessment in Municipal Areas of Northeastern Thailand Using GIS (Khon Kaen, Nakhon Ratchasima, and Udon Thani)*, Chiang Mai University, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, 2013. [Online]. Available: <https://backofficeminisite.disaster.go.th/upload/filecenter/193/files>. [Accessed: Jan. 15, 2025].
- [3] T. Samee and T. Tantrakoon, “Fire Risk Management in Urban Slum Areas,” *Journal of Educational Innovation and Research*, vol. 8, no. 2, pp. 580–591, Apr.–Jun. 2024.
- [4] C. Nilphai, C. Pattama, P. Chanaporn, A. Poldongnok, and A. Damchuai, “Risk Assessment and Readiness for Fire Prevention and Suppression Among Residents of Bang Saikai Community, Thonburi District, Bangkok,” *Journal of Industrial Technology: Suan Sunandha Rajabhat University*, vol. 12, no. 1, pp. 12–20, Jan.–Jun. 2024.
- [5] C. Yokphonchanchai, Y. Paengprakone, and J. Duangsri, “Factors Related to Fire Prevention Safety Behavior in Households: A Case Study of Ban Bok, Muang Sam Sip District, Ubon Ratchathani Province,” *Journal of Health Promotion Center Region 9*, vol. 15, no. 38, pp. 414–427, 2021.
- [6] Khao Than Krasae, “Shocking Fire at Wat Khae Tai Community,” Nov. 9, 2007. [Online]. Available: <https://tnews.teenee.com/crime/16731.html>. [Accessed: Jan. 15, 2025].
- [7] P. Suwankran, *An Assessment of Fire Safety Preparedness: A Case Study of Padangbezar Municipality, Amphoe Sadao, Changwat Songkhla*, Minor thesis, M.P.A. (Public Administration), Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand, 2010.
- [8] N. Suksanguan, P. Sutheerattanabandit, K. Srithong, and W. Limrattanapatkul, “A Study on Fire Protection and Suppression Engineering Systems in Thai Business Organizations,” *MCU Journal of Social Development*, vol. 7, no. 3, pp. 93–109, 2022.

- [9] T. Na Songkhla and S. Inraksah,
“Promoting Fire Safety Knowledge,
Skills, and Behavior Among
Educational Personnel in Pa Phayom
Subdistrict, Phatthalung Province,”
*Journal of Environmental Health and
Community Health*, vol. 9, no. 5, pp.
91–99, 2024.

การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการทำงาน ของพนักงานแผนกผลิตบริษัท ศุทราแลนด์ จำกัด

ฤดี นิยมรัตน์¹, พงศ์ระพี แก้วไทรยะ², เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี³, ณัฐพงษ์ คงชาติ⁴

^{1, 2, 3, 4}คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Email: reudee.ni@ssru.ac.th¹

Received: Feb 02, 2025

Revised: Sep 21, 2025

Accepted: Nov 05, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงานของพนักงานแผนกผลิต และ 2) ประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท ศุทราแลนด์ จำกัด ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ ใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน ของพนักงานแผนกผลิตในขั้นตอนแปรรูปไม้ยางพารา ที่ทำกิจกรรมการเลื่อยไม้และเรียงไม้ จำนวน 150 คน และประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA จากพนักงาน 48 คน แบ่งเป็นการเลื่อยไม้ 40 คน และเรียงไม้ 8 คน ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน พบว่า พนักงานร้อยละ 100 ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวขา เข่า และเท้า แบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน พนักงานมีความเสี่ยงจากพฤติกรรมการทำงานระดับปานกลาง ร้อยละ 62 อุบัติเหตุวัตถุกระเด็นเข้าตามีความถี่ในการเกิดสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.39 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.88) ถูกกระแทกจากของแข็งมีระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.59 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99) อาการไม่สบายทางด้านร่างกาย พบว่า อาการปวดเอวมีความถี่ในการเกิดสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.72 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.98) และมีความรุนแรงจากอาการปวดหลังสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.90 (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.97) ผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการทำงานด้วยวิธี REBA พบว่าพนักงานเรียงไม้ ร้อยละ 100 มีความเสี่ยงสูงมาก ความเสี่ยงระดับ 5

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง, การยศาสตร์ในการทำงาน, พนักงานแผนกผลิต, REBA

Ergonomic Risk Assessment in the Work of Production

Department Employees at Suthraland Co. Ltd.

Ruedee Niyomrath¹, Pongrapee Kaewthaiha², Benchalak Muangmeesri³,

Natthaphong Khongchatri⁴

^{1, 2, 3, 4}Faculty of Engineering and Industrial Technology, Suansunandha Rajabhat University

Email: reudee.ni@ssru.ac.th¹

Received: Feb 02, 2025

Revised: Sep 21, 2025

Accepted: Nov 05, 2025

Abstract

This research aims to 1) study the behavior and occurrence of workplace accidents among employees in the production department and 2) to assess the ergonomic risks in the workplace of Sutraland Co., Ltd. The study utilized a questionnaire to examine the behavior and occurrence of workplace accidents among employees in the production department during the rubberwood processing process stage, specifically those involved in sawing and stacking wood, totaling 150 individuals. The ergonomic risk was assessed using the REBA method on 48 employees, divided into 40 sawing woodworkers and 8 stacking woodworkers. Descriptive statistics were used to analyze the data, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. The study results on work behavior and accidents occurrence found that 100% of employees performed tasks by repeatedly moving their legs, knees, and feet in the same manner for more than 2 hours per day. 62% of employees were at moderate risk from their work behavior. Eye injuries from flying objects were the most frequent, with an average of 1.39 (standard deviation 0.88). Being struck by solid objects resulted in the most severe accidents, with an average of 1.59 (standard deviation 0.99). Regarding physical discomfort, it was found that back pain was the most frequent, with an average of 1.72 (standard deviation 0.98), and back pain was the most severe, with an average of 1.90 (standard deviation 0.97). Ergonomic risk assessment using the REBA method showed that 100% of wood stacking employees were at very high risk, level 5.

Keywords: Risk assessment, Ergonomic in the work, Production department employees, REBA

บทนำ

การเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานในโรงงาน อุตสาหกรรมมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลให้เกิด ความสูญเสียรวมมูลค่ามหาศาล ลูกจ้างต้อง สูญเสียโอกาสในการทำงาน เจ็บป่วย สูญเสีย อวัยวะ ทุพพลภาพ จนถึงสูญเสียชีวิต ในส่วนของ นายจ้างนั้นต้องสูญเสียโอกาสทางการค้า หาก อุบัติเหตุนั้นมีผลกระทบต่อเครื่องจักร วัตถุดิบ กระบวนการผลิต และอาคารสถานที่ การทำงาน ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในหรือนอกสถานประกอบการก็การ สามารถทำให้เกิดอาการเมื่อยล้า ปวดข้อ ปวด หลัง ซึ่งอาการเหล่านี้เป็นอาการที่สืบเนื่องมาจากการ ทำงานผิดหลักกายศาสตร์ เช่น การยกของหนัก ท่าทางการนั่ง การยืน และเคลื่อนที่ในการ ทำงาน เป็นต้น [1]

อุบัติเหตุจากการทำงาน (occupational accident) เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในภาวะการจ้าง งาน ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตคน เครื่องจักร สิ่งของ ในเวลาทันทีทันใด ช่วงเวลาถัดไปใน สถานที่ทำงาน หรือนอกสถานที่ทำงาน สาเหตุที่ ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานส่วนใหญ่เกิด จากพฤติกรรม และการมีสภาพร่างกายที่ไม่พร้อม ต่อการทำงาน สอดคล้องกับการศึกษาของ Heinrich [2] ได้สรุปสาเหตุร้อยละ 88 ของการ เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด เกิดจากการกระทำที่ไม่ ปลอดภัย (unsafe actions) [3] ดังนั้นหากค้นหา พฤติกรรมเสี่ยงหรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัยให้ พบและป้องกันก่อนเกิดอุบัติเหตุก็จะสามารถลด ความสูญเสียได้เป็นอย่างมาก

พฤติกรรมการทำงาน นอกจากจะส่งผลให้ เกิดอุบัติเหตุโดยตรงแล้ว ยังอาจเป็นความเสี่ยง ต่อการเกิดปัญหาการบาดเจ็บของระบบกระดูก และกล้ามเนื้อ ดังเช่นการทำงานท่าทางซ้ำ ๆ หรือ การออกแรงเกินกำลัง อาจเกิดจากตัวพนักงาน เอง หรือจากการออกแบบสถานงานที่ไม่ เหมาะสมกับสรีระของพนักงาน และสภาพการ

ปฏิบัติงานไม่เหมาะสม จนเป็นเหตุให้เกิดภาวะ ผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น การปวด หลัง เยื่อหุ้มข้อและปลอกเอ็นอักเสบ เป็นต้น [4]

บริษัท ศุทราแลนด์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ อำเภอแก ลง จังหวัดระยอง ดำเนินการผลิตไม้แปรรูปทั้งไม้ ยางพาราและไม้เบญจพรรณ โดยผลิตภัณฑ์หลัก ของบริษัท ได้แก่ ไม้ยางพาราแปรรูป เพื่อส่งให้ โรงงานทำเฟอร์นิเจอร์และโรงงานผลิตไม้พาเลท (pallets) มีกำลังการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปใน ส่วนที่ส่งให้โรงงานทำเฟอร์นิเจอร์ทั้งในและนอก ประเทศประมาณ 100 ตู้คอนเทนเนอร์ต่อเดือน มีบุคลากรรวมทั้งหมด 275 คน แบ่งเป็น 7 แผนก ได้แก่ แผนกบุคคล แผนกจัดซื้อ แผนกขาย แผนก การผลิต แผนกควบคุมคุณภาพ แผนกคลังสินค้า และขนส่ง และแผนกซ่อมบำรุง โดยพนักงาน แผนกผลิตมีจำนวน 250 คน แบ่งพนักงานตาม ขั้นตอนการผลิตไม้แปรรูปออกเป็น 9 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ชั่งน้ำหนักไม้มีพนักงาน 3 คน (2) เตรียมวัตถุดิบ พนักงาน 14 คน (3) เลื่อยไม้ พนักงาน 177 คน (4) ตัดไม้จัดเกรดไม้และเรียง โปรง พนักงาน 15 คน (5) อัดน้ำยา พนักงาน 5 คน (6) อบไม้ พนักงาน 9 คน (7) ขนย้ายเข้า คลังสินค้า พนักงาน 7 คน (8) จัดเรียงจำนวนไม้ และแพ็คสินค้า พนักงาน 15 คน และ (9) ตัดป้าย กำกับจำนวนของไม้ มีพนักงาน 5 คน เครื่องจักร ที่ใช้งานนอกจากรถยก (forklift) แล้วพนักงานใช้ เครื่องเลื่อยไม้ เครื่องซั้ง เครื่องอัดน้ำยา หม้อต้ม น้ำ และเตาอบ ซึ่งในการผลิตไม้แปรรูปนี้พบ ปัญหาที่มาจากพนักงานเกิดอุบัติเหตุจาก กระบวนการเลื่อยไม้ เพื่อแปรรูปจากไม้ท่อนให้ เป็นแผ่นบาง ๆ รวมทั้งการจัดเรียงไม้ เช่น ไม้ หล่นทับ เสี้ยนตำ เป็นต้น [5]

จากโอกาสของความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นใน กระบวนการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท ศุทราแลนด์ จำกัด จังหวัดระยอง ที่ก่อให้เกิด อุบัติเหตุและการบาดเจ็บ จึงศึกษาพฤติกรรมและ

การเกิดอุบัติเหตุในการทำงานของพนักงาน รวมทั้งประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด ผลของการศึกษาจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมในการทำงานที่อาจนำไปสู่การเกิดปัญหาการบาดเจ็บทางด้านร่างกายของพนักงาน และเป็นประโยชน์ต่อองค์กรในการแก้ปัญหา ปรับปรุงสภาพการทำงาน รวมทั้งเป็นโอกาสในการสร้างจิตสำนึกในการทำงานด้วยความปลอดภัยให้กับพนักงาน อันจะส่งผลต่อความสามารถในการเพิ่มผลผลิตสูงขึ้นโดยพนักงานที่ไม่มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยจากการทำงาน ลดความสูญเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าชดเชย หรือค่าประกันต่าง ๆ ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพกายและจิตที่ดี มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สังคมในสถานที่ทำงานมีความสุข ส่งผลต่อการพัฒนาสังคมในวงกว้าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่พนักงานแผนกผลิตของบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด จังหวัดระยอง จำนวน 207 คน ที่ทำหน้าที่เลื่อยไม้และเรียงไม้ อยู่ในขั้นตอนการเลื่อยไม้ 177 คน การตัดไม้สัจจัดเกรดไม้และเรียงโปรง 15 คน และการจัดเรียงจำนวนไม้และบรรจุสินค้า 15 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เพื่อการศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน ได้แก่ พนักงานแผนกผลิตของบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด ที่ทำ

หน้าที่เลื่อยไม้และเรียงไม้ รวมจำนวน 150 คน เป็นพนักงานที่ทำหน้าที่เลื่อยไม้ในขั้นตอนการเลื่อยไม้ จำนวน 122 คน และพนักงานที่ทำหน้าที่เรียงไม้จำนวน 28 คนจากขั้นตอนการตัดไม้สัจจัดเกรดไม้และเรียงโปรง 14 คน และการจัดเรียงจำนวนไม้และแพ็คสินค้า 14 คน ได้จากการเปิดตารางสำเร็จรูปของ Krejcie and Morgan [6] ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยการจับสลาก

1.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงาน ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างโดยไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น (non-probability sampling) จากกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามในการศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยพิจารณาตามเกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) ได้จำนวน 48 คน แบ่งเป็นพนักงานที่ทำหน้าที่เลื่อยไม้ จำนวน 40 คน พนักงานที่ทำหน้าที่เรียงไม้ จำนวน 8 คน จากขั้นตอนการตัดไม้สัจจัดเกรดไม้และเรียงโปรง 5 คน และขั้นตอนการจัดเรียงจำนวนไม้และแพ็คสินค้า 3 คน ที่เป็นไปตามเกณฑ์การคัดออกดังต่อไปนี้

- 1) ไม่มีสัญชาติไทย
- 2) ไม่สมัครใจการเข้าร่วมทำการวิจัย
- 3) เป็นผู้ที่ทำงานอยู่ในบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด ที่มีประสบการณ์ในการทำงานในหน้าที่ปัจจุบันน้อยกว่า 5 ปี
- 4) มีความบกพร่องหรือพิการทางด้านร่างกาย
- 5) มีประวัติที่ได้รับบาดเจ็บทางด้านร่างกายหรือเป็นโรคที่ส่งผลต่อระบบกล้ามเนื้อและเส้นประสาทต่อการเคลื่อนไหวที่ไม่ปกติ
- 6) เกิดเจ็บป่วยหรือเกิดอุบัติเหตุขณะทำการวิจัยไม่สามารถกลับมาทำงานได้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 2 ประเภท

2.1 แบบสอบถามเพื่อศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน เป็นแบบสอบถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence, IOC) [7] ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) [8] เท่ากับ 0.813 แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ตอนได้แก่

ตอนที่ 1 สอบถามปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 15 ข้อ มีลักษณะการตอบเป็นแบบตรวจสอบรายการ (check list) และแบบเติมข้อความในช่องที่กำหนด

ตอนที่ 2 สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการทำงาน จำนวน 12 ข้อ มีลักษณะการตอบเป็นแบบเลือกตอบระหว่างใช่หรือไม่ใช่ นับคะแนนพฤติกรรมการทำงานที่ปฏิบัติ (ตอบว่าใช่) นำคะแนนรวมมาประเมินค่าความเสี่ยงของพฤติกรรมการทำงานตามเกณฑ์ดังนี้

คะแนน การแปลผล

0-5 ความเสี่ยงน้อย

6-8 ความเสี่ยงปานกลาง

9-12 ความเสี่ยงมาก

ตอนที่ 3 สอบถามข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ จำนวน 6 ข้อ แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุดังนี้

1) ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุ (ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา) มี 4 ระดับคะแนน ดังนี้

0 คะแนน หมายถึง ไม่เคยได้รับบาดเจ็บเลยในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา

1 คะแนน หมายถึง นาน ๆ ครั้ง (1-2 ครั้ง ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา)

2 คะแนน หมายถึง ประจำทุกเดือน (3-5 ครั้ง ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา)

3 คะแนน หมายถึง ประจำทุกสัปดาห์ (มากกว่า 5 ครั้ง ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา)

2) ความรุนแรง มีคำตอบ 3 ระดับ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง ไม่รุนแรง (มีอาการบาดเจ็บ ปฐมพยาบาล พักแล้วหาย)

2 คะแนน หมายถึง รุนแรงปานกลาง (มีอาการบาดเจ็บ พักแล้วไม่หาย ต้องพบแพทย์ และรักษาตัว 1-3 วัน)

3 คะแนน หมายถึง รุนแรงมาก (มีอาการบาดเจ็บ ต้องรับการรักษา นอนโรงพยาบาล มากกว่า 3 วัน รับการผ่าตัด ทำกายภาพบำบัด สูญเสียอวัยวะหรือพิการ)

ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับอาการไม่สบายทางด้านร่างกาย (ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา) จำนวน 16 ข้อ แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ความถี่และระดับความรุนแรงของอาการไม่สบายทางด้านร่างกาย ดังนี้

1) ความถี่ของการเกิดอาการไม่สบายทางด้านร่างกาย มี 4 ระดับคะแนน ดังนี้

0 คะแนน หมายถึง ไม่เคยมีอาการเลย

1 คะแนน หมายถึง มีอาการขณะทำงาน เมื่อหยุดพักจะหาย

2 คะแนน หมายถึง มีอาการขณะทำงาน และเมื่อพักจะยังมีอาการอยู่

3 คะแนน หมายถึง มีอาการตลอดเวลา

2) ระดับความรุนแรงของอาการไม่สบายทางด้านร่างกาย มีคำตอบ 3 ระดับความรุนแรง ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง ไม่รุนแรง

2 คะแนน หมายถึง รุนแรงปานกลาง

3 คะแนน หมายถึง รุนแรงมาก

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี Rapid Entire Body Assessment หรือ REBA ที่ประเมินตั้งแต่ส่วนของ คอ ลำตัว

ขา แขน และมือ จำนวน 15 ขั้นตอน เป็นแบบประเมินตามมาตรฐานของ Hignett and McAtamney [9] มีเกณฑ์การแปลผลดังนี้ [10]

คะแนน การแปลผล

- 1 ความเสี่ยงน้อยมาก
- 2-3 ความเสี่ยงน้อย ยังต้องมีการปรับปรุง
- 4-7 ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
- 8-10 ความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรปรับปรุง
- ≥11 ความเสี่ยงสูงมาก ควรปรับปรุงทันที

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์แบบสอบถาม

1) ทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูล และแจกแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้

2) รับแบบสอบถามกลับคืนด้วยตนเอง

3) ตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของแบบสอบถาม

4) วิเคราะห์ข้อมูล โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

3.2 การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA (rapid entire body assessment)

1) ติดต่อบริษัทเพื่อขอเข้าประเมินท่าทางการทำงานของพนักงานในพื้นที่ทำงาน

2) ชี้แจงพนักงานเพื่อบอกวัตถุประสงค์ของการประเมิน

3) ประเมินท่าทางการทำงานของพนักงานที่เลือกตัวอย่างไว้โดยไม่รบกวนการทำงานทั้งการประเมินขณะปฏิบัติงานและบันทึกภาพเคลื่อนไหว

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมและการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน

1.1 ปัจจัยส่วนบุคคล

จากการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 150 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 109 คน คิดเป็นร้อยละ 72.7 มีอายุระหว่าง 32-43 ปี จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 51.4 มีน้ำหนักตัว 40-60 กิโลกรัม จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 มีความสูง 164-174 เซนติเมตร จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 54.7 มีสัญชาติไทย จำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 67.3 มีประสบการณ์การทำงานในบริษัทนี้ระหว่าง 3-7 ปี จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 53.3 และมีรายละเอียดด้านการปฏิบัติงานตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของพนักงานจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

	ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	109	72.7
	หญิง	41	27.3
อายุ	20-31 ปี	47	31.3
	32-43 ปี	77	51.4
	44-56 ปี	26	17.3
	Mean = 36.57, Max. = 56, Min. = 21, S.D. = 7.37		

	ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้ำหนัก	40-60 กิโลกรัม	75	50.0
	61-80 กิโลกรัม	74	49.3
	81-100 กิโลกรัม	1	0.7
	Mean = 61.49, Max. = 100, Min. = 40, S.D. = 10.16		
ความสูง	153-163 เซนติเมตร	42	28.0
	164-174 เซนติเมตร	82	54.7
	175-185 เซนติเมตร	26	17.3
	Mean = 167.60, Max. = 182, Min. = 153, S.D. = 6.7		
สัญชาติ	ไทย	101	67.3
	อื่น ๆ ได้แก่ เมียนมา และกัมพูชา	49	32.7
ประสบการณ์ทำงาน ที่บริษัทนี้	1-3 ปี	34	22.7
	มากกว่า 3 ปี-7 ปี	80	53.3
	มากกว่า 7 ปี-10 ปี	36	24.0
	Mean = 5.03, Max. = 10.20, Min. = 1.00, S.D. = 2.46		
ระยะเวลาปฏิบัติงาน	8 ชั่วโมงต่อวัน	150	100
ท่าทางการปฏิบัติงาน	ยืนปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน	148	98.7
	ยืนปฏิบัติงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน	2	1.3
	นั่งปฏิบัติงาน 2 ชั่วโมงต่อวัน	2	1.3
โรคประจำตัว	ไม่มีโรคประจำตัว	138	92.0
	มีโรคประจำตัว	12	8.0
รักษาอย่างต่อเนื่อง	ไม่มีการรักษาอย่างต่อเนื่อง	137	91.3
	มีการรักษาอย่างต่อเนื่อง	13	8.7
ไม่มีความบกพร่องหรือพิการทางด้านร่างกาย		150	100
ไม่มีโรคที่ส่งผลต่อระบบกล้ามเนื้อ		150	100
การบาดเจ็บทางด้าน ร่างกาย	ไม่ได้รับบาดเจ็บทางด้านร่างกาย	149	99.3
	ได้รับบาดเจ็บทางด้านร่างกาย	1	0.7

1.2 พฤติกรรมการทำงาน

ผลการศึกษาพบว่าพนักงานมีพฤติกรรมการทำงานสูงสุด 3 ลำดับแรกได้แก่ ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าวและเข้า แบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน และปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าวแบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาได้แก่

ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าวและข้อมือแบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 146 คน คิดเป็นร้อยละ 97.3 ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2 และพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความเสี่ยงของพฤติกรรมการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 62.0 ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 3

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของพนักงานจำแนกตามพฤติกรรมการทำงาน

พฤติกรรมการทำงาน	ใช่ (ร้อยละ)	ไม่ใช่ (ร้อยละ)
1. เอื้อมมือหยิบจับสิ่งของหรือเครื่องมือเสมอ	145 (96.3)	5 (3.3)
2. บิดตัวหรือเอี้ยวตัวเสมอ	144 (96.0)	6 (4.0)
3. ไม่มีการป้องกันตัวเองโดยใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	118 (78.7)	32 (21.3)
4. ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าวและข้อมือแบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน	146 (97.3)	4 (2.7)
5. ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าว แกว่ง และโผล่ แบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน	145 (96.7)	5 (3.3)
6. ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าวและเอว แบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน	145 (96.7)	5 (3.3)
7. ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าวและเข้า แบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน	150 (100)	0 (0)
8. ปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวก้าว แบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน	150 (100)	0 (0)
9. ก้มลำคอบ่อยเป็นเวลานานขณะปฏิบัติงาน	47 (31.3)	103 (68.7)
10. ก้มหลังเป็นเวลานานขณะปฏิบัติงาน	48 (32.0)	102 (68.0)
11. ยกและเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมากกว่า 20 กิโลกรัม	113 (75.3)	37 (24.7)
12. นั่งปฏิบัติงานโดยมีพนักพิงหลัง	4 (2.7)	146 (97.3)

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของจำนวนพนักงานจำแนกตามระดับความเสี่ยงของพฤติกรรมการทำงาน

ระดับความเสี่ยง	จำนวน	ร้อยละ
มาก	4	2.7
ปานกลาง	93	62.0
น้อย	53	35.3
รวม	150	100.0

1.3 การเกิดอุบัติเหตุ

ผลการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุของพนักงาน พบว่า อุบัติเหตุวัตถุกระเด็นเข้าตามีความเสี่ยงมากที่สุด คะแนน 2.11 ดังแสดงรายละเอียดของค่าความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุ ระดับความรุนแรง และค่าความเสี่ยงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ

อุบัติเหตุ	ความถี่ในการเกิด		ระดับความรุนแรง		ความเสี่ยง
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ความถี่ x ความรุนแรง
1. หกล้ม	0.66	0.63	1.11	0.66	0.73
2. วัตถุกระเด็นเข้าตา	1.39	0.88	1.52	0.93	2.11
3. ถูกของ มีคมบาด	0.31	0.56	1.16	0.77	0.36
4. ถูกไฟฟ้าดูด	0.01	0.12	1.03	0.21	0.01
5. ถูกกระแทกจากของแข็ง	1.17	0.90	1.59	0.99	1.86
6. เลียนไม้ตำ	1.07	0.76	1.18	0.68	1.26

1.4 อาการไม่สบายทางด้านร่างกาย

ผลการศึกษาอาการไม่สบายทางด้านร่างกาย พบว่ามีความถี่การเกิดอาการปวดเอวมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.72 และมีความรุนแรงของอาการปวดหลังมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.90 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอาการไม่สบายทางด้านร่างกาย

อาการ	ความถี่ในการเกิด		ความรุนแรง	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. ปวดต้นคอ	0.77	0.70	1.21	0.77
2. ปวดไหล่	1.01	0.93	1.41	0.98
3. ปวดหลัง	1.65	0.90	1.90	0.97
4. ปวดแขน	1.63	0.72	1.89	0.89
5. ปวดเอว	1.72	0.98	1.85	0.73
6. ปวดเข่า	1.37	0.81	1.67	0.75
7. ปวดขา	1.53	0.87	1.82	0.85
8. ปวดเมื่อยทั้งตัว	1.29	0.97	1.55	0.74
9. แสบตา	0.45	0.77	1.13	0.71
10. ปวดตา	0.44	0.85	1.15	0.76
11. ตาพร่ามัว	0.49	0.84	1.13	0.75
12. คันที่ผิวหนัง	1.00	0.79	1.16	0.68
13. เจ็บแสบจมูก	0.59	0.84	1.16	0.79
14. ปวดศีรษะ	0.35	0.76	1.11	0.70
15. เวียนศีรษะ	0.48	0.78	1.12	0.71
16. อ่อนเพลีย	1.24	0.85	1.37	0.80

2. ผลการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงาน

ผลการประเมินความเสี่ยงท่าทางการทำงานของพนักงานจำนวน 48 คน แบ่งเป็นเลื่อยไม้ 40 คน ตั้ไม้สั้จัดเกรดไม้และเรียงโปรง 5 คน และจัดเรียงจำนวนไม้และแพ็คสินค้า 3 คน ด้วยแบบประเมิน REBA พบว่าพนักงานกิจกรรมเลื่อยไม้จำนวน 40 คน มีผลความเสี่ยงระดับ 4 มีคะแนนความเสี่ยง 8-10 คะแนน หมายถึงมีความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรปรับปรุง และพนักงานกิจกรรมเรียงไม้จำนวน 8 คน มีผลความเสี่ยงระดับ 5 มีคะแนนความเสี่ยง 11 คะแนน หมายถึงมีความเสี่ยงสูงมาก ควรปรับปรุงทันที ดังแสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของพนักงานจำแนกตามระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์

กิจกรรม	แผนก	ระดับความเสี่ยง				
		ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5
เลื่อยไม้	เลื่อยไม้	จำนวน	-	-	-	40
		(ร้อยละ)				(100)
จัดเรียงไม้ ตั้ไม้และเรียงโปรง	จัดเรียงไม้ ตั้ไม้และเรียงโปรง	จำนวน	-	-	-	5
		(ร้อยละ)				(100)
วนไม้และแพ็คสินค้า	วนไม้และแพ็คสินค้า	จำนวน	-	-	-	3
		(ร้อยละ)				(100)

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมในการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท สุทธาแลนด์ จำกัด พบว่าพนักงานมีพฤติกรรมเสี่ยงในระดับปานกลาง พฤติกรรมที่พนักงานทุกคนทำบ่อยที่สุดคือการปฏิบัติงานโดยเคลื่อนไหวขา เข่า และเท้าแบบเดิมซ้ำ ๆ นานกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ หรือในท่าที่ไม่เหมาะสม มีความสัมพันธ์กับภาวะกล้ามเนื้อตึงเครียด (muscle tension) การทำงานหนักของกล้ามเนื้อ (muscle overuse) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างในระยะยาวที่กระทบต่อการทำงานของหมอนรองกระดูกและเส้นประสาท เกิดการบาดเจ็บจากการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ (repetitive strain injury, RSI) [11] ที่เป็นกลุ่มอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เส้นประสาท และเอ็น ผลกระทบหลักของการเคลื่อนไหวต่อเนื่องนานเกินไป ได้แก่ เกิดการอักเสบและปวดเมื่อย รวมทั้งเกิดอาการ

ปวดลามไปยังส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย เนื่องจากกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายมีความเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่าย ตามที่ผลการศึกษาพบว่าพนักงานมีอาการปวดที่อวัยวะส่วนอื่น ๆ โดยการปวดอวัยวะส่วนอื่น ๆ เกิดจากความถี่ในการเกิดสูงที่สุดค่าเฉลี่ย 1.72 และมีความรุนแรงจากอาการปวดหลังสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.90

ที่สอดคล้องกับสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค [16] ที่ระบุว่าพนักงานที่มีการปฏิบัติงานท่าทางซ้ำ ๆ (repetitive) โดยใช้ข้อว้ระ เอว ลำตัว แขน ขา มือ ข้อมือ และเท้า เป็นเวลานาน (work period) ร่วมกับการบิดตัวหรือเอี้ยวตัวด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสม (unnatural posture) เป็นผลให้มีอาการปวดแขน ปวดเอว ปวดเข่า และปวดขา ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่มาจากปัจจัยงาน (job factor)

ในขณะที่พนักงานมีการป้องกันตัวเองโดยใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพียง 32 คน

หรือร้อยละ 21.3 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการเกิดอุบัติเหตุในการทำงานของพนักงาน ที่พบว่าพนักงานเกิดอุบัติเหตุวัตถุกระเด็นเข้าตา มีค่าเฉลี่ยในการเกิดสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.39 และถูกกระแทกจากของแข็งมีระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุสูงที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.59 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยอีกหลายฉบับที่ศึกษาแรงงานในสถานประกอบการหรืออุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน แต่มีพฤติกรรมการทำงานที่ใช้แรงและกล้ามเนื้อส่วนสำคัญเช่นเดียวกัน คือ ส่วนแขน ส่วนขา และเอว เช่น พนักงานอุตสาหกรรมผลิตและประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ [12] ผู้ปฏิบัติงานในอุโมงค์เรือทหารเรือ [13] รวมทั้งพนักงานที่นั่งทำงานในสำนักงาน [14] และเกษตรกรผู้ปลูกข้าว [15] เป็นต้น ก็พบปัญหาการปวดเมื่อย และพบอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกเช่นเดียวกัน

2. ผลการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงานของพนักงานแผนกผลิตบริษัท ศุภราแลนด์ จำกัด ด้วยวิธี REBA พบว่าพนักงานที่ทำกิจกรรมเลื่อยไม้มีความเสี่ยงสูง (ระดับ 4 หรือคะแนนความเสี่ยงเท่ากับ 8-10 คะแนน) และความเสี่ยงสูงมากสำหรับพนักงานที่ทำกิจกรรมเรียงไม้ (ระดับ 5 หรือคะแนนความเสี่ยงเท่ากับ 11 คะแนน)

ทั้งนี้วิธี REBA เป็นการประเมินท่าทางการทำงานทั่วทั้งร่างกาย (rapid entire body assessment) ตั้งแต่ส่วนของ คอ ลำตัว ขา แขน และมือ ซึ่งเป็นเครื่องมือประเมินความเสี่ยงที่เป็นที่นิยมใช้งานอย่างมากเป็นลำดับที่ 2 รองจากการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี RULA (rapid upper limb assessment) ที่เป็นการประเมินร่างกายส่วนบน [17] ทั้งนี้การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะของการทำงาน หากเป็นการนั่งทำงาน ใช้การประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี RULA และการยืนทำงาน ประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี REBA [18]

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยพบว่าพนักงานส่วนมาก (ร้อยละ 78.7) ไม่ใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (personal protective equipment, PPE) ที่โรงงานจัดไว้ให้ ได้แก่ แว่นตา ถุงมือผ้า และรองเท้า บริษัทควรสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัยโดยการให้ความรู้ (education) ร่วมกับการกำหนดระเบียบปฏิบัติ (enforcement) ตามหลัก 3E เพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. จากผลการวิจัยพบว่าพนักงานถูกกระแทกจากของแข็ง ซึ่งได้แก่ท่อนไม้ ในขั้นตอนของการจัดเรียงไม้ บริษัทสร้างมาตรฐานการทำงาน (work standard) ให้เป็นเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน (standard operating procedure, SOP) จัดการอบรมสร้างความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งติดป้ายประชาสัมพันธ์เพื่อความปลอดภัยในบริเวณทำงาน

3. จากผลการวิจัยพบว่าพนักงานเกือบทั้งหมดมีการเคลื่อนไหวของร่างกายที่เสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บ ได้แก่ การทำงานท่าทางซ้ำ ๆ การออกแรงเกินกำลัง (เคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมากกว่า 20 กิโลกรัม) ดังนั้นบริษัทควรณรงค์ให้พนักงานรับรู้ปัญหาอันตรายจากท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการส่งเสริมให้มีการบริหารกล้ามเนื้อ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อในขณะทำงาน หรือหากเกิดจากการออกแบบสถานที่ที่ไม่เหมาะสมกับสรีระของพนักงาน และสภาพการปฏิบัติงาน บริษัทควรพิจารณาปรับปรุง

4. ผลการประเมินความเสี่ยง REBA พบว่าพนักงานทั้งหมด มีค่าความเสี่ยงสูง แสดงให้เห็นว่าพนักงานต้องทำงานที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำไปซ้ำมาและท่าทางการยกที่มีช่วงการเคลื่อนไหวไม่เหมาะสม บริษัทควรนำมาตรการลดความเสี่ยงทางกายศาสตร์ ดำเนินการให้กับพนักงาน

ตรวจสอบผลการดำเนินการเป็นระยะ และทวนสอบมาตรการเพื่อโอกาสการปรับปรุงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และได้รับความช่วยเหลือจากผู้บริหารและพนักงานบริษัท สุทราแลนด์ จำกัด

References

- [1] Pathum Thani Provincial Office of Welfare and Labor Protection, "Statistics on work-related accidents," December 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.labour.go.th/index.php/service-statistic/service-statistic-m/category/21-report1>.
- [2] Heinrich, H. W., *Industrial accident prevention* (4th ed.), New York: McGraw-Hill Book Company, 1959.
- [3] DuPont de Nemours, Inc., *Managing safety techniques that work for line supervisor*, Wilmington, NC: DuPont de Nemours and Company, 2000.
- [4] Bureau of Occupational and Environmental Diseases, *Report on the situation of occupational and environmental diseases in 2014*, Nonthaburi: Department of Disease Control, 2014.
- [5] Factory Manager and Foreman, Sutrand Co., Ltd., Interview, September 29, 2024.
- [6] Krejcie, R. V. and Morgan, D. W., "Determining sample size for research activities," *Educational and Psychological Measurement*, no. 30, pp.607-610, 1970.
- [7] Rovirelli, R. J., and Hambleton, R. K., "On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity," *Tijdschrift Voor Onderwijs Research*, 1977, no. 2, pp. 49-60.
- [8] Cronbach, L. J. *Essentials of psychological testing* (5th ed.). New York: Harper Collins, 1990.
- [9] Hignett, S. and McAtamney, L., "Rapid entire body assessment (REBA)," *Applied Ergonomics*, no. 31, pp.201-205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3).
- [10] Ergonomics work in Thailand, *Ergonomics assessment*, September 20, 2023. [Online]. Available: <https://thai-ergonomic-assessment.blogspot.com/search/label/Ergonomics>.
- [11] Afsharnejad, T., Nourshahi, M, and Parvardeh, S., "Functional and Histopathological Changes in Muscle after 6-weeks Repetitive Strain Injury: A 10-week Follow Up of Aged Rats," *International Journal of Applied Exercise Physiology*, vol. 5, no. 4, pp.2322-3537, 2016.

- [12] P. Suttibak, and S. Chaiklieng, "Association between work stress and necks pain among electronics assembly industrial workers in Northeast Thailand," *Journal of Safety and Health*, vol. 16, no. 1, pp.138-149, 2023.
- [13] S. Kaewyuang and S. Supamong, "Prevalence and associated factors of musculoskeletal disorders among workers in a naval dockyard," *Royal Thai Navy Medical Journal*, vol. 50, no.1, pp.43-58, 2023.
- [14] S. Chaluay, S. Kalampa-korn, and J. Sillabutra, "The effects of self-efficacy enhancement program to prevent low back pain of office workers in a private hospital, Bangkok," *Journal of Public Health Nursing*, vol. 37, no. 3, pp.72-92, 2023.
- [15] T. Bangsalee, N. Kongked, and W. Srijaoren, "Exploring the ergonomic problems of rice farmers In Matum Sub-district, Phrom Phiram District, Phitsanulok Province," *Journal of Safety and Health*, vol.16, no. 1, pp.124-137, 2023.
- [16] Department of Disease Control, Ministry of Public Health, "Guidelines for providing occupational health services to workers in the community in the field of ergonomics," Jan. 10, 2024. [Online]. Available: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1319720220921082619.pdf>.
- [17] J. Kittijaruwattana, M. Ratcha, Seree Tuprakay, and Anu Surach, "A systematic review: Using trends of ergonomic risk assessment tools," *Health Science Journal of Thailand*, vol. 5, no. 4, pp.49-58, 2023.
- [18] S. Boonla and S. Chaiklieng, "Risk assessment on work-related musculoskeletal disorders for ergonomics management program among industrial worker in textile export and small enterprise," *Journal of Safety and Health*, vol. 15, no. 1, pp.125-143, 2022.

แบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า: กรณีศึกษาระบบโทรคมนาคม

พรหมพัทธ์ บุญรักษา¹, โชคชัย ชัยทิพย์², อนุสรณ์ ผ่องประภา³,
สมมาตร ทองคำ⁴, ธีระพงษ์ บุญรักษา⁵

^{1,2} คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

^{3,4} คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

⁵ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Email: promphak.b@rmutsb.ac.th¹, terapong.b@rmutr.ac.th^{5*}

Received: Sep 26, 2025

Revised: Nov 20, 2025

Accepted: Nov 25, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้ากรณีศึกษาระบบโทรคมนาคม โดยแบบจำลองได้บูรณาการตัวชี้วัดสภาพแบตเตอรี่ (เช่น อายุการใช้งาน, ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ และผลจากการคายประจุเบื้องต้น) ร่วมกับปัจจัยแวดล้อม (เช่น อุณหภูมิและโหลด) ทั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการที่เสนอกับค่าที่ได้จากการทดลองจนถึงแรงดันปลายทางที่กำหนด งานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 100 แอมแปร์ชั่วโมง แบ่งกรณีศึกษาการสำรองไฟฟ้าของแบตเตอรี่ออกเป็น 4 กรณี ได้แก่ ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยควบคุมอุณหภูมิ ทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยควบคุมอุณหภูมิ ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ และทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สมการที่นำเสนอสามารถคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกับการทดสอบจริงทั้ง 4 กรณี โดยแบบจำลองสามารถคาดการณ์ได้ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ 11.42% อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเกณฑ์ใหม่ในการประเมินความน่าเชื่อถือของระบบสำรองไฟฟ้าในโซ่ตงงานโทรคมนาคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ด้านการจัดการพลังงานและการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอนาคต

คำสำคัญ: แบบจำลองเชิงประจักษ์, ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า, แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด, ระบบงานโทรคมนาคม, ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

Empirical Models for Forecasting Power Backup Duration: A Case Study on Telecommunication Systems

Promphak Boonraksa¹, Chokchai Chaithip², Anusorn Phongprapa³,
Sommart Thongkham⁴, Teerapong Boonraksa^{5*}

^{1,2} Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

^{3,4} Faculty of Engineering, Bangkok Thonburi University

^{*5} Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Email: promphak.b@rmutsb.ac.th¹, terapong.b@rmutr.ac.th^{5*}

Received: Sep 26, 2025

Revised: Nov 20, 2025

Accepted: Nov 25, 2025

Abstract

This study proposes an empirical model for forecasting the backup power duration in telecommunication systems. The model integrates key battery condition indicators—such as service life, efficiency, and the effects of initial discharge—with environmental factors including temperature and load conditions. A 100 Ah lead-acid battery was employed in four case studies: (1) a new battery under controlled temperature, (2) an aged battery under controlled temperature, (3) a new battery under uncontrolled temperature, and (4) an aged battery under uncontrolled temperature. The calculated backup durations obtained from the proposed model were compared with experimental results until the specified terminal voltage was reached. The findings indicate that the proposed empirical model can accurately estimate the backup duration with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 11.42%, demonstrating strong agreement with experimental data. The developed model can serve as a practical criterion for assessing the reliability of backup power systems in telecommunication applications and can be effectively applied to energy management and preventive maintenance planning in future work.

Keywords: Empirical Model, Backup Power Duration, Lead-Acid Battery, Telecommunication System, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

บทนำ

ในปัจจุบันระบบโทรคมนาคมมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสาร ส่งข้อมูล การทำธุรกรรมทางการเงินและการให้บริการสาธารณะทั่วโลก[1] หากระบบโทรคมนาคมเกิดปัญหาหยุดการให้บริการชั่วคราว เนื่องจากระบบไฟฟ้าขัดข้องอาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานทั้งทางธุรกิจและสังคม รวมถึงความปลอดภัยของข้อมูลและความต่อเนื่องของบริการ ทำให้การมีระบบสำรองไฟฟ้าที่เชื่อถือได้เป็นปัจจัยสำคัญที่องค์กรโทรคมนาคมต้องให้ความสำคัญ[2]

ปัญหาที่พบในปัจจุบันคือ การประเมินระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าในไซต์งานโทรคมนาคมมักอาศัยแนวทางมาตรฐานหรือสมการทั่วไปที่ไม่สามารถสะท้อนปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงได้จริง เช่น อายุของแบตเตอรี่ การเสื่อมสภาพของประสิทธิภาพความผันผวนของโหลดอุปกรณ์ และผลกระทบของอุณหภูมิ การละเลยปัจจัยเหล่านี้ทำให้การคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนสูง และอาจส่งผลต่อการวางแผนบำรุงรักษา การจัดสรรทรัพยากร และความมั่นคงของระบบโทรคมนาคม[3]

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสมการเชิงประจักษ์ สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า โดยบูรณาการพารามิเตอร์สำคัญเชิงปฏิบัติการ เช่น ขนาดพิกัดประจุของแบตเตอรี่ โหลดของอุปกรณ์ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ผลกระทบของอุณหภูมิ ประสิทธิภาพที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ รวมถึงผลการทดสอบจริงจากฟังก์ชัน Battery Test (BT Test) และค่าการคายประจุในช่วงแรงดันต่ำ การบูรณาการข้อมูลเหล่านี้ทำให้สมการสามารถสะท้อนพฤติกรรมจริงของระบบสำรองไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังสามารถสร้างเครื่องมือประเมินที่เชื่อถือได้สำหรับผู้บริหาร

ระบบโทรคมนาคม ช่วยให้สามารถวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ปรับปรุงการจัดการพลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพและความมั่นคงของระบบสำรองไฟฟ้า นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าในไซต์งานโทรคมนาคมอื่น ๆ ได้อย่างเป็นระบบและยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าในระบบงานโทรคมนาคมภายใต้โหลดจริงและสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
2. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยบูรณาการพารามิเตอร์สำคัญของแบตเตอรี่และโหลดการใช้ไฟฟ้า
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าการสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองกับผลการทดลองจริง และประเมินความน่าเชื่อถือของสมการในการใช้งานจริง

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าไครณีศึกษาระบบโทรคมนาคม โดยเริ่มจากการทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องตลอดจนการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบและดัชนีชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลองโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาด้านการคายประจุของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดและการประเมินระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า (Backup Time) มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยของ M. Chen และ G. A. Rincón-Mora [4] เสนอแบบจำลองเชิงไฟฟ้า (Electrical Model) ของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่สามารถจำลองพฤติกรรมแรงดันขณะคายประจุและชาร์จใหม่ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการวิเคราะห์สมรรถนะในสถานะโหลดคงที่และโหลดแปรผัน ต่อมา J. Piller et al. [5] ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและการเสื่อมสภาพต่อความสามารถในการจ่ายประจุ โดยระบุว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 20°C จะทำให้ความจุของแบตเตอรี่ลดลงประมาณ 20–30% ในขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า 40°C จะเร่งการเสื่อมสภาพของแผ่นตะกั่วอย่างมีนัยสำคัญ

ทฤษฎีของ Peukert [6] เป็นรากฐานสำคัญของการประเมินระยะเวลาการคายประจุแสดงดังสมการที่ 1

$$t = \frac{C}{I^k} \quad (1)$$

เมื่อ t คือ เวลาการคายประจุ, C คือ ความจุของแบตเตอรี่ (Ah), I คือ กระแสโหลด (A) และ k คือ ค่าคงที่ของพีเคิร์ต ซึ่งขึ้นกับชนิดและสภาพของแบตเตอรี่โดยค่าดังกล่าวจะสูงขึ้นเมื่อแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ การคำนวณนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างกระแสโหลดกับระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าซึ่งถูกนำมาใช้ในหลายงานวิจัย เช่น Buchmann [7] ได้ปรับปรุงสมการพีเคิร์ตให้รองรับผลของอุณหภูมิและอายุการใช้งานแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถประเมินสมรรถนะได้แม่นยำยิ่งขึ้นในระบบพลังงานจริง

ในบริบทของระบบโทรคมนาคม (Site Telecom) งานของ Zhang et al. [8] และ Sharma et al. [9] ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของไฟฟ้าดับต่อความต่อเนื่องของสัญญาณและความเสียหายทางเศรษฐกิจ ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟที่แม่นยำและไม่กระทบ

ต่อการทำงานจริงของระบบ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดจากทฤษฎีของ Peukert รวมกับผลของอุณหภูมิและอายุการใช้งานแบตเตอรี่ มาพัฒนาเป็นสมการเชิงประจักษ์สำหรับการคำนวณระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าในระบบ Telecom ซึ่งสามารถประเมินได้โดยไม่ต้องตัดกระแสหลักจริง (Non-Disruptive Testing) และให้ค่าความแม่นยำใกล้เคียงผลการทดสอบจริง มากกว่า 80%

2. แบบจำลองเชิงประจักษ์ที่ใช้ในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า

ตามทฤษฎีพื้นฐานสมการที่ (1) ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น เมื่อนำมาใช้คำนวณระยะเวลาสำรองไฟฟ้าจริงพบว่าค่าที่คำนวณได้มักสูงกว่าค่าใช้งานจริง นอกจากแบตเตอรี่มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น การทำงานในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และประสิทธิภาพการคายประจุที่ลดลง ดังนั้น การประเมินระยะเวลาสำรองไฟฟ้าจริงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยปรับสมรรถนะของแบตเตอรี่ ซึ่งรวมถึงอายุแบตเตอรี่ ผลกระทบของอุณหภูมิ และสมรรถนะที่เหลือจากการใช้งานที่ผ่านมาซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 อายุแบตเตอรี่ (Battery Life, %)

แบตเตอรี่เก่าและแบตเตอรี่ใหม่มีสมรรถนะแตกต่างกัน แบตเตอรี่เก่าจะจ่ายกระแสไฟได้น้อยลง ทำให้ระยะเวลาสำรองไฟฟาลดลงตามสัดส่วนของอายุการใช้งาน[10] งานวิจัยนี้พิจารณาการเสื่อมสภาพของอายุการใช้งานแบตเตอรี่ (%) ที่ 5% ต่อปี

2.2 ผลกระทบของอุณหภูมิ (Effect of Temperature, %)

อุณหภูมิมีผลกระทบต่อสมรรถนะของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดอย่างชัดเจน แบตเตอรี่ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในช่วงอุณหภูมิปานกลาง หากอุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไป ประสิทธิภาพลดลง ทำให้ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าสั้นลง[10]การประเมินผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพแบตเตอรี่ตะกั่วกรดใช้โมเดลเชิงประจักษ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลแสดงดังสมการที่ 2

$$\text{Effect Temperature (\%)} = 100 \times e^{-k(T-25)} \quad (2)$$

โดย T คืออุณหภูมิแบตเตอรี่ (°C) และ k เป็นค่าคงที่ที่สะท้อนความไวต่ออุณหภูมิ ซึ่งได้จากข้อมูลทดลอง โมเดลนี้สมมติว่าประสิทธิภาพแบตเตอรี่เต็ม (100%) ที่ 25 °C และสามารถใช้ประเมินความจุที่ใช้งานได้จริงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

2.3 สมรรถนะที่เหลือ (Performance Remaining, %)

พารามิเตอร์นี้สะท้อนสมรรถนะของแบตเตอรี่หลังจากรอบการชาร์จ-ดิสชาร์จที่ผ่านมา แบตเตอรี่ใหม่มีสมรรถนะใกล้ 100% ในขณะที่แบตเตอรี่เก่าจะลดลง ส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาสำรองไฟฟ้า[10]

2.4 เวลา BT Test (BT Test, Hr.)

เป็นค่าระยะเวลาสำรองไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบแบตเตอรี่จริง เพื่อสะท้อนความแตกต่างระหว่างทฤษฎีและการใช้งานจริง[10] ในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 2 ชั่วโมง

2.5 Performance Remaining (%)

คำนวณจากอายุการใช้งานแบตเตอรี่ (Battery Life %) และผลกระทบของอุณหภูมิ (Effect Temperature %) ค่าที่ได้แสดงถึงประสิทธิภาพแบตเตอรี่ที่เหลือเมื่อพิจารณาทั้งอายุการใช้งานและอุณหภูมิในการใช้งาน[10]

2.6 เวลาการคายประจุที่แรงดันต่ำ (Low Voltage Discharge, Hr.)

เป็นระยะเวลาสำรองไฟฟ้าที่สูญเสียไปเนื่องจากระบบตัดแรงดันต่ำ เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่ถูกดิสชาร์จต่ำกว่าค่าปลอดภัย ซึ่งช่วยยืดอายุแบตเตอรี่[10]

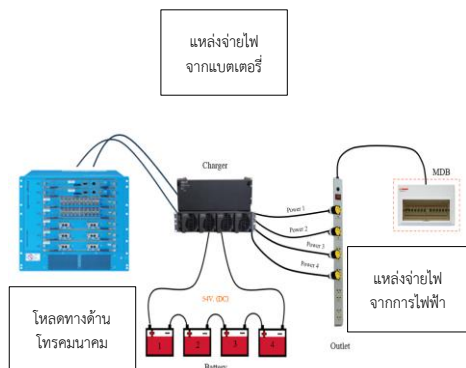
เมื่อพิจารณาปัจจัยทั้งหมดนี้ จะเห็นว่าระยะเวลาการสำรองไฟฟ้ามีส่วนโดยตรงกับความจุแบตเตอรี่และสมรรถนะที่เหลืออยู่ และมีสัดส่วนผกผันกับกระแสโหลด จึงสามารถเขียนสมการการคำนวณใหม่ดังสมการที่ 3

$$\text{Backup time} = \frac{\text{Capacity (Ah)}}{\text{Load Current (A)}} \times \left[\frac{\text{Battery Life (\%)} \times \text{Effect Temperature (\%)} \times \text{Performance Remaining (\%)}}{\text{BT Test (Hr.)} - \text{Low Voltage Discharge (Hr.)}} \right] \quad (3)$$

การรวมพารามิเตอร์เหล่านี้เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถคำนวณระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าจริงของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง ทั้งเก่าและใหม่ ภายใต้สภาพควบคุมอุณหภูมิและไม่ควบคุมอุณหภูมิ ได้อย่างแม่นยำ สมการที่คิดขึ้นจึงสามารถปรับใช้ในการคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าจากทฤษฎีให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของระบบสำรองไฟฟ้า

3. เตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดสอบระบบสำรองไฟฟ้า

เตรียมแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 16 ลูก พร้อมอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าและเครื่องมีวัดแรงดันกระแส และเวลา เพื่อใช้ในการทดสอบระบบสำรองไฟฟ้า ระบบการทดสอบระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบการทดสอบระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า

4. กำหนดเงื่อนไขการทดสอบระบบสำรองไฟฟ้า

ทำการทดลองระบบสำรองไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 4 ครั้ง ดังนี้

4.1 ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิ

4.2 ทดสอบแบตเตอรี่เก่า 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิ

4.3 ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ

4.4 ทดสอบแบตเตอรี่เก่า 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ

โดยนิยาม แบตเตอรี่ใหม่ ว่ามีอายุการใช้งานไม่เกิน 6 เดือน และยังไม่ผ่านรอบการชาร์จ-ดิสชาร์จครบ 50 ครั้ง โดยงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งาน 6 เดือน ในขณะที่แบตเตอรี่เก่า หมายถึงแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วมากกว่า 3 ปี และมีความจุที่วัดได้ต่ำกว่า 80% ของค่ามาตรฐาน โดยงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งาน 5 ปี 5 เดือน) ในส่วนของอุณหภูมิในการควบคุม ถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ขณะที่ในการไม่ควบคุมอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $33\text{--}38^{\circ}\text{C}$ ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพการติดตั้งจริงของตู้โทรคมนาคมกลางแจ้ง

ระหว่างการทดสอบทำการบันทึกผลแรงดันไฟฟ้า และเวลาการคายประจุจนถึงแรงดันปลายทาง (Terminal Voltage) ที่กำหนด

5. ดัชนีชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลอง

โดยงานวิจัยนี้ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นดัชนีชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

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

โดยที่ A_t คือ ค่าจริง ณ เวลา t , F_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ n คือ จำนวนข้อมูลที่นำมาพิจารณา โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการพยากรณ์ หากค่าที่ได้ต่ำหมายถึงแบบจำลองมีความแม่นยำสูง[11-12]

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์เพื่อคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าของระบบสำรองไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ ตามลักษณะพื้นที่การติดตั้งของระบบ และลักษณะการใช้งานของแบตเตอรี่ เพื่อให้ทราบถึงค่าความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 กรณีแสดงผลการวิจัยดังนี้

1. ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 1 นำแบตเตอรี่ใหม่ (ใช้งานมาแล้ว 6 เดือน) ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ติดตั้งในพื้นที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (25°C) ต่อเชื่อมกับโหลดในระบบงานโทรคมนาคมจริงขนาด 9.7 แอมแปร์ ผลการคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 8.66 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 9.78

ชั่วโมงและผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 88.50% แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยควบคุมอุณหภูมิ

Case study 1. (Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	98.75%
Effect Temperature(%)	94.00%
Performance Remaining(%)	80.00%
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	8.66
Test Runtime (Hr)	9.78
Accuracy (%)	88.50

2. ทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 2 นำแบตเตอรี่เก่าขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก มาทดสอบในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (25°C) ผลการคาดการณ์ระยะสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 4.44 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 5.12 ชั่วโมงและผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 86.76% แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยควบคุมอุณหภูมิ

Case study 2. (Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	75.88
Effect Temperature(%)	88.00
Performance Remaining(%)	50.00
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	4.44
Test Runtime (Hr)	5.12
Accuracy (%)	86.76

3. ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 3 นำแบตเตอรี่ใหม่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิมาทดสอบ ผลการคาดการณ์ระยะสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 6.46 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 7.11 ชั่วโมง และผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 90.81% แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

Case study 3. (No Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	98.75
Effect Temperature(%)	67.00
Performance Remaining(%)	80.00
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	6.46
Test Runtime (Hr)	7.11
Accuracy (%)	90.81

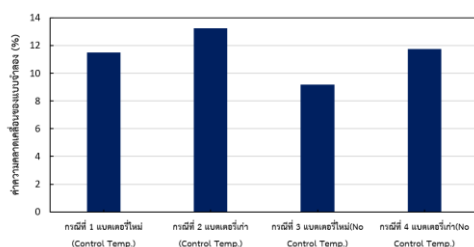
4. ทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 4 นำแบตเตอรี่เก่าขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก นำมาจาก Site Telecom ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิมาทดสอบ ผลการคาดการณ์ระยะสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 1.99 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 2.25 ชั่วโมงและผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 88.25% แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

Case study 4. (No Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	75.88
Effect Temperature(%)	63.00
Performance Remaining(%)	20.00
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	1.99
Test Runtime (Hr)	2.25
Accuracy (%)	88.25

จากกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณีสามารถนำผลการทดสอบไปพลอตกราฟเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน(%)ของแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่สร้างขึ้นแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองของกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี

จากภาพที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองที่นำเสนอ เพื่อใช้ในการทำนายเวลาสำรองไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการวัดผลจริงพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 11.42%

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง สำหรับระบบโทรคมนาคม โดยพิจารณาปัจจัยด้านอายุการใช้งานของแบตเตอรี่และอุณหภูมิแวดล้อม พบว่าแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำนายระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าความแม่นยำของผลการคำนวณเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริงอยู่ในช่วง 86.76–90.81% และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.58% ซึ่งสอดคล้องกับค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ที่คำนวณได้เท่ากับ 11.42% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่เสนอมีความถูกต้องในระดับสูง

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่ใหม่สามารถสำรองไฟได้ยาวนานกว่าแบตเตอรี่เก่าประมาณ 10–20% เนื่องจากค่าความต้านทานภายในต่ำกว่าและสมรรถนะทางเคมีของเซลล์ยังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ในขณะที่แบตเตอรี่เก่ามีการเสื่อมของแผ่นขั้วไฟฟ้า ส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายกระแสลดลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้อุณหภูมิยังเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสมรรถนะ โดยกรณีที่ระบบติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิจะมีระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าลดลงเฉลี่ย 10–15% เมื่อเทียบกับพื้นที่ติดตั้งที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ในช่วงเหมาะสม (ประมาณ 25–30°C) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์และผลการศึกษาของ Gharehghani et al. [10] ที่ระบุว่าอุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไปทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการทดสอบจริง พบว่าผลลัพธ์มีความสอดคล้องกันในระดับที่น่าพอใจ โดยแบบจำลองสามารถคาดการณ์ค่าเวลาสำรองไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับค่าทดสอบจริงมากกว่า 80% ทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิ แสดงให้เห็นถึงความสามารถของสมการที่พัฒนาขึ้นในการสะท้อนผลของตัวแปรหลัก ได้แก่ อายุแบตเตอรี่ (Battery Life %), สมรรถนะที่เหลือ (Performance Remaining %), และผลกระทบของอุณหภูมิ (Effect of Temperature %) ต่อระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าได้อย่างเป็นระบบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณบริษัทซิมโพนี่จำกัดมหาชนที่อนุเคราะห์พื้นที่ศึกษาให้นักวิจัยได้ทำการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- [1] *Future Trends of Information Technology*, Prosoft HCM. (Accessed: 2025, September 26). [Online]. Available: <https://www.prosofthcm.com/Article/Detail/16795/>
- [2] C. Chaitip, "Backup power system for telecommunication sites," B. Eng. Project (Electrical Engineering), Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Thailand, 2024.
- [3] F. Mahdavian, S. Platt, M. Wiens, M. Klein, and F. Schultmann, "Communication blackouts in power outages: Findings from scenario exercises in Germany and France," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 46, Article 101628, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.ijdr.2020.101628.
- [4] M. Chen and G. A. Rincón-Mora, "Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 21, no. 2, pp. 504–511, Jun. 2006.
- [5] S. Piller, M. Perrin, and A. Jossen, "Methods for state-of-charge determination and their applications," *Journal of Power Sources*, vol. 96, no. 1, pp. 113–120, Jun. 2001.
- [6] W. Peukert, "Über die Abhängigkeit der Kapazität von der Entladestromstärke bei Bleiakкумуляtoren," *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. 20, pp. 287–288, 1897.
- [7] I. Buchmann, *Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers*, 3rd ed., Cadex Electronics Inc., 2011.
- [8] Y. Zhang, C. Liu, and H. Li, "Reliability analysis of backup power systems for telecommunication networks," *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 67, no. 3, pp. 1179–1188, Sep. 2018.

- [9] R. Sharma, N. Singh, and K. Rao, "Impact of power outage on telecommunication systems: a reliability perspective," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 132, pp. 107205, May 2021.
- [10] A. Gharehghani, J. Gholami, P. Shamsizadeh, and S. Mehranfar, "Effect analysis on performance improvement of battery thermal management in cold weather," *Journal of Energy Storage*, vol. 45, pp. 103728, 2022.
- [11] P. Dawan, K. Sriprapha, S. Kittisontirak, T. Boonraksa, N. Junhuathon *et al.*, "Comparison of power output forecasting on the photovoltaic system using adaptive neuro-fuzzy inference systems and particle swarm optimization-artificial neural network model," *Energies*, vol. 13, no. 2, p. 351, 2020, doi: 10.3390/en13020351.
- [12] N. Khortsriwong, P. Boonraksa, T. Boonraksa, T. Fangsuwannarak, A. Boonsrirat, W. Pinthurat, and B. Marungsri, "Performance of deep learning techniques for forecasting PV power generation: A case study on a 1.5 MWp floating PV power plant," *Energies*, vol. 16, no. 5, p. 2119, 2023, doi: 10.3390/en16052119.

การออกแบบเคาน์เตอร์ครัวด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ ร่วมกับการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

ชนาธิกา กาเลียง¹, ชุกรี แดสา^{1,2*}, ดลยา บัวคำ^{1,2}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

²ศูนย์วิจัยอุตสาหกรรมอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Email: chukree.d@psu.ac.th

Received: Jun 23, 2025

Revised: Nov 17, 2025

Accepted: Dec 01, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) และการใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อออกแบบและพัฒนาเคาน์เตอร์ครัวให้ตรงต่อความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยได้ทำการรวบรวม ข้อมูลความต้องการของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลจำนวน 80 ราย และผู้เชี่ยวชาญอีก 8 ท่าน จากนั้นจึงใช้ AHP กับกลุ่มตัวอย่าง 30 รายเพื่อเปรียบเทียบแบบจับคู่และคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเพื่อวิเคราะห์หาความต้องการของลูกค้าและพัฒนาสินค้าต้นแบบ ตามหลักเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ ผลการวิเคราะห์พบว่า “ความแข็งแรงของโครงสร้าง” มีค่าน้ำหนักสูงสุด (0.32) รองลงมาคือ “ความสะดวกในการใช้งาน” (0.27) และ “ความทนทานต่อความชื้น” (0.21) จากผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ 30 ราย พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวม 4.48 จาก 5 โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือความแข็งแรง (4.63) และความสะดวกในการใช้งาน (4.55) แสดงให้เห็นว่าการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริงด้วยเทคนิค QFD-AHP สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างครบถ้วน ทั้งในด้านความทันสมัย ความแข็งแรง ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งาน อีกทั้งยังสร้างจุดเด่นเหนือคู่แข่งด้วยการเลือกใช้วัสดุที่ทนทานต่อความชื้นและสารเคมี รวมถึงออกแบบให้สอดคล้องกับหลักสรีรศาสตร์อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ, บ้านคุณภาพ, กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น, เคาน์เตอร์ครัว, ออกแบบผลิตภัณฑ์

Kitchen Counter Design Using Quality Function Deployment Integrated with Analytic Hierarchy Process

Chanathinart Kaleing¹, Chukree Daesa^{1,2*}, Dollaya Buakum^{1,2}

¹Department of Industrial and Production Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

²Smart Industry Research Center, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

Email: chukree.d@psu.ac.th

Received: Jun 23, 2025

Revised: Nov 17, 2025

Accepted: Dec 01, 2025

Abstract

This research applies the Quality Function Deployment (QFD) technique together with the Analytic Hierarchy Process (AHP) to design and develop a kitchen counter that best meets customer requirements. The study collected customer needs from 80 respondents and expert evaluations from 8 specialists. Subsequently, the AHP technique was applied to a sample group of 30 participants to conduct pairwise comparisons and calculate the weight of importance for each design factor. The analysis results indicated that “structural strength” had the highest weight (0.32), followed by “ease of use” (0.27) and “moisture resistance” (0.21). A satisfaction evaluation of 30 users revealed an overall mean score of 4.48 out of 5.00, with the highest-rated factors being structural strength (4.63) and ease of use (4.55). These findings demonstrate that the kitchen counter design developed through the QFD–AHP integration effectively fulfills customer expectations in terms of modernity, strength, safety, and usability. Moreover, it establishes a competitive advantage through the selection of materials resistant to moisture and chemicals and ergonomic design suitable for real-world usage.

Keywords: Quality Function Deployment, House of Quality, Analytic Hierarchy Process, Kitchen Counter, Product Design

บทนำ

การออกแบบเคาน์เตอร์ครัวเป็นองค์ประกอบสำคัญของสถาปัตยกรรมภายใน ซึ่งต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการใช้งาน ความสะดวกสบาย และความปลอดภัย โดยมีหลักการที่สำคัญ เช่น ทฤษฎี หลักการยศาสตร์ เป็นแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบห้องครัวโดยกำหนดจุดสำคัญสามจุด ได้แก่ เตา, อ่างล้างจาน และตู้เย็น ซึ่งควรจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่ลดการเดินทางและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน รวมถึงการเลือกวัสดุที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน [9] และความปลอดภัยของผู้ใช้งาน เคาน์เตอร์ครัวไม่จริงเป็นที่นิยมในหมู่ผู้บริโภค เนื่องจากมีความสวยงามเป็นธรรมชาติและสร้างบรรยากาศที่อบอุ่นให้กับพื้นที่ครัว อย่างไรก็ตาม เคาน์เตอร์ครัวไม่จริงในปัจจุบันยังประสบปัญหาหลายด้าน เช่น ความไวต่อความชื้นที่อาจทำให้เกิดการบวม การโก่งตัวของไม้ หรือเชื้อรา การเกิดรอยขีดข่วน และรอยด่างจากการใช้งาน การบำรุงรักษาที่ยุ่งยาก นอกจากนี้ ปัญหาด้านสุขอนามัยยังเป็นอีกประเด็นสำคัญ เนื่องจากไม้สามารถดูดซับของเหลวและกลิ่นได้ง่าย [9] ทำให้เกิดการสะสมของแบคทีเรียและคราบสกปรก อย่างไรก็ตาม การออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริงให้ตอบโจทย์ทั้งความสวยงามและการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์และตัดสินใจในหลายปัจจัย การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริงโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) [1], [2] ร่วมกับการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) [3], [4], [5] จากการทำทายดังกล่าว การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการที่สามารถสะท้อน “เสียงของลูกค้า” (Voice of Customer: VOC) ไปสู่การกำหนด

ข้อกำหนดเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นระบบ หนึ่งในเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือ การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ซึ่งถูกพัฒนาโดย Akao [1] เพื่อเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ในการถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าไปสู่กระบวนการออกแบบและผลิต ผ่านเมทริกซ์ “บ้านคุณภาพ” (House of Quality: HOQ) ซึ่งช่วยเชื่อมโยงความต้องการของผู้ใช้กับพารามิเตอร์ทางวิศวกรรม [2] การเลือกปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบมักมีความซับซ้อน และมีจำนวนปัจจัยที่หลากหลาย จึงมีการประยุกต์ใช้เทคนิค การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) [3] ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจแบบมีโครงสร้าง โดยอาศัยการเปรียบเทียบแบบจับคู่ (pairwise comparison) เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยในลักษณะเชิงปริมาณ [4], [5] การทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาได้นำเทคนิค QFD และ AHP ไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายบริบท เช่น การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้เคลือบฟิล์มโดย Chen และ Sun [6] การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ตลอดวงจรชีวิตโดย Liu et al. [7] รวมถึงการออกแบบเก้าอี้ตามหลัก Kano-AHP โดย Zhang et al. [8] ผลการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการบูรณาการเทคนิคเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ในบริบทของผลิตภัณฑ์ชุมชน เช่น เซรามิก [10], เครื่องล้างผักและผลไม้ [11], โต๊ะ-เก้าอี้อนุบาล [12], เฟอร์นิเจอร์จากไม้ปาล์ม [13] และบรรจุภัณฑ์ขนมเปียะ [14] ซึ่งล้วนแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแนวทางนี้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะงานวิจัยที่ผ่านมาจะประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ AHP เพื่อเพิ่ม

คุณภาพการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การศึกษาในบริบทของเฟอร์นิเจอร์ครัวไม้จริง โดยเฉพาะเคาน์เตอร์ครัวยังมีจำกัด งานส่วนใหญ่เน้นการใช้เทคนิคเพียงด้านเดียว ขาดการผสมผสานเครื่องมือทั้งสองอย่างเป็นระบบ และยังไม่คำนึงถึงปัจจัยด้านการยศาสตร์และความปลอดภัยร่วมด้วย [6]–[9] งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยเสนอกรอบการออกแบบที่ผสมผสาน QFD และ AHP ร่วมกับแนวคิดด้านการยศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เคาน์เตอร์ครัวที่ตรงตามเสียงของลูกค้า (VOC) และสร้างความแตกต่างเชิงการแข่งขันได้จริง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์เคาน์เตอร์ครัวไม้จริง โดยใช้เทคนิค QFD ในการแปลง VOC สู่ข้อกำหนดทางเทคนิค และใช้ AHP ในการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านการออกแบบ เพื่อให้ได้ต้นแบบเคาน์เตอร์ครัวที่ตอบโจทย์ทั้งด้านฟังก์ชัน ความแข็งแรง ความปลอดภัย ความสะดวกในการดูแลรักษา และการใช้งานตามหลักการยศาสตร์อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและรวบรวมความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการใช้งานเคาน์เตอร์ครัวไม้จริง
2. เพื่อถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าสู่ข้อกำหนดทางเทคนิคโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)
3. เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์เคาน์เตอร์ครัวต้นแบบที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบและวิธีการวิจัย

1. สืบค้นและรวบรวมข้อมูลความต้องการสำหรับนำเข้าบ้านคุณภาพ

1.1 กำหนดกลุ่มเป้าหมาย ทำให้สามารถโฟกัสไปที่กลุ่มที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับ

ปัญหาหรือวัตถุประสงค์ของการศึกษา แยกแยะแนวโน้ม พฤติกรรม และปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้

1.2 สืบค้นความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์หรือสำรวจด้วยการถามคำถามปลายเปิดจากกลุ่มเป้าหมาย จากข้อมูลฝ่ายขายของทางบริษัท จากกลุ่มเป้าหมายที่เป็นจุดสนใจและทำแบบสอบถาม ได้แบ่งลูกค้าออกแบบมาเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ คือ กลุ่มที่สร้างบ้านเอง จำนวน 24 ราย กลุ่มซื้อบ้านจัดสรรจำนวน 40 ราย และ กลุ่มผู้รับเหมา จำนวน 16 ราย จากนั้นได้ทำแบบสอบถาม เพื่อหาความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบสอบถามแบบปลายเปิด เป็นจำนวน 80 ราย ทั้งออนไลน์และออฟไลน์ แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบถ้อยคำใหม่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำบ้านคุณภาพ

2. การสร้างบ้านคุณภาพ

2.1 จัดกลุ่มลักษณะความต้องการให้เป็นหมวดหมู่ ด้วยแผนภาพต้นไม้ (Tree diagram) เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนป้อนเข้าในส่วนที่ 1 โดยเป็นองค์ประกอบของส่วนผนังด้านซ้ายของบ้านคุณภาพ และนำไปใช้ออกแบบแบบสอบถามเพื่อหาระดับความสำคัญของความต้องการในแต่ละประเด็น

2.2 นำข้อมูลความต้องการที่แยกตามหมวดหมู่ แล้วมาออกแบบและจัดทำเป็นแบบสอบถาม เพื่อนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลสำหรับหาระดับความสำคัญของความต้องการในแต่ละประเด็น แต่จะต้องดำเนินการวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถาม (Index of Item Objective Congruence; IOC) ด้วยการใช้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 8 ท่าน โดยพิจารณาประเด็นความต้องการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป สามารถผ่านเกณฑ์ความสอดคล้องได้ และจะนำไปให้กลุ่มเป้าหมายตอบแบบสอบถามต่อไป

2.3 วิเคราะห์หาคะแนนความสำคัญ
ของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละประเด็น
(Technical priority) โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ
Mean Score Analysis การวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย
(Mean Score Analysis) หรือ การจัดลำดับ
ความสำคัญโดยใช้ค่าเฉลี่ย เป็นวิธีการเชิงสถิติที่
นำผลจากแบบสอบถามหรือข้อมูลเชิงสำรวจมา
หาค่าเฉลี่ย เพื่อประเมินความสำคัญของตัวแปร
หรือคุณลักษณะต่าง ๆ ในการวิจัยหรือพัฒนา
โครงการ (Important weight; IMP) โดยการนำ
คะแนนของการหาค่าเฉลี่ยมาใช้เป็นค่าน้ำหนัก
ของแต่ละปัจจัย

3. กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น
(Analytic hierarchy process; AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น นำมาใช้
ในกระบวนการตัดสินใจเพื่อนำไปสู่ค่าลำดับ
ความสำคัญของแต่ละทางเลือกกว่าทางเลือกใดมี
ค่าสูงสุดแล้วนำมาประกอบการตัดสินใจในการ
ออกแบบเคาน์เตอร์ครัวเป็นอันดับแรก

4. การออกแบบเคาน์เตอร์ครัวต้นแบบ

ออกแบบผลิตภัณฑ์เคาน์เตอร์ครัวไม้ และ
สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. การสำรวจความพึงพอใจเปรียบเทียบกับ
คู่แข่งโดยกำหนดคู่แข่งจากผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นฐาน
สินค้าในประเภทเดียวกัน คือ เคาน์เตอร์ครัวไม้
จริง และสอบถามกับทางกลุ่มเป้าหมายว่าใน
ปัจจุบันสินค้าตอบสนองความต้องการของลูกค้า
มากน้อยเพียงใดในแต่ละประเภทหัวข้อที่กำหนด
ในบ้านคุณภาพ

ผลการวิจัย

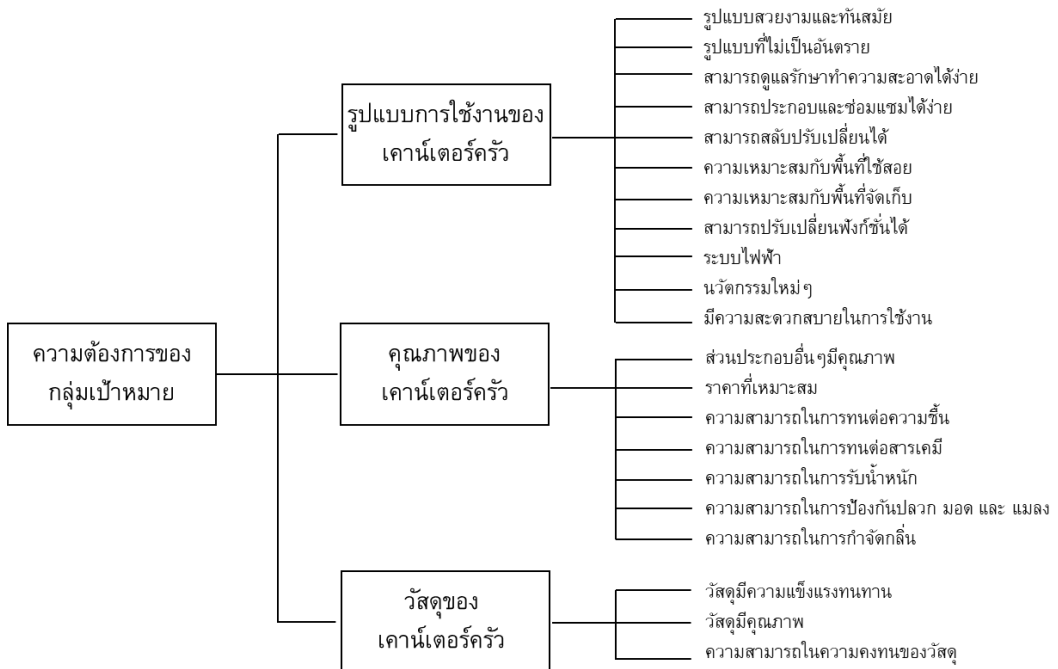
1. ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลความ
ต้องการสำหรับนำเข้าบ้านคุณภาพ

1.1 ผลการกำหนดกลุ่มเป้าหมาย โดย
การวิจัยในครั้งนี้เล็งเห็นว่าใช้กลุ่มเป้าหมายที่เป็น
Gen X และ Gen Y ที่อยู่ในช่วงวัย 26-57 ปี มา เป็น
กลุ่มเป้าหมาย เพราะ กลุ่ม Gen X และ Gen Y
มีแนวโน้มในการซื้อและรีโนเวทที่พักอาศัย
ค่อนข้างสูง เนื่องจากผู้คนกลุ่มดังกล่าว ต้องการ
ความมั่นคงในชีวิต เป็นช่วงที่ต้องการสร้างความ
มั่นคงทั้งทางด้านการเงินและที่อยู่อาศัย ต้องการ
พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับครอบครัวที่เติบโตขึ้น
และ การมีทรัพย์สินเป็นของตนเองเพื่อเพิ่มมูลค่า
ได้ในอนาคต

1.2 สำรวจความต้องการของกลุ่ม
เป้าหมาย (Voice of customer) โดยใช้วิธีการ
สัมภาษณ์หรือสำรวจด้วยการถามคำถาม
ปลายเปิดจากกลุ่มเป้าหมายที่เป็นจุดสนใจและ
ทำแบบสอบถาม โดยได้แบ่งลูกค้าออกเป็น 3
กลุ่มหลักๆ คือ กลุ่มที่สร้างบ้านเอง กลุ่ม
ซื้อบ้านจัดสรร และ กลุ่มผู้รับเหมา จากนั้นได้
ทำแบบสอบถาม เพื่อหาความต้องการของ
กลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบสอบถามแบบปลายเปิด
เป็นจำนวน 80 คนทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์
แล้วจึงนำไปเรียบเรียงถ้อยคำใหม่ จากนั้นนำ
ข้อมูลที่ได้มาทำบ้านคุณภาพ โดยเมื่อได้รับข้อมูล
ความต้องการจากกลุ่มเป้าหมายแล้ว จึงนำผลที่
ได้มาเรียบเรียง ถ้อยคำใหม่ (Reworded data)

2. ผลการดำเนินการในส่วนที่ 1 ของบ้าน
คุณภาพ

2.1 การจัดกลุ่มลักษณะความต้องการ
ให้เป็นหมวดหมู่ โดยการใช้แผนภาพต้นไม้ (Tree
diagram) หรือแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity
diagram) จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังต้นไม้

2.2 จากการวิเคราะห์เสียงของลูกค้า (VOC) และการแปลงข้อมูลเข้าสู่เมทริกซ์บ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) สามารถสรุปข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญในการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม้จริงได้ เช่น ความแข็งแรงและความมั่นคงของโครงสร้าง ความสูงที่เหมาะสมตามหลักกายศาสตร์ ความสะดวกในการทำความสะอาด วัสดุที่ทนความชื้นและปลวก พื้นที่จัดเก็บที่เพียงพอ ความสวยงามของพื้นผิวไม้ ความปลอดภัยของขอบมุมเคาน์เตอร์ การติดตั้งและเคลื่อนย้ายที่สะดวก ความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอย ผลลัพธ์จาก HOQ ยังแสดงให้เห็นว่า “ความแข็งแรงของโครงสร้าง” และ “ความสูงที่เหมาะสม” มีความสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยมีค่าน้ำหนักรวมสูงสุด และถูกกำหนดให้เป็นคุณลักษณะหลักในการออกแบบต้นแบบ ข้อมูลนี้จึงถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแนวคิดการออกแบบและ

นำไปสู่การสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ต้นแบบในขั้นตอนถัดไป

2.3 ประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำไปจัดทำเป็น ระดับคะแนนความสำคัญในประเด็นความต้องการของการออกแบบเคาน์เตอร์ครัว พบว่าระดับความสำคัญของความต้องการของปัจจัยต่าง ๆ จากกลุ่มเป้าหมายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวทั้งหมด 80 ราย เมื่อพิจารณาแล้วทุก ๆ ด้านมีความสำคัญ และมีผลต่อความต้องการในระดับมากที่สุด

2.4 เมื่อได้ค่าระดับความสำคัญของความต้องการแล้ว ดังนั้นจึงนำมาหาคะแนนความสำคัญของความต้องการ (IMP) ของเคาน์เตอร์ครัวสำเร็จรูปต่อไป โดยค่าคะแนนความสำคัญของความต้องการ (Needs priority) ในครั้งนี้จะใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Mean Score Analysis การวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean Score

Analysis) หรือ การจัดลำดับความสำคัญโดยใช้ค่าเฉลี่ย เป็นวิธีการเชิงสถิติที่นำผลจากแบบสอบถามหรือข้อมูลเชิงสำรวจมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อประเมินความสำคัญของตัวแปรหรือคุณลักษณะต่าง ๆ

2.5 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคกับปัจจัยความต้องการของผู้ใช้งาน โดยทำการระดมสมองร่วมกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อมูลในตอนต้นทั้ง 8 คน ในการให้คะแนนความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยความต้องการกับข้อกำหนดทางเทคนิค

2.6 วิเคราะห์ความเกี่ยวเนื่องในทางเทคนิค โดยการระดมสมองร่วมกับผู้เชี่ยวชาญแต่ละฝ่ายของบริษัท เป้าหมายทางเทคนิคและการเคลื่อนไหวของเป้าหมาย

2.7 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกันของข้อกำหนดทางเทคนิคของเคาน์เตอร์ครัวไม้ ซึ่งเป็นลูกค้าของบ้านคุณภาพ

2.8 วิเคราะห์หาคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละประเด็น (Technical priority) โดยใช้วิธี Technical priority และ Percentage of Total ซึ่งคะแนนส่วนที่ได้จะนำมากำหนดเป็น องค์ประกอบส่วนพื้นบ้านของบ้านคุณภาพ และส่วนประกอบอื่นๆ และมีสัญลักษณ์ค่าเป้าหมายดังนี้

↑ หมายถึง ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี
○ หมายถึง ค่าเป้าหมายเหมาะสม
↓ หมายถึง ค่าเป้าหมายยิ่งลดยิ่งดี
ของบ้านคุณภาพดังภาพที่ 2

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2568

[illegible]

ภาพที่ 2 องค์ประกอบทั้งหมดของบ้านคุณภาพที่ได้จากการวิเคราะห์

3. ผลการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในการออกแบบด้วยวิธี AHP

จากการนำเทคนิค AHP มาวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบเคาน์เตอร์ครัว โดยพิจารณาเกณฑ์หลัก ได้แก่ รูปแบบผลิตภัณฑ์, วัสดุที่ใช้, ความสะดวกในการใช้งาน, ความแข็งแรงของโครงสร้าง และความเหมาะสมกับการผลิต

ผลการเปรียบเทียบแบบจับคู่ (pairwise comparison) ที่ได้จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน พบว่า ปัจจัย ความแข็งแรงของโครงสร้าง ได้รับ

ค่าน้ำหนักสูงสุดที่ 0.32 รองลงมาคือ ความสะดวกในการใช้งาน (เช่น ความสูง พื้นที่วางของ) มีค่าน้ำหนัก 0.27 คุณภาพของวัสดุที่ใช้ เช่น ไม้ที่ทนความชื้น มีค่าน้ำหนัก 0.21 ความสวยงามของรูปแบบ ได้ค่าน้ำหนัก 0.13 ความเหมาะสมในการผลิต (เช่น การเข้ากับระบบผลิตของโรงงาน) ได้ค่าน้ำหนัก 0.07

จากผลลัพธ์นี้ สามารถนำไปใช้ในการให้ความสำคัญต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนออกแบบต้นแบบ โดยมุ่งเน้นปัจจัยด้านความแข็งแรงและความสะดวกในการใช้งานเป็นหลัก ดังตัวอย่างภาพที่ 3

ตารางเปรียบเทียบคู่ด้านความปลอดภัย	ต้องมีการลบลม R5-10 มม.	พอร์ตหรือปลั๊กไฟได้รับมาตรฐานความปลอดภัย มอก.	สร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งานจากการใช้วัสดุที่ได้รับการรองรับมาตรฐาน		
ต้องมีการลบลม R5-10 มม.	0.09091	0.13043	0.04762	0.26896	9%
พอร์ตหรือปลั๊กไฟได้รับมาตรฐานความปลอดภัย มอก.	0.45455	0.65217	0.71429	1.82101	61%
สร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งานจากการใช้วัสดุที่ได้รับการรองรับมาตรฐาน	0.45455	0.21739	0.2381	0.91003	30%
	1	1	1		

ภาพที่ 3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ AHP แต่ละหัวข้อในรูปยกตัวอย่างมาเพียงหัวข้อเดียวเท่านั้น

4. ผลการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวต้นแบบ

หลังจากสำรวจข้อมูลและประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อทำการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริง จนได้ข้อกำหนดทางเทคนิคในด้านที่กลุ่มเป้าหมายต้องการจึงได้ออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ได้จากการวิเคราะห์ในเชิงเทคนิค เพื่อนำเสนอรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความหลากหลายและตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 4 แสดงภาพจำลองของผลิตภัณฑ์ต้นแบบเคาน์เตอร์ครัว โดยสะท้อนให้เห็นองค์ประกอบที่เชื่อมโยงกับ VOC ที่สำคัญ เช่น ความสูง ความมั่นคง ความสวยงามของผิววัสดุ และฟังก์ชันจัดเก็บ



ภาพที่ 4 ผลการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริง

5. การสำรวจความพึงพอใจเปรียบเทียบกับคู่แข่ง เมื่อได้ออกแบบชุดครัวตามบ้านคุณภาพที่ได้ทำมา จากนั้นนำข้อมูลทำแบบสอบถามกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน ได้แก่ พนักงานขายชุดครัว เมินเนเจอร์ชุดครัว กลุ่มผู้รับเหมาและลูกค้าที่เข้ามาซื้อของตกแต่งบ้านกับบริษัทนราทองพลัส

โดยกำหนดคู่แข่งจากแบรนด์ที่มีพื้นฐานสินค้าในประเภทเดียวกัน คือ เคาน์เตอร์ครัวไม่จริง และสอบถามกับทางกลุ่มเป้าหมายว่าในปัจจุบันสินค้าตอบสนองความต้องการของลูกค้ามากน้อยเพียงใดในแต่ละประเภทหัวข้อที่กำหนดในบ้านคุณภาพ เป็นการสอบถามจากกลุ่มเป้าหมาย จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean Score) โดยพิจารณาประเด็นการเปรียบเทียบ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้ตรงตามวัตถุประสงค์ต่อไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบคะแนนความต้องการของลูกค้าระหว่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลิตภัณฑ์คู่แข่ง

ปัจจัยความต้องการ		คะแนนรวมของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (100)	คะแนนรวมของผลิตภัณฑ์คู่แข่ง ต้นแบบ (100)	ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ	ค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คู่แข่ง
ด้านรูปแบบของเคาน์เตอร์ครัว	รูปแบบสวยงามและทันสมัย	64	76	3.2	3.8
	รูปแบบที่ไม่เป็นอันตราย	78	66	3.9	3.3
	สามารถดูแลรักษาทำความสะอาดได้ง่าย	86	86	4.3	4.3
	สามารถประกอบและซ่อมแซมได้ง่าย	76	66	3.8	3.3
	สามารถปรับเปลี่ยนได้	86	86	4.3	4.3
	ความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอย	100	100	5	5
	ความเหมาะสมกับพื้นที่จัดเก็บ	92	82	4.6	4.1
	ระบบไฟฟ้า	94	58	4.7	2.9
	นวัตกรรมใหม่ๆ	88	56	4.4	2.8
	มีความสะดวกสบายในการใช้งาน	94	78	4.7	3.9
	ส่วนประกอบอื่นที่มีคุณภาพ	86	78	4.3	3.9
ด้านคุณภาพของเคาน์เตอร์ครัว	ราคาที่เหมาะสม	64	80	3.2	4
	ความสามารถในการทนต่อความชื้น	88	44	4.4	2.2
	ความสามารถในการทนต่อการเคี้ยว	82	68	4.1	3.4
	ความสามารถในการรับน้ำหนัก	86	74	4.3	3.7
	ความสามารถในการป้องกันปลวก มอด และ แมลง	94	46	4.7	2.3
	ความสามารถในการกำจัดกลิ่น	78	54	3.9	2.7
	วัสดุมีความแข็งแรงทนทาน	86	84	4.3	4.2
ด้านวัสดุของเคาน์เตอร์ครัว	วัสดุมีคุณภาพ	58	74	2.9	3.7
	ความสามารถในความคงทนของวัสดุ	72	72	3.6	3.6

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) สามารถถ่ายทอด “เสียงของลูกค้า” (Voice of Customer: VOC) สู่ข้อกำหนดเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งช่วยให้การ

ออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริงตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1]–[5].

จากการวิเคราะห์ด้วย QFD-AHP พบว่า “ความแข็งแรงของโครงสร้าง” มีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุด (0.32) รองลงมาคือ “ความสะดวกในการใช้งาน” (0.27) และ “ความทนทานต่อความชื้น” (0.21). ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Akao [1] และ Chan & Wu [2] ที่ระบุว่าปัจจัยเชิงโครงสร้างและวัสดุเป็น

องค์ประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง เช่น ห้องครัว ซึ่งวัสดุที่มีความแข็งแรงและทนต่อความชื้นจะส่งผลต่ออายุการใช้งานและคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ การออกแบบที่คำนึงถึงหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) ยังมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Saaty [4] ที่เสนอว่า การใช้เทคนิค AHP สามารถช่วยจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้านการออกแบบได้อย่างเป็นระบบและลดความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจ. ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้จำนวน 30 ราย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวม 4.48 จาก 5.00 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบด้วย QFD-AHP สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างแท้จริง โดยเฉพาะในด้านความแข็งแรง (4.63) และความสะดวกในการใช้งาน (4.55). ผลลัพธ์นี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Chen และ Sun [6] รวมถึง Liu et al. [7] ที่ชี้ว่าการผสมผสานเทคนิค QFD กับ AHP เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้.

ในเชิงการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์คู่แข่งพบว่า เคาน์เตอร์ครัวที่ออกแบบด้วย QFD-AHP มีความแตกต่างเชิงการแข่งขันอย่างชัดเจน โดยสามารถตอบโจทย์ด้าน “วัสดุที่ทนความชื้นและสารเคมี” และ “การออกแบบตามหลักการยศาสตร์” ซึ่งเป็นจุดที่ผลิตภัณฑ์ในตลาดทั่วไปยังไม่ให้ความสำคัญเพียงพอ. การเลือกใช้วัสดุไม้ผ่านกระบวนการอบร้อน (ThermoWood) ยังช่วยเพิ่มความทนทานต่อสภาวะการใช้งานจริง และเป็นแนวทางสอดคล้องกับแนวคิดด้านความยั่งยืนในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ [7], [9].

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านขนาดตัวอย่าง และการทดสอบภาคสนาม ซึ่งยัง

อยู่ในขอบเขตจำลองการใช้งานจริง การขยายขนาดตัวอย่างและการทดสอบในสภาวะใช้งานจริงในอนาคต จะช่วยยืนยันความทนทานของวัสดุและความเหมาะสมของการออกแบบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น.

ในแง่ของ ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ ผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์สามารถนำกรอบการออกแบบ QFD-AHP ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นภายในบ้าน เช่น ตู้เก็บของ โต๊ะ หรือชั้นวาง เพื่อปรับปรุงคุณภาพและความพึงพอใจของผู้บริโภค ขณะเดียวกัน นักวิจัยสามารถขยายผลโดยผสมผสานเทคนิคอื่น เช่น TRIZ หรือ Fuzzy AHP เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินคุณลักษณะเชิงเทคนิคและพฤติกรรมผู้ใช้ในอนาคต.

โดยสรุป งานวิจัยนี้ไม่เพียงสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการใช้เทคนิค QFD-AHP ในการออกแบบเคาน์เตอร์ครัวไม่จริงเท่านั้น แต่ยังยืนยันถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงแนวคิดด้านการยศาสตร์ วัสดุศาสตร์ และวิศวกรรมการออกแบบเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคและมีความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืนในตลาดเฟอร์นิเจอร์ไม่จริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ดลยา บัวคำ และ ผศ.ดร.ชุกรี แดสา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบความถูกต้อง และให้แนวทางในการพัฒนางานวิจัยตลอดระยะเวลาการดำเนินงานด้วยดี

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท นราทองพลัส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิคด้านวัสดุ ขั้นตอนการผลิต ตลอดจนเปิดโอกาสให้เข้าศึกษางานจริงในสถานประกอบการ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาเนื่อหา งานวิจัยให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ความกรุณาและความร่วมมือจากทุกท่าน
นับเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- [1] Y. Akao, *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Portland, OR: Productivity Press, 1990.
- [2] L. K. Chan and M. L. Wu, "Quality function deployment: A literature review," *European Journal of Operational Research*, vol. 143, no. 3, pp. 463–497, 2002.
- [3] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, NY: McGraw-Hill, 1980.
- [4] T. L. Saaty, "How to make a decision: The analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research*, vol. 48, no. 1, pp. 9–26, 1990.
- [5] W. Ho and X. Ma, "The analytic hierarchy process for decision making: An overview of applications," *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 22, pp. 6653–6675, 2017.
- [6] Y. Chen and H. Sun, "R&D strategy study of customized furniture with film-laminated wood-based panels based on an Analytic Hierarchy Process/Quality Function Deployment integration approach," ResearchGate, 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/374917779>
- [7] M. Liu, L. Zhang, and J. Wu, "Research on the whole life cycle of a furniture design and development system based on sustainable design theory," ResearchGate, 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/375792747>
- [8] Q. Zhang, H. Li, and X. Chen, "Research on harmonious design of chairs based on the Kano model and Analytic Hierarchy Process," *BioResources*, vol. 19, no. 2, pp. 2674–2688, 2024.
- [9] S. Lin, P. Wang, and Y. Zhao, "Kitchen ergonomics in health and healthcare: A rapid scoping review," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, e29547, 2024.
- [10] N. Narintorn, "Application of quality function deployment in development of pottery products: A case study of pottery community enterprise in Nakhon Si Thammarat Province," Unpublished academic report, SE-ED, 2019.
- [11] S. Rattanapong, "Application of quality function deployment for fruit and vegetable washing machine design planning," Unpublished research report, 2022.
- [12] P. Khumthong, "Design and development of kindergarten table-chair set products from rubberwood using qualitative functional distribution techniques," Unpublished thesis, 2019.

- [13] C. Rattanamongkol, “*Design and development of furniture products made from oil palm trunk using quality function deployment technique: A case study of oil palm wooden furniture manufacturer, Satun Province,*” Unpublished thesis, 2020.
- [14] K. Saetang, “*Packaging design for Chinese pastries of community products by applying quality function deployment,*” Unpublished thesis, 2022.

แบบจำลองการประเมินความเสี่ยงอาคารหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหว ตามวิธีการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว

นภภูมิ อุ่นเป้ง¹, ไพจิตร ผาวัน², วริศรา เลิศไพฑูรย์พันธุ์³

^{1,2,3}คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Email: pajit.pa@spu.ac.th

Received: May 25, 2025

Revised: Sep 18, 2025

Accepted: Dec 02, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองการประเมินความเสี่ยงของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหว โดยประยุกต์ใช้แนวทางการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว (Rapid Visual Screening: RVS) ที่พัฒนาโดย FEMA และปรับให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีชั้นดินอ่อน เช่น กรุงเทพมหานคร วิธีการประเมินประกอบด้วยการกำหนดคะแนนพื้นฐานตามประเภทโครงสร้าง และปรับคะแนนตามปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ เช่น ความสูงของอาคาร ความไม่สมมาตรทางโครงสร้าง ลักษณะดิน และสภาพการเสื่อมสภาพของโครงสร้าง จากนั้นคำนวณคะแนนรวม (Final RVS Score) และใช้สมการโลจิสติกในการแปลงคะแนนเป็นความน่าจะเป็นของการพังทลาย การศึกษาภาคสนามดำเนินการกับอาคารตัวอย่างจำนวน 5 หลัง พบว่าความสูงของอาคารมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางกับค่า RVS ($p = -0.625$) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับค่าความน่าจะเป็นของการพังทลาย ($p = +0.675$) โดยอาคาร B5 มีความเสี่ยงสูงที่สุด (ความน่าจะเป็นพังทลาย 73.11%) แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ต้องอาศัยแบบก่อสร้างหรือการวิเคราะห์เชิงลึก เหมาะสำหรับการจัดลำดับความสำคัญในการบริหารจัดการอาคารหลังแผ่นดินไหว และช่วยลดการรื้อถอนอาคารโดยไม่จำเป็น ซึ่งส่งเสริมแนวทางการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว, แผ่นดินไหว, การประเมินความเสี่ยง, ความน่าจะเป็นของการพังทลาย, อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

Building Risk Assessment Model after Earthquake Using Rapid Assessment Method

Napapoom Ounpeng¹, Pajjit Pawan², Warisara Lertpaitoonpan³

^{1,2,3}School of Engineering, Sripatum University

Email: pajjit.pa@spu.ac.th

Received: May 25, 2025

Revised: Sep 18, 2025

Accepted: Dec 02, 2025

Abstract

This study proposes a seismic risk assessment model for reinforced concrete buildings following an earthquake by applying the Rapid Visual Screening (RVS) method, adapted to suit Thailand's urban and geotechnical context. The assessment process combines standardized scoring from FEMA P-154 with field-surveyed physical indicators such as building height, number of stories, plan irregularities, presence of shear walls, and visible damage. These factors are converted into a Final RVS Score through basic scoring and adjustment factors (Score Modifiers). A logistic regression model is then employed to estimate the collapse probability based on the Final RVS Score. Field surveys were conducted on five buildings located in Bangkok, an area characterized by soft soil and moderate seismic risk. The analysis revealed a moderate negative correlation between building height and RVS score ($\rho = -0.625$), and a moderate positive correlation between building height and collapse probability ($\rho = +0.675$). One of the case study buildings, a 15-story structure with structural deterioration and irregular features, showed a high collapse probability of 73.11%. The adapted model demonstrated its effectiveness for rapid, cost-efficient screening without requiring detailed structural drawings or in-depth engineering analysis. It allows for prioritized decision-making in post-earthquake building inspections, potentially reducing unnecessary demolitions and supporting sustainable urban resilience. However, further enhancement incorporating dynamic structural behavior and digital inspection tools such as point cloud data is recommended to improve accuracy.

Keywords: Rapid Visual Screening (RVS), Earthquake, Seismic Risk Assessment, Collapse Probability, Structural Vulnerability

บทนำ

กรุงเทพมหานครจัดอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงปานกลางต่อแผ่นดินไหว แต่ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินอ่อนส่งผลให้เกิดการขยายคลื่นแผ่นดินไหวหลายเท่า [1] ส่งผลให้อาคารจำนวนมาก โดยเฉพาะอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างก่อนปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการประกาศใช้มาตรฐาน มยผ.1301-50 ขาดระบบต้านแรงแผ่นดินไหวที่เหมาะสม [2] ยิ่งเมื่อโครงสร้างมีอายุใช้งานยาวนาน ย่อมมีการเสื่อมสภาพ เช่น รอยร้าว การกัดกร่อนของเหล็กเสริม หรือการเปลี่ยนรูปขององค์อาคาร ซึ่งล้วนส่งผลต่อความมั่นคงปลอดภัย [3]

การประเมินความเสี่ยงจากแผ่นดินไหว (Seismic Risk Assessment) จึงเป็นกลไกสำคัญในการระบุอาคารที่มีความเปราะบาง โดยทั่วไปต้องอาศัยข้อมูลจากแบบก่อสร้าง (As-built drawings) หรือการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมที่มีต้นทุนสูง [4] ซึ่งไม่เหมาะสมกับบริบทที่มีอาคารจำนวนมากและทรัพยากรจำกัด

แนวทางการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว (Rapid Visual Screening: RVS) ซึ่งพัฒนาโดย FEMA (2015) สหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการคัดกรองอาคารเบื้องต้น โดยอาศัยการพิจารณาปัจจัยที่สังเกตได้จริง เช่น ประเภทโครงสร้าง ความสูงของอาคาร ความไม่สมมาตรของแปลน และปีที่ก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม RVS แบบดั้งเดิมยังไม่ครอบคลุมบริบทเฉพาะ เช่น ดินอ่อนในกรุงเทพฯ หรืออาคารเก่าที่เสื่อมสภาพ [5]

งานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่าการประเมินความเปราะบางในพื้นที่เสี่ยงต่ำถึงปานกลางจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีต้นทุนต่ำแต่แม่นยำ เช่น ในกรณีเมืองเมดานของอินโดนีเซีย [6] และการประเมินโครงสร้างเก่าในอินเดีย [7] ขณะที่ Bektas and Keyes-Brassai [8] เน้นความสำคัญ

ของการปรับ RVS สำหรับประเทศกำลังพัฒนาให้สอดคล้องกับบริบททางภูมิศาสตร์และสภาพโครงสร้างอาคาร

แนวทางการพัฒนาระบบ RVS แบบปรับแต่งจึงได้รับการเสนอในหลายประเทศ เช่น การประเมินแบบ web-based ที่รองรับข้อมูลจากภาคสนามในมาเลเซีย [9] หรือการใช้ตัวชี้วัดเชิงกายภาพเพื่อสะท้อนสภาพโครงสร้างเสื่อมสภาพในภูมิภาคภูเขา [10] รวมถึงโมเดลประเมินความเปราะบางระดับเมืองที่พัฒนาโดย Cardinali et al. [11] ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการประเมินเชิงปริมาณที่เรียบง่ายยังสามารถให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือได้

งานวิจัยนี้ได้สำรวจภาคสนามร่วมกับแบบประเมินที่ปรับให้เหมาะกับบริบทของประเทศไทย โดยใช้ตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่สะท้อนระดับการเสื่อมของโครงสร้างจากข้อมูลภาคสนาม เช่น รอยร้าวหรือการแตกร่อน และนำข้อมูลเหล่านั้นมารวมกับคะแนน RVS เพื่อประเมินความเสี่ยงจากแผ่นดินไหวของอาคารเก่าได้อย่างเป็นระบบ แนวทางที่นำเสนอมีจุดมุ่งหมายเพื่อคงไว้ซึ่งข้อดีของระบบ RVS ดั้งเดิม ซึ่งประกอบด้วยความเรียบง่ายและต้นทุนต่ำ ขณะเดียวกันได้เพิ่มระดับความแม่นยำและความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพของประเทศไทยให้มากยิ่งขึ้น

นอกจากประโยชน์ในด้านความปลอดภัยแล้ว แนวทางนี้ยังส่งเสริมผลลัพธ์เชิงสิ่งแวดล้อมโดยตรง กล่าวคือช่วยลดความจำเป็นในการรื้อถอนอาคารโดยไม่จำเป็น ซึ่งจะลดของเสียจากงานก่อสร้าง ลดพลังงานสะสม (embodied energy) และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างใหม่ [12], [13] แนวทางการประเมินที่แม่นยำและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่านี้ยังสอดคล้องกับหลักการของเมืองที่ยั่งยืนและมี

ความยืดหยุ่นต่อภัยพิบัติ (resilient cities) ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับค่าความเสี่ยง (Final RVS Score หรือ Collapse Probability)

2. เพื่อประเมินความเสียหายของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กภายหลังเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้เกณฑ์ RVS ที่ปรับปรุงแล้วร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม

สมมุติฐานงานวิจัย

H0 (สมมุติฐานศูนย์): ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอาคารกับค่าความเสี่ยง

H1 (สมมุติฐานทางเลือก): ความสูงของอาคารมีความสัมพันธ์กับค่าความเสี่ยง

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยแนวคิดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

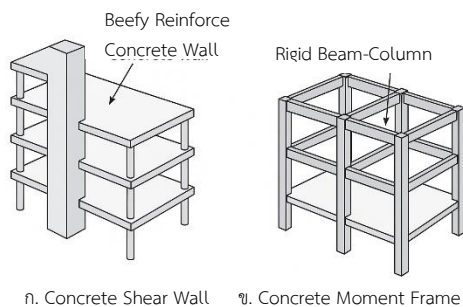
1. การประเมินความเสี่ยงจากแผ่นดินไหว

การประเมินความเสี่ยงจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว (Seismic Risk Assessment) ของอาคาร เป็นกระบวนการที่ใช้พิจารณาความเปราะบางของโครงสร้าง ต่อแรงสั่นสะเทือนที่อาจเกิดขึ้น โดยทั่วไปจะคำนึงถึง ความสามารถในการต้านทานแรงแผ่นดินไหว ของระบบโครงสร้าง และความน่าจะเป็น ของการเสื่อมสภาพ หรือพังทลายเมื่อเกิดแผ่นดินไหว [4] ในบริบทของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างก่อนปี พ.ศ. 2550 ซึ่งไม่ได้ออกแบบตามมาตรฐานต้านแผ่นดินไหว การประเมินอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์เชิงลึก จึงมีความจำเป็น โดยเฉพาะเมื่อใช้งานในวงกว้าง เช่น อาคารของรัฐ หรือโรงเรียน

2. วิธีการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว

RVS เป็นแนวทางที่พัฒนาโดย FEMA ซึ่งเผยแพร่ในเอกสาร FEMA P-154 [5] เพื่อใช้ในการคัดกรองอาคารจำนวนมากอย่างรวดเร็ว และมีต้นทุนต่ำ โดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจภายนอกอาคาร เช่น ประเภทโครงสร้าง ความสูง ความไม่สมมาตรของแปลน ปีที่สร้าง และลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ วิธี RVS ให้ คะแนนโครงสร้างพื้นฐาน (Basic Structural Score) ตามประเภทของระบบรับแรงด้านข้าง เช่น โครงสร้างข้อแข็งคอนกรีตด้านทานโมเมนต์ (Concrete Moment Frame) และ โครงสร้างกำแพงคอนกรีตด้านแรงเฉือน (Concrete Shear Wall) ดังภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 FEMA P-154 Edition 3 ได้กำหนดค่าคะแนนพื้นฐาน (Basic Score: BS) ตามประเภทอาคาร (Building Type) สำหรับขนาดแผ่นดินไหวปานกลาง ดังตารางที่ 1 ซึ่งค่าคะแนนพื้นฐาน ของประเภทอาคารโครงสร้างอาคารคอนกรีตระบบเสา-คาน (Concrete Moment Frame: C1) มีค่าคะแนน BS เท่ากับ 2.1 สำหรับประเภทอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือน (Concrete Shear Wall: C2) ค่า BS จะมีความสับสน เนื่องจากมีหลายเวอร์ชันของเอกสาร FEMA P-154 Edition 3 (ปี 2015) ใช้ BS เท่ากับ 2.5 ในขณะที่บางเวอร์ชัน เช่น FEMA 310 จะมีการให้ค่า BS เท่ากับ 3.5 เพื่อสะท้อนให้เห็นถึง ความสามารถต้านแรงแผ่นดินไหวแต่ละขนาด ที่กระทำต่อระบบโครงสร้าง เช่น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือนจะต้านได้ดีกว่าโครงสร้างอาคารคอนกรีตระบบเสา-คาน



ภาพที่ 1 รูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน

ตารางที่ 1 คะแนนพื้นฐาน (BS) FEMA P-154

ประเภทอาคาร (Building Type)	คะแนนพื้นฐาน (Basic Score)	รายละเอียด (Description)
C1: Concrete Moment Frame	2.1	โครงอาคารคอนกรีตระบบเสา-คาน
C2: Concrete Shear Wall	2.5	คอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือน
C3: Concrete Frame with Infill	2.0	คอนกรีตมีผนังอิฐรับแรงร่วม
S1: Steel Moment Frame	2.7	โครงเหล็กแบบยึดหยุ่น
W1: Wood Light Frame	5.1	โครงไม้เบา

เมื่อได้ค่าคะแนนพื้นฐานแล้ว ทำการปรับค่าคะแนน (Score Modifiers: SM) ตามปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ตามที่ตรวจพบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปรับค่าคะแนน (SM) FEMA P-154

รายการค่าปรับคะแนน	เงื่อนไขหรือสิ่งที่พบในอาคาร	คะแนนที่ปรับ	หมายเหตุ
1. จำนวนชั้น	อาคาร ≥ 5 ชั้น (หรือ > 13 เมตร)	-0.25	มวลและแรงสั่นสะเทือนมากขึ้น
2. ความไม่สมมาตรของแปลน	แผนผังอาคารไม่สมดุล	-0.25	จุดอ่อนทางโครงสร้างในแนวราบ
3. ความไม่สมมาตรในแนวตั้ง	การเปลี่ยนความแข็งแรงหรือความแข็งอย่างฉับพลัน	-0.25	เช่น ชั้นล่างเปิดโล่ง
4. พฤติกรรมของเสา	มีผนังหรือช่องเปิดแนบเสา ทำให้ช่วงเสาสั้นลง	-0.25	เสี่ยงต่อการเสียหายเฉือนสูง
5. ชั้นที่มีความอ่อนแอ	ชั้นล่างมี stiffness ต่ำกว่าชั้นอื่น	-0.30	เสี่ยงต่อการเสียหายเฉือนสูง
6. ความเสี่ยงชนกันของอาคาร	อาคารอยู่ใกล้อาคารอื่นมาก	-0.20	เสี่ยงชนกันเมื่อเกิดแรงสั่น
7. ลักษณะดิน	พื้นที่มีดินอ่อนมาก/มีข้อมูลทางธรณีที่สนับสนุน	-0.30 ถึง -0.50	ขยายแรงสั่นสะเทือน
8. สร้างอาคารก่อนใช้มาตรฐานแผ่นดินไหว	ก่อสร้างก่อนปี 2550 (ก่อน มยพ. 1301-50)	-0.75	ไม่มีรายละเอียดรับแรงสั่นสะเทือน
9. เคยมีการเสริมกำลัง	ไม่เคยมีประวัติการ retrofit	-0.30 ถึง -0.50	ความสามารถในการต้านทานต่ำลง
10. ลักษณะกำแพงรับแรงเฉือน	มีผนังคอนกรีตเหล็กเสริมรับแรงด้านข้าง	-0.30	เพิ่ม stiffness และ strength
11. มีแผ่นพื้นแข็ง (Rigid Diaphragm)	เช่น พื้นคอนกรีตทั้งแผ่น เชื่อมต่อกันดี	-0.10	กระจายแรงด้านข้างได้ดีขึ้น
12. ความเสียหายที่สังเกตได้	มีหลักฐานเสื่อมสภาพ	-0.30 ถึง -1.00	สามารถเชื่อมกับ Degradation Index

โดยสามารถปรับคะแนน ให้ “สะท้อนสภาพความเสี่ยงเฉพาะตัวของอาคารแต่ละหลัง” อาจเพิ่ม หรือ ลด ตามความสามารถต่อการต้านทานแรงแผ่นดินไหว ซึ่งค่าคะแนนปรับมีความสำคัญมาก ในกระบวนการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของอาคารต่อการต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยเฉพาะในการใช้งานจริงสำหรับอาคารในเขตที่มีความเสี่ยงต่ำ ถึงปานกลาง เช่น กรุงเทพมหานคร เมื่อคะแนนรวมต่ำ (Final RVS Score ต่ำ) จะชี้ว่าอาคารนั้นมีความเสี่ยงสูง ควรเข้ารับการตรวจละเอียดสามารถวางแผนการซ่อมแซมได้ตามลำดับความสำคัญ ช่วยสื่อสารความเสี่ยงให้ผู้บริหาร เจ้าของอาคาร หรือประชาชนทั่วไปเข้าใจได้ง่าย และสามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าความน่าจะเป็นในการพังทลายของอาคาร (Collapse Probability)

ในความเป็นจริง อาคารแต่ละหลังมักมีจุดอ่อน หรือ จุดแข็ง ที่ต่างกัน เช่น การมีผนังรับแรงเฉือนเพิ่ม จะแข็งแรงกว่าไม่มีผนังรับแรงเฉือน ดังนั้นในการจำแนกอาคารจึงควรอยู่ในรูปแบบความเสี่ยงต่ำ ปานกลาง หรือสูง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนระดับความเสี่ยง

ค่าคะแนน	ระดับความเสี่ยง	ข้อเสนอแนะการดำเนินการ
มากกว่า 2.5	ต่ำ (Low Risk)	ไม่จำเป็นต้องดำเนินการ
2.0 – 2.49	ปานกลาง (Moderate Risk)	พิจารณาตรวจสอบเชิงลึก หรือซ่อมแซมบางส่วน
น้อยกว่า 2.0	สูง (High Risk)	ควรดำเนินการตรวจสอบโครงสร้างอย่างละเอียดและอาจต้องเสริมกำลัง

3. คัดเลือกอาคารตัวอย่างเพื่อตรวจประเมินในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกอาคารตัวอย่างโดยใช้วิธีการแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

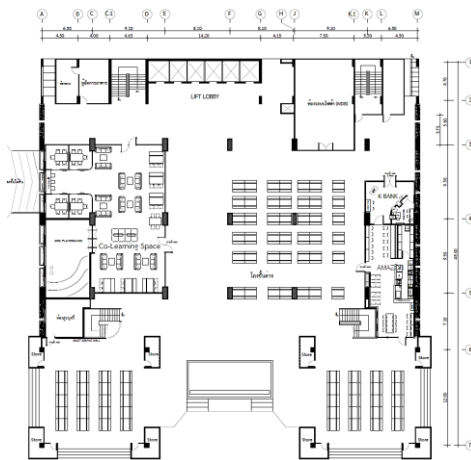
ซึ่งเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับงานวิจัยเชิงประเมินความเสี่ยงของโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กภายหลังจากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ผู้วิจัยเลือกอาคารตัวอย่าง จำนวน 5 หลัง โดยมีความสูงอาคาร 15 ชั้น จำนวน 3 หลัง มีความสูงอาคาร 12 ชั้น จำนวน 1 หลัง และมีความสูงอาคาร 6 ชั้น จำนวน 1 หลัง ทั้ง 5 หลัง อยู่ในเขตพื้นที่เดียวกัน เพื่อดำเนินการสำรวจ ประเมิน และวิเคราะห์ตามแนวทาง RVS (FEMA P-154) โดยมีการบันทึกผลในรูปแบบฟอร์ม (Scoring Sheet) และวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงอาคารอย่างเป็นระบบ

4. สํารวจภาคสนาม

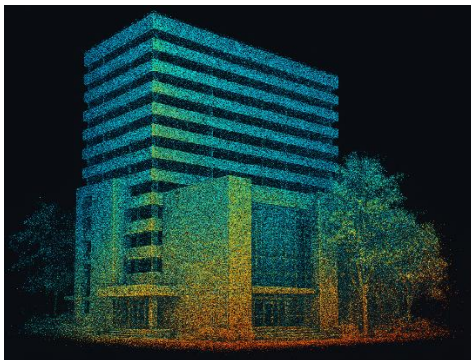
การดำเนินการสำรวจภาคสนามอาคารตัวอย่างที่คัดเลือกมาศึกษา ได้ใช้แบบฟอร์มการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นแนวทางการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว พัฒนาโดย (Federal Emergency Management Agency: FEMA) เพื่อประเมินความเสี่ยงของอาคารต่อแรงแผ่นดินไหวเบื้องต้น โดยไม่ต้องอาศัยแบบโครงสร้าง (As-built Drawing) หรือการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมอย่างละเอียด การประเมินอาศัยปัจจัยสำคัญ เช่น ประเภทโครงสร้าง ความสูงของอาคาร ความไม่สมมาตร (irregularity) การเสื่อมสภาพ และพฤติกรรมทางโครงสร้างที่อาจส่งผลต่อความเปราะบาง RVS โดยจะให้ คะแนนพื้นฐาน สำหรับแต่ละประเภทโครงสร้าง เช่น C1 Concrete Moment Frame) และ C2 (Concrete Shear Wall) เป็นต้น และทำการปรับค่าคะแนนตามลักษณะเฉพาะของอาคาร จนได้ค่าคะแนนรวมสามารถจัดลำดับความเสี่ยงได้

การสำรวจเริ่มจาก เก็บรวบรวมข้อมูลอาคารตัวอย่างหลังที่ 1 มีอายุการใช้งาน มากกว่า 25 ปี ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหว (กรุงเทพมหานคร) ลักษณะของอาคาร เป็นอาคารสูง 15 ชั้น (รวมดาดฟ้า) ระบบโครงสร้าง เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

มีผนังรับแรงเฉือน และชั้น 1 ถึงชั้น 3 เป็นระบบพื้นไร้คาน (RC Flat Slab) ชั้นล่างเป็นพื้นที่เปิดโล่ง (LOBBY) ชั้น 4 ถึงชั้นดาดฟ้า เป็นระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post-Tension) แบบแปลนมีแนวโน้มไม่สมมาตร ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แปลนอาคารที่ใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 3 ทศนิยมภาพอาคารที่ใช้ในการศึกษา
จากแปลนอาคารและภาพทศนิยมภาพ ของอาคาร
ตัวอย่างหลังที่ 1 สามารถวิเคราะห์ และอธิบาย

รายละเอียดข้อมูลเบื้องต้น ตามหลักการประเมิน
อย่างรวดเร็วตามแนวทาง FEMA P-154 ได้ดัง
ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดข้อมูลอาคารที่ใช้ศึกษา

หัวข้อ	รายละเอียด
ประเภทอาคาร (Building Type)	คอนกรีตเสริมเหล็ก (RC)
ระบบรับแรงต้านข้าง (Lateral Force Resistant System)	Concrete Shear Wall
ประเภทโครงสร้าง (Structural Type (FEMA P-154))	C2 - Concrete Shear Wall
จุดอ่อนระหว่างชั้น (Soft Story)	มีความเป็นไปได้สูงที่ชั้นล่าง
จำนวนชั้น (No. Story)	15 ชั้น + ชั้นใต้ดิน 1 ชั้น
ความสูงระหว่างชั้น (Floor to Floor)	3.50 เมตร
ตำแหน่งกำแพงรับแรงเฉือน (Position of Shear Wall)	บริเวณ Grid line D-G, 1-2 (อยู่ในอาคาร)
ข้อเสนอแนะ: ควรใช้ Point Cloud เพื่อระบุ Crack, Slope, Soft story และผิวผนัง/โครงสร้างที่เสียหาย ได้อย่างแม่นยำ	

5. ประเมินค่าคะแนนพื้นฐาน (BS)

การประเมินค่าคะแนนพื้นฐาน (Basic Score: BS) จากข้อมูลอาคาร ดังตารางที่ 1 ได้พิจารณาเสนอปรับค่า Basic Score (Model) ให้เหมาะสมกับบริบทประเทศไทย กรณีอยู่ในโซนแผ่นดินไหวขนาดปานกลาง ซึ่งได้ค่า BS เท่ากับ 7.5 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนพื้นฐาน (BS) ปรับปรุง

ประเภทอาคาร (Building Type)	คะแนนพื้นฐาน (Basic Score)		รายละเอียด (Description)
	FEMA	Model	
C1: Concrete Moment Frame	2.1	6.5	โครงอาคารคอนกรีต ระบบเสา-คาน
C2: Concrete Shear Wall	2.5	7.5	คอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือน
C3: Concrete Frame with Infill	2.0	6.0	คอนกรีตมีผนังอิฐรับแรงรวม
S1: Steel Moment Frame	2.7	8.0	โครงเหล็กแบบยึดหยุ่น
W1: Wood Light Frame	5.1	15.0	โครงไม้เบา

6. ปรับค่าคะแนน (SM)

การปรับค่าคะแนน (Score Modifiers: SM) ทำได้โดยการพิจารณาตามรายการปรับค่าคะแนน 12 รายการ เช่น ตัวอย่างรายการที่ 1 จำนวนชั้นสามารถปรับค่าคะแนนได้ ดังสมการที่ 1

$$\text{คะแนนปรับ} = -0.25 \times (N-5)/(30-5) \quad (1)$$

จากสมการที่ 1 สามารถปรับลดค่าประเมินจากการปรับคะแนนตามสัดส่วนจำนวนชั้น ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปรับค่าคะแนน (จำนวนชั้น)

จำนวนชั้น	คะแนนปรับ
5 ชั้น	0
10 ชั้น	-0.05
15 ชั้น	-0.10
20 ชั้น	-0.15
25 ชั้น	-0.20
30 ชั้น	-0.25

การปรับค่าคะแนน สำหรับรายการ “จำนวนชั้น” เพื่อสะท้อนระดับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของอาคารสูงต่อแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ซึ่งโดยทั่วไปอาคารที่มีจำนวนชั้นมากกว่านั้นมีโอกาสสะสมแรงเฉื่อยมากขึ้น ทำให้ความเสียหายจากแผ่นดินไหวมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นกว่าอาคารเตี้ย ความไม่สมมาตรของแปลนก็ทำให้เกิด

การหมุนของอาคาร (torsion) เมื่อได้รับแรงแผ่นดินไหวโดยเฉพาะหากจุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass) และจุดศูนย์กลางความแข็งแรง (Center of Rigidity) ไม่ตรงกัน อาจส่งผลให้โครงสร้างบางส่วนรับแรงมากเกินไป และเสียหายก่อนส่วนอื่น จึงได้กำหนดปรับค่าคะแนน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปรับค่าคะแนน (ความไม่สมมาตร)

ระดับความไม่สมมาตร	ลักษณะอาคาร	ค่าคะแนนปรับ
ไม่มีหรือเล็กน้อย	อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า สมมาตรดี	0.00
ปานกลาง	อาคารมีปีกหรือส่วนยื่น (L, T, H shape)	-0.15
รุนแรง	อาคารรูปทรงซับซ้อน (เว้าเข้า-ออก มาก)	-0.25

7. คะแนนสุดท้ายการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว

คะแนนสุดท้ายการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว (Final RVS Score: FRS) เป็นคะแนนสุดท้ายของการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว ที่ได้จากคะแนนพื้นฐาน จากการพิจารณาประเภทอาคาร ซึ่งเป็นประเภท คอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือน (C2) ซึ่งได้ค่า BS (Model) เท่ากับ 7.5 ลบด้วย ค่าคะแนนปรับแก้ที่เป็นค่าที่หักลบตามคุณลักษณะเฉพาะของอาคาร เช่น จำนวนชั้น ความไม่สมมาตร เสาช่วงสั้นอายุอาคาร สภาพดิน

การเสริมกำลัง ซึ่งรวมคะแนน SM ได้เท่ากับ -3.00 จากนั้นคำนวณคะแนนสุดท้าย ดังสมการที่ 2

$$\text{Final RVS Score} = \text{BS} - \sum (\text{SM}) \quad (2)$$

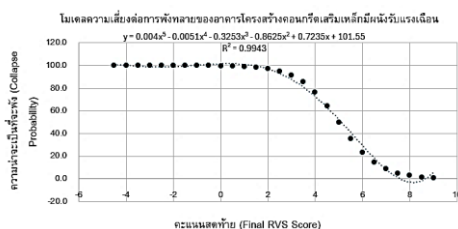
สำหรับอาคารหลังที่ 1 นี้ มีค่าคะแนนสุดท้ายการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว เท่ากับ 4.50 (7.5-3.00) ซึ่งจะเป็นค่าคะแนนที่จะนำไปใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นของการพังทลายต่อไป

8. ความน่าจะเป็นของการพังทลาย

ความน่าจะเป็นของการพังทลาย สามารถหาได้จากค่า FRS ด้วยสมการโลจิสติก ดังสมการที่ 3

$$P_{(\text{Collapse})} = \frac{1}{1+e^{1.177(\text{FRS}-5.0)}} \quad (3)$$

จากสมการที่ 3 สามารถนำไปสร้างโมเดลความเสี่ยงต่อการพังทลาย ของอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือน (C2) ได้ดังภาพที่ 4 ซึ่งได้จากการนำข้อมูลของอาคารตัวอย่างหลังที่ 1 ได้แก่ค่า BS (Model) เท่ากับ 7.5 และค่าปรับค่าคะแนน (SM) เท่ากับ 3.00 คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นต่อการพังทลายของอาคาร C2 ดังตารางที่ 9



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าคะแนนสุดท้าย กับ ความน่าจะเป็นที่จะพังทลาย

ตารางที่ 9 ความน่าจะเป็นของการพังทลายของอาคาร C2

ปรับค่าคะแนน (Score Modifiers)	คะแนนสุดท้าย (Final RVS Score)	ความน่าจะเป็นต่อการพังทลายของอาคาร (Collapse Probability)
1.5	9.0	0.89%
1.0	8.5	1.60%
0.5	8.0	2.84%
0	7.5	5.01%
-0.5	7.0	8.67%
-1.0	6.5	14.61%
-1.5	6.0	23.56%
-2.0	5.5	35.70%
-2.5	5.0	50.00%
-3.0	4.5	64.30%
-3.5	4.0	76.44%
-4.0	3.5	85.39%
-4.5	3.0	91.33%
-5.0	2.5	94.99%
-5.5	2.0	97.16%
-6.0	1.5	98.40%
-6.5	1.0	99.11%
-7.0	0.5	99.50%
-7.5	0.0	99.72%
-8.0	-0.5	99.85%
-8.5	-1.0	99.91%
-9.0	-1.5	99.95%
-9.5	-2.0	99.97%
-10.0	-2.5	99.99%
-10.5	-3.0	99.99%
-11.0	-3.5	100.00%
-11.5	-4.0	100.00%
-12.0	-4.5	100.00%

จากตารางที่ 9 สามารถนำมากำหนดช่วงความเสี่ยงต่อการพังทลายของอาคาร C2 จากความน่าจะเป็นต่อการพังทลาย ได้ ดังตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าอาคารตัวอย่างหลังที่ 1 มีความน่าจะเป็นต่อการพังทลายของอาคาร เท่ากับ 64.30%

ตารางที่ 10 ความเสี่ยงต่อการพังทลาย

ความน่าจะเป็น ต่อการพังทลาย ของอาคาร	ความเสี่ยงต่อการ พังทลายของ อาคาร	คำแนะนำเบื้องต้น
0.0 – 25%	ต่ำ (Low Risk)	เฝ้าระวัง / ไม่ต้อง ดำเนินการทันที
26 – 65%	ปานกลาง (Moderate Risk)	ตรวจสอบรายละเอียด เพิ่ม
66 – 95%	สูง (High Risk)	ควรประเมินเชิงลึกหรือ ตรวจสอบโครงสร้าง
> 96%	สูงมาก (Very High Risk)	พิจารณาเสริมกำลัง / ใช้ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ อย่างละเอียด

ตารางที่ 10 นี้ เหมาะสำหรับใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจเบื้องต้น ในการจัดลำดับอาคารที่ต้องการการตรวจสอบเพิ่มเติม หลังการคัดกรองเบื้องต้น (Preliminary Screening) และควรปรับตามบริบทของพื้นที่ เช่น กรุงเทพมหานคร อาจใช้เกณฑ์ที่ยืดหยุ่นกว่าเขตที่มีความเสี่ยงแผ่นดินไหวสูง เช่น เชียงราย และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น

ผลการวิจัย

ผลการสำรวจภาคสนามและการประเมินความเสียหายของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 5

หลังภัยหลังเกิดแผ่นดินไหว โดยอิงวิธีตรวจสอบประเมินอย่างรวดเร็ว โดยปรับค่าคะแนนปัจจัยเสี่ยงแตกต่างกันตามแนวทางและดุลยพินิจของผู้ประเมิน เช่น จำนวนชั้น ความสมมาตร และระดับความเสียหาย ซึ่งส่งผลให้คะแนนปรับลดของแต่ละอาคารไม่เท่ากัน ตามเงื่อนไขของปัจจัยต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 11 และ ตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ลักษณะของอาคารที่สำรวจ

ปัจจัย	อาคาร				
	B1	B2	B3	B4	B5
จำนวนชั้น	15	16	12	6	15
ประเภทโครงสร้าง	RC	RC	RC	RC	RC
ประเภทเสา	ปกติ	สั้น	ปกติ	ปกติ	ปกติ
อาคารสมมาตร	ดี	ดี	ไม่ดี	ดี	ไม่ดี
ชั้นที่อ่อน	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ลักษณะชั้นดิน	อ่อน	อ่อน	อ่อน	อ่อน	อ่อน
ระบบพื้นแข็ง	ดี	ไม่ดี	ดี	ดี	ไม่ดี
ตามมาตรฐาน แผ่นดินไหว	ก่อน	ก่อน	ก่อน	ก่อน	ก่อน
การเสริมกำลัง โครงสร้าง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความเสียหายที่เห็นได้	เล็ก น้อย	เล็ก น้อย	เล็ก น้อย	เล็ก น้อย	ปาน กลาง

ตารางที่ 12 ค่าคะแนนสุดท้ายของอาคารที่สำรวจ

ปัจจัย	ประเภทอาคาร				
	B1	B2	B3	B4	B5
คะแนนพื้นฐาน (BS)	C2	C2	C2	C2	C2
1.ประเภทอาคาร	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
ปรับค่าคะแนน (SM)	-	-	-	-	-
1.จำนวนชั้น	-0.25	-0.25	-0.25	-0.05	-0.25
2.แปลนไม่สมมาตร	0	0	-0.25	0	-0.25
3.แนวตั้งไม่สมมาตร	0	0	0	0	0
4.เสาสั้น	0	-0.25	0	0	0
5.ชั้นที่มีความอ่อนแอ	0	-0.30	0	0	0
6.ความเสี่ยงชนกันของอาคาร	0	0	0	0	0
7. ลักษณะดิน	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30
8.ก่อนมาตรฐานแผ่นดินไหว	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
9.การเสริมกำลัง	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
10.ลักษณะกำแพงรับแรงเฉือน	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25

ปัจจัย	ประเภทอาคาร				
	B1	B2	B3	B4	B5
11.มีแผ่นพื้นแข็ง	0	-0.30	0	0	-0.30
12.ความเสียหายที่สังเกตได้	-0.25	-0.25	-0.25	-0.10	-1.00
รวมปรับค่าคะแนน	-2.05	-2.90	-2.30	-1.70	-3.35
คะแนนสุดท้าย RVS (Final RVS Score: FRS)	5.45	4.60	5.20	5.80	4.15

ความน่าจะเป็นต่อการพังทลายของอาคาร โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือนของอาคาร B1, B2, B3 และ B4 มีความเสี่ยงปานกลาง โดยมีค่าความน่าจะเป็นต่อการพังทลายเท่ากับ 37.06 61.56 44.14 และ 28.06 ตามลำดับ สำหรับอาคาร B5 มีความเสี่ยงสูง โดยมีค่าความน่าจะเป็นต่อการพังทลายเท่ากับ 73.11% ซึ่งควรประเมินเชิงลึกหรือตรวจสอบโครงสร้างต่อไป รายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ความน่าจะเป็นของอาคารที่สำรวจ

อาคาร	ประเภทอาคาร	คะแนนพื้นฐานและปรับคะแนน		คะแนนสุดท้าย (FRS)	ความน่าจะเป็นต่อการพังทลายของอาคาร (Collapse Probability)
		BS	SM		
B1	C2	7.5	-2.05	5.45	37.06%
B2	C2	7.5	-2.90	4.60	61.56%
B3	C2	7.5	-2.30	5.20	44.14%
B4	C2	7.5	-1.70	5.80	28.06%
B5	C2	7.5	-3.35	4.15	73.11%

ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงต่อการพังทลายของอาคารในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบประเมิน RVS และสมการโลจิสติก พัฒนาแบบจำลอง สำหรับคำนวณสร้างโมเดลความเสี่ยงต่อการพังทลายของอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีผนังรับแรงเฉือน (C2) จากคะแนนสุดท้ายการตรวจประเมินอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นแนวทางที่มีหลักฐานรองรับจากมาตรฐาน FEMA P-154 และสามารถตีความได้ง่าย แต่การให้ค่าคะแนน SM ยังอิงจากการตีความเชิงกายภาพเป็นหลัก ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนหากไม่มีข้อมูล

ภาคสนามหรือการประเมินโครงสร้างโดยวิศวกรแบบจำลองยังไม่คำนึงถึงพฤติกรรมไดนามิก (Dynamic Behavior) อาคาร ในการตอบสนองต่อแรงแผ่นดินไหวจริง

การประเมินความเสี่ยงของอาคารหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหว โดยใช้วิธี RVS กับอาคารตัวอย่าง 5 หลัง ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้นของอาคารกับค่าคะแนน RVS และความน่าจะเป็นในการพังทลาย ได้ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation coefficient: ρ) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนจำกัด ($n = 5$) และไม่สามารถสันนิษฐานได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ อีกทั้งความสัมพันธ์ที่ต้องการวิเคราะห์เป็นเชิงแนวนอน (monotonic) มากกว่าความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear) การเลือกใช้ Spearman's จึงเหมาะสมที่สุดในบริบทของงานภาคสนามในครั้งนี้ ดังสมการที่ 3

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (3)$$

ρ = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's rank)

d_i = ความต่างของลำดับ (rank) ระหว่างตัวแปร X กับ Y สำหรับคู่ที่ i

n = จำนวนคู่ของข้อมูล (sample size)

ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน ในบริบทจำนวนชั้นของอาคารกับค่าคะแนน RVS

อาคาร	จำนวน ชั้น	Final RVS	Rank ชั้น	Rank RVS	d	d ²
B1	15	5.45	3.5	4	-0.5	0.25
B2	16	4.60	5	2	3	9
B3	12	5.20	2	3	-1	1
B4	6	5.80	1	5	-4	16
B5	15	4.15	3.5	1	2.5	6.25
$\rho = -0.625$						

จากตารางที่ 14 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้น (Floors) กับ Final RVS Score ได้ค่า $\rho = -0.625$ แสดงความสัมพันธ์เชิงลบในระดับ

ปานกลาง ซึ่งหมายความว่ายิ่งอาคารสูง คะแนน RVS ยิ่งต่ำ (ความเสี่ยงสูงขึ้น) โดยพิจารณาเกณฑ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เกณฑ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (จำนวนชั้นของอาคารกับค่าคะแนน RVS)

เกณฑ์ความสัมพันธ์ ระหว่างจำนวนชั้นกับ ค่า RVS	ระดับความสัมพันธ์	ระดับ ความเสี่ยง
-1.00 ถึง -0.70	ระดับสูง	ความเสี่ยงสูง
-0.69 ถึง -0.40	ระดับปานกลาง	ความเสี่ยงปานกลาง
-0.39 ถึง -0.10	ระดับต่ำ	ความเสี่ยงต่ำ
ใกล้ 0	ไม่สัมพันธ์	ไม่มีความเสี่ยง

ตารางที่ 16 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน ในบริบทของความเสี่ยงต่อการพังทลาย

อาคาร	จำนวน ชั้น	ความน่าจะเป็นใน การพังทลาย	Rank ชั้น	Rank ความน่าจะเป็นในการ พังทลาย	d	d ²
B1	15	37.06	3.5	2	1.5	2.25
B2	16	61.56	5	4	1	1
B3	12	44.14	2	3	-1	1
B4	6	28.06	1	1	0	0
B5	15	73.11	3.5	5	-1.5	2.25
$\rho = +0.675$						

ความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนชั้น กับ ความน่าจะเป็นในการพังทลายของอาคาร ได้ค่า $\rho = +0.675$ เป็นความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง โดยพิจารณาเกณฑ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน ดังตารางที่ 17 หมายความว่ายิ่งอาคารสูง ความน่าจะเป็นในการพังทลายยิ่งสูงขึ้น

ตารางที่ 17 ระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (ρ) (ความเสี่ยงต่อการพังทลายของอาคาร)

เกณฑ์ความสัมพันธ์ความ เสี่ยงต่อการพังทลาย	ระดับ ความสัมพันธ์	ระดับ ความเสี่ยง
1.00 ถึง 0.70	ระดับสูง	ความเสี่ยงสูง
0.69 ถึง 0.40	ระดับปานกลาง	ความเสี่ยงปานกลาง
0.39 ถึง 0.10	ระดับต่ำ	ความเสี่ยงต่ำ
ใกล้ 0	ไม่สัมพันธ์	ไม่มีความเสี่ยง

ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน ดังตารางที่ 14 และตาราง 16 พบว่าจำนวนชั้นของอาคารมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ Final RVS Score ($\rho = -0.625$) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความน่าจะเป็นในการพังทลายของอาคาร ($\rho = +0.675$) แสดงให้เห็นว่าความสูงของอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเสี่ยงหลังแผ่นดินไหวในบริบทของพื้นที่ศึกษา

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองประเมินความเสี่ยงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหลังแผ่นดินไหวโดยประยุกต์วิธี RVS ที่ปรับให้เหมาะกับบริบทไทย โดยเฉพาะพื้นที่ดินอ่อนอย่างกรุงเทพมหานคร ผ่านการสำรวจภาคสนามอาคารจำนวน 5 หลัง และการปรับค่าคะแนน (Score Modifiers) เพื่อสะท้อนลักษณะโครงสร้างจริงของอาคาร

ผลการคำนวณ Final RVS Score และความน่าจะเป็นในการพังทลาย ด้วยสมการโลจิสติก พบว่า อาคาร B5 มีความเสี่ยงสูงสุด (FRS = 4.15, ความน่าจะเป็นในการพังทลาย = 73.11%) ขณะที่อาคาร B4 มีความเสี่ยงต่ำสุด (FRS = 5.80, ความน่าจะเป็นในการพังทลาย = 28.06%) ทั้งนี้การวิเคราะห์แบบ Spearman's correlation ชี้ว่า “จำนวนชั้นอาคาร” มีอิทธิพลต่อความเสี่ยง โดยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ Final RVS Score ($\rho = -0.625$) และความสัมพันธ์เชิงบวกกับโอกาสพังทลาย ($\rho = +0.675$) สอดคล้องกับสมมุติฐาน H1

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจึงมีศักยภาพในการคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นได้แม่นยำโดยไม่ต้องใช้แบบก่อสร้าง ลดต้นทุนและเวลาในการตัดสินใจ เหมาะสำหรับการจัดลำดับความสำคัญในการตรวจอาคารหลังเหตุแผ่นดินไหว โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงปานกลาง อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำของโมเดลยังจำกัด

หากไม่มีข้อมูลภาคสนามหรือการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงลึก ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเสริม เช่น การใช้ Point Cloud และการจำลองพฤติกรรมไดนามิก ควรได้รับการพิจารณาในอนาคต [14-16] เพื่อเพิ่มศักยภาพแบบจำลองในการรองรับภัยพิบัติซ้ำซ้อนอย่างยั่งยืน

References

- [1] P. Chaimahawan and A. Pimanmas, “Assessment of seismic deficiency of existing reinforced concrete buildings in Bangkok,” *Engineering Journal* (Thailand), vol. 18, no. 3, pp. 20–24, 2007.
- [2] Department of Public Works and Town & Country Planning, “*Standard for seismic-resistant design of buildings (DPT 1301-50)*,” Ministry of Interior, Thailand, 2007.
- [3] ACI Committee 562, “*Code requirements for assessment, repair, and rehabilitation of existing concrete structures and commentary*,” American Concrete Institute, 2016.
- [4] Applied Technology Council, “*Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (ATC-40)*,” Redwood City, CA, USA: Applied Technology Council, 1996.
- [5] FEMA, “*Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A Handbook (FEMA P-154)*,” 3rd ed. Washington, DC, USA: Federal Emergency Management Agency, 2015.

- [6] T. Rahayu, Z. Nasution, Roesyanto, et al., “Regional zonation based on seismic vulnerability using local site effect analysis and potential damage to the City of Medan (North Sumatra, Indonesia) due to earthquake,” *Geoenvironmental Disasters*, vol. 9, p. 26, 2022, doi: 10.1186/s40677-022-00227-0.
- [7] M. Mishra, R. Puneeth, and G. V. Ramana, “Seismic vulnerability assessment of old churches in the Twin Cities of Bhubaneswar and Cuttack using the macroelements approach,” *Frontiers in Built Environment*, vol. 8, Art. no. 1018922, 2022, doi: 10.3389/fbuilt.2022.1018922.
- [8] N. Bektaş and O. Kegyes-Brassai, “Conventional RVS methods for seismic risk assessment for estimating the current situation of existing buildings: A state-of-the-art review,” *Sustainability*, vol. 14, no. 5, pp. 2583, 2022. doi: 10.3390/su14052583.
- [9] M. M. Kassem et al., “Assessment of seismic building vulnerability using rapid visual screening method through web-based application for Malaysia,” *Buildings*, vol. 11, pp. 485, 2021, doi: 10.3390/buildings11110485.
- [10] M. Kulariya, Y. Aggarwal, H. Kashyap, and S. K. Saha, “Rapid visual screening methodology for multi-hazard vulnerability assessment of reinforced concrete buildings in hilly region,” *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2024, doi: 10.1007/s10518-024-02056-y.
- [11] V. Cardinali, E. Di Rienzo, M. Tanganelli, and M. De Stefano, “Compound-based approach for large scale seismic vulnerability assessment: Application to the Garfagnana area in Tuscany,” *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 23, pp. 1969–1997, 2025, doi: 10.1007/s10518-025-02113-0.
- [12] F. Pomponi and A. Moncaster, “Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment – What does the evidence say?,” *Journal of Environmental Management*, vol. 181, pp. 687–700, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.jenvman.2016.08.036.
- [13] A. Rauf, “Reducing life cycle embodied energy of residential buildings: Importance of building and material service life,” *Buildings*, vol. 12, no. 11, pp. 1821, Oct. 2022, doi: 10.3390/buildings12111821.
- [14] M. A. Samuel, E. Xiong, M. Haris, B. C. Lekeufack, Y. Xie, and Y. Han, “Assessing seismic vulnerability methods for RC-frame buildings pre- and post-earthquake,” *Sustainability*, vol. 16, no. 23, pp. 10392, 2024, doi: 10.3390/su162310392.

- [15] H. Derakhshan, "Rapid visual screening and seismic vulnerability assessment of Queensland's vintage unreinforced masonry buildings," in *Proc. Australian Earthquake Engineering Society Conference, 2023*. [Online]. Available: <https://aees.org.au/wp-content/uploads/2023/11/32.-Hosseini-Derakhshan.pdf>
- [16] A. A. Raoufy, A. Kheyroddin, and H. Naderpour, "Comparative study of rapid visual screening methods in determining the seismic vulnerability of existing reinforced concrete hospital buildings," *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, vol. 48, pp. 2263–2277, 2024, doi: 10.1007/s40996-023-01288-3.

การศึกษาประสิทธิภาพของกังหันน้ำขนาดเล็กร่วมกับระบบชาร์จแบตเตอรี่ สำหรับการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล

เกศรา พลไชย¹, ประจวบ พิระพงษ์¹, ปรัชยนต์ นิตวัฒนานนท์¹, วรายุทธ ไกรวิลาศ²,
ธีระพงษ์ บุญรักษา², และ พรหมพักตร์ บุญรักษา^{3*}

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Email: promphak.b@rmutsb.ac.th*

Received: Oct 27, 2025

Revised: Nov 20, 2025

Accepted: Dec 04, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการศึกษาแบบจำลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็กและระบบชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 7 แอมแปร์-ชั่วโมง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบการผลิตไฟฟ้ากระแสตรงจากกังหันน้ำขนาดเล็ก การทดลองได้ทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำที่มีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยทำการทดสอบการปล่อยน้ำในอัตราการไหลที่แตกต่างกันและบันทึกผลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันน้ำขนาดเล็ก ผลการทดลองพบว่ากังหันน้ำขนาดเล็กสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 1.68 วัตต์ เมื่ออัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ 18 ลิตรต่อวินาที ซึ่งสามารถนำไปชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 7 แอมแปร์-ชั่วโมงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบชาร์จได้ถูกออกแบบให้สามารถชาร์จได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการปรับกระแสไฟฟ้าในการชาร์จที่ 0.7 แอมแปร์ การศึกษานี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาพลังงานทดแทนในชุมชนที่ห่างไกล และแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการผลิตและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก, เจนเนอเรเตอร์ขนาดเล็ก, วงจรชาร์จแบตเตอรี่

Performance Evaluation of a Small Hydro Turbine Integrated with a Battery Charging System for Local Area Power Generation

**Kedsara Palachai¹, Prajoub Peerapong¹, Prachayon Nitiwattananon¹,
Warayut Kraiwilas², Terapong Boonraksa², and Promphak Boonraksa^{3*}**

¹ Faculty of Engineering, Bangkok Thonburi University

² Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

³ Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Email: promphak.b@rmutsb.ac.th*

Received: Oct 27, 2025

Revised: Nov 20, 2025

Accepted: Dec 04, 2025

Abstract

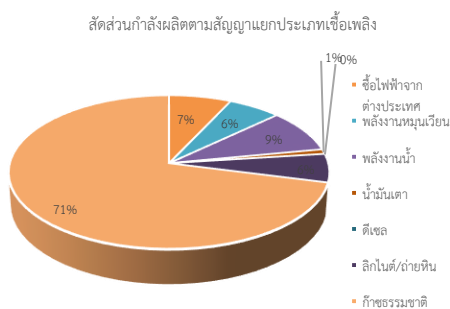
This research presents a modeling study on electricity generation from a micro-hydro turbine and its 12V, 7 Ah battery charging system. The main objective was to design and test the production of direct current electricity using the small water turbine. The experiments compared varying water flow rates to assess the impact on the generated electrical energy. Water was released at different flow rates, and the resulting voltage and current were recorded. The results indicated the micro-hydro turbine generated a maximum output of 1.68 Watts at a flow rate of 18L/min. This output is sufficient to efficiently charge the 12V, 7Ah battery. The charging system, utilizing a Boost Converter, was designed for efficient charging by adjusting the charging current to 0.7Amps. This study is significant for renewable energy development in remote communities, demonstrating the capability to produce and store electrical energy effectively.

Keywords: Small Hydro Turbine, Renewable Energy, Battery Charging Syste

บทนำ

ในปัจจุบัน โลกกำลังเผชิญกับปัญหาภาวะสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้ถ่านหินและน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานหลักในกระบวนการต่าง ๆ ของมนุษย์ทั่วโลก แต่ละประเทศได้นำเข้าวัตถุดิบดังกล่าวในปริมาณสูง จนกลายเป็นผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อนซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกอย่างรุนแรง เช่น การเกิดภาวะแห้งแล้งยาวนาน การละลายของธารน้ำแข็งทั่วโลก ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น และความร้อนในมหาสมุทรที่สูงขึ้น รวมถึงการเกิดไฟป่าอย่างรุนแรงและบ่อยครั้ง

ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการเพิ่มที่ร้อยละ 4.4 ต่อปี การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานนี้ ควบคู่ไปกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.1 ต่อปี [1-2]



ภาพที่ 1 สัดส่วนการใช้งานเชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าในระบบของ กฟผ. ปี พ.ศ. 2565 [1]

จากภาพที่ 1 จะเห็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติยังมีปริมาณการใช้มากที่สุดเพื่อเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิงควรเพิ่มอัตราการใช้เชื้อเพลิง

ประเภทอื่นให้มากขึ้นโดยเฉพาะพลังงานทดแทนและพลังงานการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานเป็นกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำในการผลิตไฟฟ้า ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและมลภาวะโลกร้อน [3]

พลังงานคือ พลังหรือกำลังที่เกิดจากการไหลของน้ำ ซึ่งเป็นพลังที่มีกำลังงานสูงมาก หากไม่สามารถควบคุมได้พลังน้ำนั้นก็สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างกว้างขวาง ดังตัวอย่างเช่น การเกิดอุทกภัยในบริเวณที่ลาดเชิงเขา หรือบริเวณที่มีความลาดชันสูงในทางตรงกันข้ามหากสามารถควบคุมพลังน้ำได้ตามแนวทางที่เหมาะสมก็สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์แก่มนุษย์ได้พลังน้ำได้ถูกใช้ประโยชน์มาแล้วหลายร้อยปี กังหันน้ำสำหรับยกน้ำขึ้นสู่ที่สูงเพื่อเพื่อหมุนเครื่องจักรในโรงงานสีข้าว โรงงานทอผ้าโรงงานเลื่อยไม้ และโรงงานอื่น ๆ [4-5]

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขนาดเล็กที่เหมาะสมที่สุดนั้น จำเป็นต้องอาศัยการพิจารณาเลือกประเภทของกังหันน้ำให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หัวน้ำ และ อัตราการไหล ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจเลือกการออกแบบกังหันน้ำขนาดเล็กสามารถจำแนกประเภทหลักตามหลักการทำงานได้เป็นกังหันแรงกระตุ้น เช่น กังหัน Pelton และ Cross-flow ที่เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำสูงแต่อัตราการไหลต่ำและกังหันแรงปฏิกิริยาเช่น กังหัน Francis และ Kaplan ที่เหมาะสมสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำแต่อัตราการไหลสูงการเลือกใช้กังหันที่เหมาะสมกับสภาพการไหลและความดันของระบบส่งน้ำจึงเป็นหัวใจสำคัญ

อย่างไรก็ตาม ระบบพลังงานทางเลือกดั้งเดิมในพื้นที่ห่างไกลมักประสบปัญหาด้านความ

ไม่สม่ำเสมอของแหล่งพลังงาน เช่น โซลาร์เซลล์ที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าในเวลากลางคืน หรือกังหันลมที่มีกำลังผลิตผันผวน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ระบบผลิตไฟฟ้าเดิมไม่เพียงพอต่อการจ่ายโหลดที่มีความต้องการพลังงานต่อเนื่องตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบทที่โครงข่ายไฟฟ้าหลักยังเข้าไม่ถึง ทำให้การใช้ กังหันน้ำขนาดเล็กซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง (ในกรณีที่มีอัตราการไหลคงที่ เช่น ระบบชลประทาน) กลายเป็นทางออกที่น่าสนใจความท้าทายทางวิศวกรรมหลักในการใช้กังหันน้ำคือการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สำรองพลังงาน พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมีความผันผวนของแรงดันตามความเร็วของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่ง ไม่เหมาะกับการนำไปชาร์จแบตเตอรี่โดยตรง เนื่องจากอาจส่งผลให้แบตเตอรี่เสียหายหรือชาร์จได้ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ความสำคัญจึงอยู่ที่การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถ ควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้า ที่ผันผวนจากกังหันน้ำให้เป็นไปตามข้อกำหนดการชาร์จของแบตเตอรี่อย่างแม่นยำ เช่น การใช้เทคนิค MPPT หรือ Boost Converter เพื่อให้มั่นใจได้ว่าพลังงานจะถูกจัดเก็บไว้ในแบตเตอรี่ได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพสูงสุด และพร้อมสำหรับการใช้งานเมื่อไม่มีการไหลของน้ำ

ปัจจุบันในประเทศไทยนั้นทั้งภาครัฐและเอกชนมีความพยายามในด้านแนวคิดการประหยัดพลังงาน และหาพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ คณะผู้วิจัยจึงเห็นพลังงานน้ำนั้นเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและสามารถนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ อาทิเช่น น้ำในระบบส่งน้ำประปาที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค และน้ำในระบบชลประทานทางการเกษตร เนื่องจากการไหลของกระแสในทิศทาง

เดียวกันไม่ไหลย้อนกลับ มีอัตราความเร็วในการไหลที่ค่อนข้างคงที่ [6-8] การศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าอย่างมากในการพัฒนาระบบพลังน้ำขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นไปที่การออกแบบกังหันเพื่อติดตั้งในท่อส่งน้ำและการใช้เทคนิคขั้นสูง เช่น การติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดในวงจรจแนตเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวพลังงานอย่างสูงสุด [9-10]

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก แต่ช่องว่างขององค์ความรู้คือการขาดการออกแบบและการสร้างแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบกังหันน้ำขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำซึ่งได้ถูกปรับให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของอัตราการไหลและความดันที่ค่อนข้างคงที่ในระบบส่งน้ำประปาชลประทานของไทย และการรวมเข้ากับวงจรจแนตเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งเป็นประเด็นที่ยังต้องมีการพัฒนาแบบจำลองเชิงปฏิบัติการที่ชัดเจนและสามารถทำซ้ำได้ [10] คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานน้ำ จึงมีแนวทางการใช้การไหลของน้ำที่มีกระแสการไหลในทิศทางเดียวดังกล่าวใช้ติดตั้งกังหันน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าสืบเนื่องจากการมีลักษณะการไหลและความเร็วที่เหมาะสมจึงทำการศึกษา พัฒนาและทำการเปลี่ยนพลังงานน้ำให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบกังหันน้ำขนาดเล็ก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ในอนาคต

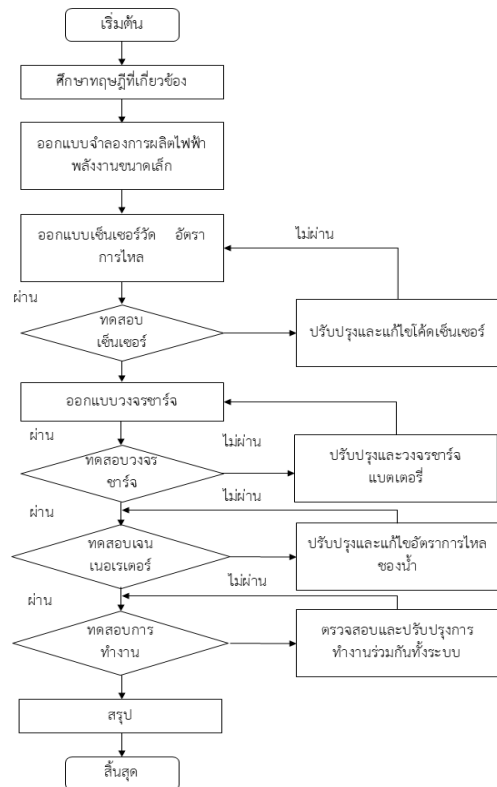
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก
2. เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก และระบบชาร์จแบตเตอรี่

3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ
กังหันน้ำขนาดเล็กในการผลิตกระแสไฟฟ้าและ
ระบบการชาร์จแบตเตอรี่

ระเบียบวิธีวิจัย

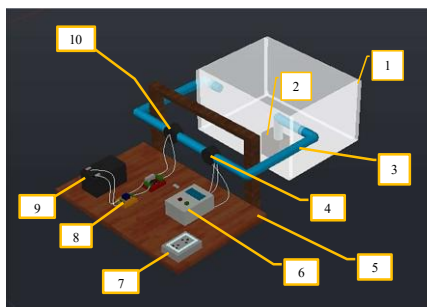
การศึกษานี้มุ่งเน้นการนำพลังงานน้ำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีการออกแบบ
แบบจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็ก
จากพลังงานน้ำ และทดสอบประสิทธิภาพการ
ทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็กในการผลิต
กระแสไฟฟ้า เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว
ต้องมีการวางแผนงานเพื่อทราบแนวทางการ
ปฏิบัติที่ถูกต้องจากการศึกษาทฤษฎีในบทที่ 2
สามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานของ
การศึกษาผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็ก ได้
เป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือการติดตั้งพิก
ขนาดปริมาตร 30 ลิตรและต่อท่อพีวีซีเข้ากับชุด
เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำและทดสอบ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อให้ น้ำไหลผ่าน
กังหันน้ำในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเดินท่อน
กลับไปยังถังพักน้ำตอนต้นและส่วนที่ 2 คือ ส่วน
ของการสร้างของการออกแบบวงจรชาร์จ
แบตเตอรี่ ซึ่งมีลักษณะในการดำเนินการดัง
บล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการ
ดำเนินงาน

1. การออกแบบแบบจำลองกังหันผลิต ไฟฟ้าขนาดเล็ก

การสร้างชุดทดสอบกังหันน้ำสำหรับ
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำออกแบบชุดทดสอบ
กังหันสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ดังภาพ
ที่ 3 โดยใช้โปรแกรม Auto cad



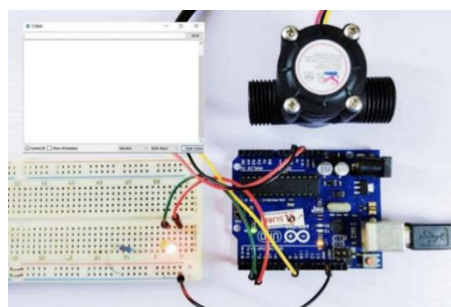
ภาพที่ 3 แบบจำลองกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

หมายเลข 1 ถังพักน้ำขนาด 30 ลิตร หมายเลข 2 ปั๊มน้ำแรงดัน 1200 L/h หมายเลข 3 ท่อพีวีซี ขนาด 1/2 นิ้ว หมายเลข 4 เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลรุ่น YF-S201 [11] หมายเลข 5 ฐานไม้ัดขนาด 40*60 ซม. หมายเลข 6 กล่องพร้อมจอ Lcd แสดงสถานการณ์ไหลของน้ำ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า หมายเลข 7 ชุดเต้ารับสำหรับเป็นแหล่งจ่ายให้แก่ปั๊มน้ำ หมายเลข 8 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ หมายเลข 9 แบตเตอรี่ขนาด 12 V 7 Ah, หมายเลข 10 เจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำ รุ่น F50 12V [12]

2. การออกแบบและทดสอบเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ

การออกแบบและทดสอบเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ มีหลักการทำงานที่ประกอบด้วย วาล์วพลาสติกที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ มีโรเตอร์ติดตั้งอยู่ภายในและใช้เซ็นเซอร์แบบ Hall effect เพื่อตรวจจับการหมุนของโรเตอร์ เมื่อน้ำไหลผ่านวาล์ว จะทำให้โรเตอร์หมุน และความเร็วการหมุนจะแปรผันตามอัตราการไหลของน้ำ เซ็นเซอร์ Hall effect จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการหมุนของโรเตอร์ และแปลงเป็นสัญญาณพัลส์ ซึ่งจำนวนพัลส์ต่อหน่วยเวลาจะสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำ

การทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์ทำโดยใช้ถังน้ำขนาด 6 ลิตร ปล่อยน้ำผ่านเซ็นเซอร์จนหมดถัง และเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำที่เซ็นเซอร์วัดได้กับปริมาณน้ำจริง ทำการทดสอบซ้ำ 10 ครั้ง เพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากนั้นจึงปรับแก้ค่าสอบเทียบเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดต่อไป



ภาพที่ 4 การต่อเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำกับบอร์ด Arduino R3

จากเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลรุ่น YF-S201 กับบอร์ด Arduino R3, สายสีแดง 5V, สายสีดำ GND, สายสีเหลือง Digital pin 9, LED Digital pin 2,3 และตัวต้านทาน 220 Ω

3. การทดสอบเจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำ รุ่น F50

การทดสอบเจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำรุ่น F50 12 V นั้นจะทำการทดสอบโดยการต่อเจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำ รุ่น F50 12V เข้ากับชุดเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-S201 และต่อเข้ากับระบบน้ำปะปาโดยการเปิดวาล์วน้ำเพิ่มขึ้นเป็นระดับๆ โดยมีการต่อเจนเนอเรเตอร์แบบ 1 เครื่อง และ 2 เครื่อง หลังจากนั้นใช้แคลมป์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำและทำการวัดกระแสไฟฟ้าโดยใช้หลอดไฟกระแสตรง 12V 9 W เป็นโหลด วัดโดยใช้แคลมป์มิเตอร์

อนุกรมเข้ากับโหลด และบันทึกผลอัตราการไหลของน้ำที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระดับแรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ โดยทำการทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าระดับต่าง ๆ ภาพที่ 5 และภาพที่ 6 แสดงการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากเจนเนอเรเตอร์



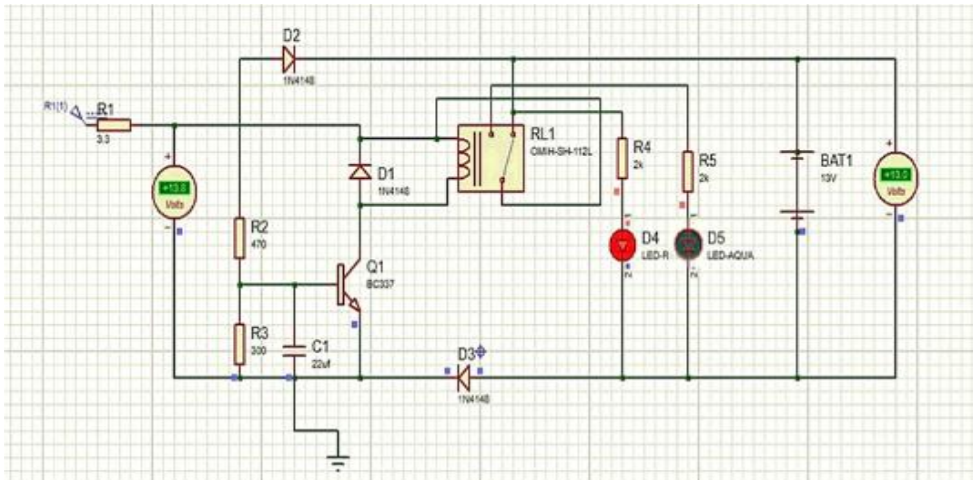
ภาพที่ 5 การวัดแรงดันที่เกิดจากเจนเนอเรเตอร์
เมื่อมีน้ำไหลผ่าน



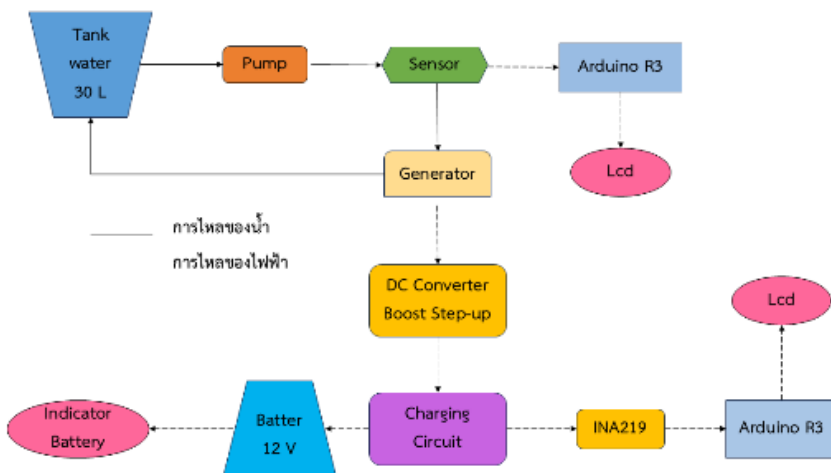
ภาพที่ 6 การวัดกระแสที่เกิดจากเจนเนอเรเตอร์
เมื่อมีน้ำไหลผ่าน

4. การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่ 12V 7Ah

ใช้การออกแบบโดยโปรแกรม Proteus หลักการทำงานของวงจรโดยด้านอินพุตจะมีวงจร Step up ทำให้แรงดันเพิ่มขึ้น การตรวจเช็คแรงดันจากแบตเตอรี่ โดยควบคุมการตัดต่อของรีเลย์การตรวจเช็คแรงดันด้วยการใช้ ทรานซิสเตอร์ BC337 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน ในสถานะแรงดันแบตเตอรี่สูงกว่าแรงดันของอินพุต จะได้มีไดโอดไดโอด 1N4742A เป็นตัว Blocking ไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ไหลกลับไปที่เจนเนอเรเตอร์ ขณะทำการชาร์จแบตเตอรี่จะมี ไฟ LED สีแดงทำงานเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มากกว่าแรงดันอินพุตจะมีไฟ LED สีเขียวแสดงขึ้น ภาพที่ 7 แสดงการทดสอบขณะชาร์จในโปรแกรม Proteus วงจรชาร์จแบตเตอรี่ถูกออกแบบให้สามารถปรับค่ากระแสชาร์จแบตเตอรี่ หรือ C-rate ได้ ซึ่งตั้งค่าให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้ที่กระแสชาร์จไม่เกิน 0.7A



ภาพที่ 7 การทดสอบขณะชาร์จในโปรแกรม Proteus



ภาพที่ 8 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบการทำงานของแบบจำลองการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

จากภาพที่ 8 การไหลของน้ำนั้นจะไหลจากถังน้ำขนาด 30 ลิตร ผ่านปั๊มน้ำและไหลผ่านเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ ไหลไปยังเจนเนอเรเตอร์เพื่อผลิตไฟฟ้าและไหลกลับยังถังน้ำ ตอนต้นส่วนการไหลของไฟฟ้านั้นจะไหลจากเซ็นเซอร์ไปยัง ArduinoR3 เพื่อแสดงค่ายังจอ Lcd และอีกส่วนคือไหลจากเจนเนอเรเตอร์ไปยังวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์เพื่อปรับกระแสก่อนเข้าวงจรชาร์จแบตเตอรี่เพื่อไหลไปยังแบตเตอรี่ ในส่วนเซ็นเซอร์ INA219 จะทำการวัดกระแสและ

แรงดันไฟฟ้าในการชาร์จหลังจากนั้นจะส่งผลไปยัง ArduinoR3 เพื่อแสดงค่ายังจอ Lcd

ผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (Pico-hydro generator) รุ่น F50 และระบบประจุแบตเตอรี่ 12 V ที่ออกแบบขึ้น โดยใช้ Clamp meter ยี่ห้อ FLUKE เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ผลการ

ทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เครื่อง (2) ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 เครื่องที่ต่อแบบขนาน และ (3) ประสิทธิภาพของระบบประจุแบตเตอรี่

1. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เครื่อง

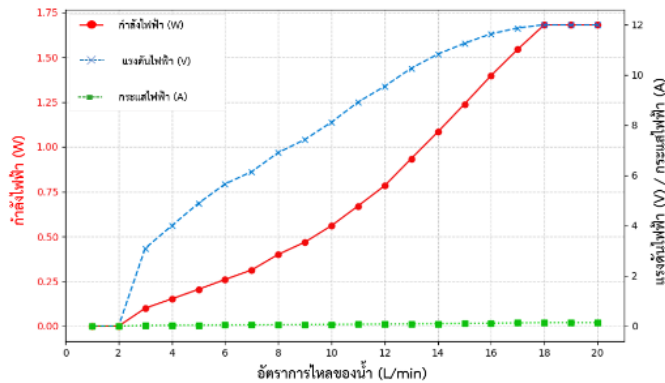
การทดสอบคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารุ่น F50 จำนวน 1 เครื่อง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ (L/min) กับค่าทางไฟฟ้าที่ผลิตได้ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (V) กระแสไฟฟ้า (A) และกำลังไฟฟ้า (W) แสดงผลดังตารางที่ 1

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มทำงาน (Cut-in) ที่อัตราการไหล 3 (L/min) โดยสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 3.10 V กระแสไฟฟ้าประมาณ 32 mA และกำลังไฟฟ้า 0.100 W เมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear relationship) ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 1 ผลของกำลังไฟฟ้าของการทดสอบเจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำ รุ่น F50

อัตราการไหลของน้ำ (L/min)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0.032	3.10	0.100
4	0.038	4.00	0.152
5	0.042	4.89	0.205
6	0.046	5.66	0.260
7	0.051	6.15	0.313
8	0.058	6.91	0.400
9	0.063	7.43	0.468
10	0.069	8.12	0.560
11	0.075	8.92	0.670
12	0.082	9.55	0.783
13	0.091	10.27	0.934
14	0.1	10.83	1.083
15	0.11	11.26	1.238
16	0.12	11.64	1.397
17	0.13	11.87	1.543
18	0.14	12.00	1.680
19	0.14	12.00	1.680
20	0.14	12.00	1.680

ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าถึงจุดสูงสุด (Rated performance) ที่ อัตราการไหล 18 L/min โดยสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 12.00 V และกระแสไฟฟ้าสูงสุด 140 mA (0.14 A) คิดเป็นกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.680 W ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่า ที่อัตราการไหลสูงกว่า 18 L/min (คือ 19 และ 20 L/min) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่สภาวะอิ่มตัว (Saturation) โดยค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าคงที่ ไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไปแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า F50

2. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 เครื่องต่อแบบขนาน

เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มกระแสไฟฟ้าสำหรับระบบประจุแบตเตอรี่ จึงทำการทดสอบโดยนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารุ่น F50 จำนวน 2 เครื่องมาต่อวงจรแบบขนาน ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

จากการทดสอบพบว่า ระบบที่ต่อแบบขนานต้องการอัตราการไหลของน้ำที่สูงขึ้นเพื่อเริ่มการผลิตไฟฟ้า (Cut-in) โดยระบบเริ่มทำงานที่อัตราการไหล 5 L/min ผลิตแรงดัน 3.32 V กระแส 70 mA และกำลังไฟฟ้า 0.232 W ซึ่งแตกต่างจากการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวที่เริ่มทำงานที่ 3 L/min

ตารางที่ 2 ผลของกำลังไฟฟ้าของการทดสอบเจนเนอเรเตอร์กังหันน้ำ 2 เครื่องต่อแบบขนาน

อัตราการไหลของน้ำ (L/min)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0.070	3.32	0.232
6	0.084	4.12	0.346
7	0.095	4.92	0.467
8	0.110	5.67	0.624
9	0.128	6.46	0.827
10	0.140	7.24	1.014
11	0.155	8.07	1.250
12	0.168	8.86	1.488
13	0.180	9.48	1.706
14	0.196	9.85	1.930
15	0.210	10.25	2.153
16	0.225	10.74	2.416
17	0.238	10.17	2.420
18	0.250	11.66	2.915
19	0.265	11.87	3.145
20	0.280	12.00	3.360

เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น แรงดันและกระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตาม ณ อัตราการไหลสูงสุดที่ทดสอบ 20 L/min ระบบสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 12 V ซึ่งเทียบเท่ากับขีดจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียว แต่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงถึง 280 mA (0.280 A) และให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 3.360 W

เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียว (ซึ่งให้กระแสสูงสุด 140 mA และกำลังไฟฟ้าสูงสุด 1.680 W) ผลการทดสอบนี้ ยืนยันว่าการต่อแบบขนานสามารถเพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า (Current capacity) ได้เป็น 2 เท่า อย่างชัดเจน ส่งผลให้กำลังไฟฟ้ารวมของระบบเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าตาม ทฤษฎีการต่อวงจรแบบขนาน

3. ผลการทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่แบบแรงดันไฟฟ้าคงที่

ทำการทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 V 7 Ah โดยใช้วิธีการประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging) ที่ 13.8 V เป็นเวลา 180 นาที (3 ชั่วโมง) ผลการประจุแบตเตอรี่ แสดงดังตารางที่ 3 แบตเตอรี่ซึ่งมีแรงดันเริ่มต้น 10.71 V ถูกประจุด้วยกระแสไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ ที่ 0.7 A ในช่วง 100 นาทีแรก หลังจากนั้น เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มสูงขึ้น (เข้าใกล้ 13.20 V) กระแสการประจุจะค่อย ๆ ลดลง (Tapering) ตามคุณลักษณะของการชาร์จแบบแรงดันคงที่ จนเหลือ 0.13 A ที่เวลา 180 นาที

ณ จุดสิ้นสุดการทดสอบ แรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเป็น 13.70 V (วัดค่าจริงได้ 13.72 V ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบประจุแบตเตอรี่ ที่ออกแบบสามารถทำงานและอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 การประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่ โดยใช้แรงดันที่ 13.8 V

เวลาที่ใช้ในการชาร์จ (min)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)
0	0.7	10.71
20	0.7	11.21
40	0.7	11.70
60	0.7	12.22
80	0.7	12.74
100	0.7	13.20
120	0.55	13.42
140	0.33	13.60
160	0.20	13.68
180	0.13	13.70

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการนำพลังงานน้ำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นที่การออกแบบและทดสอบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำ ผ่านการใช้กังหันน้ำขนาดเล็ก ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่น่าพอใจของระบบในการผลิตไฟฟ้า

จากการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (Pico-hydro generator) รุ่น F50 และระบบประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 V ที่ออกแบบขึ้น พบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้อัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม การทดสอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 1 เครื่องพบว่าเริ่มทำงานที่อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที โดยให้แรงดันไฟฟ้า 3.10 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.032 แอมแปร์ และกำลังไฟฟ้า 0.100 วัตต์ เมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้นตรง จนถึงอัตราการไหล 18 ลิตรต่อนาที

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.680 วัตต์ (แรงดัน 12.00 โวลต์ กระแส 0.14 แอมแปร์) ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพสูงสุด ก่อนเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวเมื่ออัตราการไหลเกิน 18 ลิตรต่อนาที โดยค่ากำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีก

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงกลไฟฟ้า ของระบบถือเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินศักยภาพของกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพ (η) สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ P_{out} ต่อกำลังน้ำสูงสุด P_{water} ดังสมการสมการที่ 1

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{water}} \times 100\% \quad (1)$$

แม้ว่างานวิจัยนี้จะไม่ได้รับค่าความสูงของน้ำโดยตรง แต่หากพิจารณากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.680W ณ อัตราการไหล 18 L/min จะพบว่าประสิทธิภาพรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า F50 ในช่วงการทำงานสูงสุดนี้ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับกำลังน้ำที่อาจเกิดขึ้นจริง ซึ่งบ่งชี้ว่ากังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้มีข้อจำกัดด้านการแปลงพลังงานจลน์ของน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า การออกแบบกังหันให้มีรูปทรงที่เหมาะสมกับความดันและอัตราการไหลในท่อจึงเป็นแนวทางที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยรวมในอนาคตสำหรับการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 2 เครื่องที่ต่อแบบขนาน พบว่าระบบต้องการอัตราการไหลของน้ำที่สูงขึ้นเพื่อเริ่มการผลิตไฟฟ้า โดยเริ่มทำงานที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้า 3.32 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.070 แอมแปร์ และกำลังไฟฟ้า 0.232 วัตต์ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น แรงดันและกระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงอัตราการไหล 20 ลิตรต่อนาที สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 12.00 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.280

แอมแปร์ และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 3.360 วัตต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียวพบว่าการทำงานของระบบขนานสามารถเพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้ารวมได้ประมาณ 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการทำงานของระบบขนานและยืนยันถึงประสิทธิภาพในการใช้งานร่วมกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายเครื่อง

นอกจากนี้ การทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่ที่ 13.8 โวลต์ เป็นเวลา 180 นาที พบว่าแบตเตอรี่ขนาด 12 V 7 Ah ที่มีแรงดันเริ่มต้น 10.71 โวลต์ สามารถรับประจุไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในช่วง 100 นาทีแรก กระแสการชาร์จคงที่ที่ประมาณ 0.7 แอมแปร์ และเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้ค่าแรงดันที่ กระแสการชาร์จลดลงอย่างต่อเนื่อง ตามลักษณะการประจุแบบแรงดันคงที่ จนเหลือเพียง 0.13 แอมแปร์ ณ สิ้นสุดการทดสอบ โดยแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเป็น 13.70 โวลต์ แสดงให้เห็นว่าระบบประจุแบตเตอรี่ที่ออกแบบสามารถอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งการคำนวณเวลาประจุแบตเตอรี่ตามทฤษฎี (T_{theory}) แบตเตอรี่ขนาด 12V, 7Ah ที่มีแรงดันเริ่มต้น 10.71V คาดว่าต้องรับประจุเพิ่มเติมประมาณ 4.5Ah (สมมติฐานตามสถานะการคายประจุ) หากพิจารณากระแสการชาร์จคงที่ในช่วงแรก $I_{charge} = 0.7A$ เวลาที่ใช้ในการประจุตามทฤษฎี T_{theory} สามารถคำนวณจากสมการที่ 2

$$T_{theory} = \frac{\Delta Q}{I_{charge}} \quad (2)$$

โดย ΔQ คือปริมาณประจุที่ต้องการเติม ซึ่งจะได้เวลาประมาณ 6.43 ชั่วโมง (386 นาที) ดังนั้นการทดสอบที่ระยะเวลา 180 นาที (3 ชั่วโมง) จึง

มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของระบบในการจ่ายกระแสแรงดันที่และเสถียรภาพของวงจรชาร์จในช่วงแรกของการประจุซึ่งเป็นช่วงที่แบตเตอรี่รับกระแสสูงสุดอย่างรวดเร็ว ผลลัพธ์ที่แรงดันแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นถึง 13.70V ณ สิ้นสุดการทดสอบ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพการใช้งานในทางปฏิบัติ แม้ว่าแบตเตอรี่จะยังไม่ถึงสถานะการประจุเต็ม 100%

อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองยังมีข้อจำกัดสำคัญบางประการที่ควรนำไปพิจารณาเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทดสอบทั้งหมดดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุม ซึ่งมีอัตราการไหลและความดันค่อนข้างคงที่ จึงอาจไม่สะท้อนสภาพการไหลจริงในระบบส่งน้ำของพื้นที่ใช้งานจริงที่มีความผันผวนตามเวลา เช่น ช่วงเปิด-ปิดวาล์ว การสูญเสียแรงดันตามระยะท่อ หรือความแปรปรวนจากสภาวะภายนอก ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลโดยตรงต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และเสถียรภาพของระบบชาร์จแบตเตอรี่

เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลองและรองรับการประยุกต์ใช้งานจริง ควรมีการทดสอบภาคสนามในสภาพแวดล้อมการไหลจริงหรือจัดทำจำลองพลวัตการไหล (Flow dynamics) เพื่อประเมินผลกระทบจากความแปรปรวนดังกล่าว นอกจากนี้ การออกแบบระบบในระยะต่อไปควรให้ความสำคัญกับการเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และทนทานต่อสภาวะแวดล้อมชื้น หรือแรงสั่นสะเทือนเพื่อให้ระบบมีความเสถียรและใช้งานได้นานในพื้นที่ทางไกลที่ต้องการการบำรุงรักษาต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- [1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, “Alternative Energy Development Plan 2021-2036,” Ministry of Energy, Thailand, 2021.
- [2] International Energy Agency (IEA), “Thailand Energy Outlook and Policies,” IEA Country Report, Oct. 2024.
- [3] Ministry of Energy, Thailand, Thailand Power Development Plan 2018–2037 Revision 1 (PDP2018 Rev. 1). Bangkok, Thailand: Ministry of Energy, 2022.
- [4] F. Samrat et al., “A comprehensive review on micro-hydro power generation: Current status, potential, and future challenges,” *Energy Rep.*, vol. 11, pp. 3208–3228, May 2025.
- [5] Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), “Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy,” [Online]. Available: <https://www.dede.go.th/articles?id=3827>.
- [6] C. Raghutla and Y. Kolati, “Public-private partnerships investment in energy as new determinant of renewable energy: The role of political cooperation in China and India,” *Energy Reports*, vol. 10, pp. 3092-3101, Nov. 2023.

- [7] A. Singh, D. Sharma, and P. Garg, "A state-of-the-art review on pump as turbine (PAT) for micro-hydropower generation in water supply systems," *Journal of Cleaner Production*, vol. 379, Art. 134691, Dec. 2022.
- [8] N. Limmeechokchai and S. Chungpaibulpatana, "Sustainable energy development in Thailand: Challenges and opportunities in the energy transition era," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 185, Art. 113645, Oct. 2023.
- [9] B. Mohanty, P. Sahoo, and S. Pradhan, "A robust Maximum Power Point Tracking (MPPT) control scheme for micro-hydropower generation systems with battery energy storage," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 38, no. 2, pp. 1050–1060, 2023.
- [10] A. A. Almuhaissen, A. M. Alhasan, and A. A. Alameri, "Optimized design of micro-hydro turbines for in-pipe water systems: A review and case study," *Energy Rep.*, vol. 10, pp. 1500–1512, 2024.
- [11] Analog Read, "YF-S201 Water Flow Sensor," [Online]. Available: <https://www.analogread.com>. Accessed: Oct. 25, 2025.
- [12] F50 Micro Hydro Generator, "F50-12V Micro Hydro Generator," [Online]. Available: <https://www.fromfactory.net>. Accessed: Oct. 25, 2025.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

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

การเตรียมต้นฉบับบทความ

ชื่อเรื่อง (Title)	ภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรสั้น กระชับ ครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ และสื่อความหมายของเรื่องที่ใช้อย่างชัดเจน
ชื่อ นามสกุลของผู้เขียน	ระบุชื่อนามสกุลเต็ม ของผู้เขียนให้ครบทุกคน <u>โดยไม่ต้องใส่คำนำหน้านามใด ๆ</u> ระบุสถานที่ทำงานหรือหน่วยงานที่สังกัดของผู้เขียน, ไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (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 ประสิทธิ์จตุระกุล, *การออกแบบและวิเคราะห์อัลกอริทึม*, กรุงเทพฯ: เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), 2001.
- [3] J.R. Quinlan, *C4.5: Programs for Machine Learning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Meto, California, 1993.

ตัวอย่างการอ้างอิงจากการประชุมวิชาการ

- [4] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” ใน หรือ In, *ชื่อการประชุมวิชาการ, ชื่อย่อการประชุมวิชาการ, ชื่อสถานที่จัดงาน*, วัน เดือน ปี ที่จัดงาน, เลขหน้า.
- [5] วรฤทัย 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] วรฤทัย 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] วรฤทัย 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 ถนนอุทัยนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 23 โทรสาร 0 2160 1440 Email : fit_journals@ssru.ac.th