

ปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแล ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน

Factors Affecting the Building Construction Management Under the Control of Local Administration Authorities in Amphor Pua Nan Province

กฤษณพงศ์ ฟองสินธุ์¹ ภัทธร ฟองสินธุ์²

E-mail: sfongsin1@hotmail.com, f.patorn@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน โดยการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 36 คน ในช่วงปีงบประมาณ 2565 โดยใช้แบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์และเรียงลำดับค่าดัชนีความรุนแรง ซึ่งเป็นการรวมค่าระดับความถี่และระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัย เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบทั้ง 6 ด้าน อันประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 3) ปัจจัยด้านการเงิน 4) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านเครื่องมือเครื่องจักร 6) ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุดคือการขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตร และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุดคือการเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้า ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ระบุในการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งเจ้าของโครงการ และหน่วยงานรัฐบาล ควรใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณานโยบายการบริหารจัดการให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาของปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

คำสำคัญ: ผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้างอาคาร องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อำเภอปัว

Abstract

The purpose of this research was to study factors affecting the building construction management under the control of Local Administration Authorities in Amphor Pua Nan Province. The data was collected from 36 samples during the fiscal year 2022 by using a questionnaire from supervisors under the control of Local Administration Authorities. The factors affecting were analyzed and sequentially ranked by severity index, a combination of occurrence frequency level and severity level used to determine into six factors: 1) Man 2) Material 3) Money 4) Method 5) Machine 6) Others. The result was significantly shown that the most affecting factor was shortage of construction labor during agricultural season. The least affecting factor was delay in moving and assembling the machine. The factors identified in the study will benefit the Local Administration Authorities. The project owner and government agencies should be used as a guideline for consideration of management policies in line with the problems of various environmental factors that are constantly changing.

Keywords: building contractors, local administrative authority, Amphor Pua

ความเป็นมาของปัญหา

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ที่รัฐบาลในสมัยนั้นมีนโยบายกระจายอำนาจการปกครองไปสู่ประชาชนให้มากขึ้น และได้มีการยกฐานะสภาตำบลไปเป็นองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบล ทำให้องค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบลต้องรับผิดชอบควบคุมต่างๆ ในท้องถิ่นเองรวมทั้งงานก่อสร้างซึ่งต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะทางเท่านั้น แต่ที่ผ่านมาพบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบลแต่ละท้องถิ่นพบกับปัญหาอุปสรรคเกี่ยวกับการบริหารจัดการด้านการก่อสร้างอยู่ไม่น้อย ซึ่งรายงานผลการปฏิบัติงานของสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน, 2564) ซึ่งเป็นปีล่าสุดที่รายงาน พบว่าผลการตรวจสอบโครงการก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 95 เรื่อง พบข้อบกพร่องจำนวน 52 เรื่อง คิดเป็น 54.74% ซึ่งสาเหตุที่โครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานไม่ได้คุณภาพมาจากหลายปัจจัย เช่น ผู้ควบคุมงานและคณะกรรมการตรวจงานก่อสร้างปฏิบัติหน้าที่ไม่ครบถ้วนตามระเบียบ ละเลยการปฏิบัติหน้าที่ทำให้เกิดความเสียหาย มีการ

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

² อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

สมยอมกับผู้รับจ้าง ฯลฯ ในปัจจุบันทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน มีงบประมาณที่ใช้ในโครงการก่อสร้างเป็นจำนวนมากในแต่ละปีงบประมาณโดยเฉพาะโครงการก่อสร้างอาคาร ฉะนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเงินภาษีของประชาชนจึงสมควรที่จะศึกษาถึงความสามารถของท้องถิ่นและปัญหาที่เกิดขึ้นในการบริหารงานก่อสร้าง เพื่อที่จะได้หาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาถึงกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารโดยแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 3) ปัจจัยด้านการเงิน 4) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านเครื่องมือเครื่องจักร 6) ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง (ศรยุทธ กิจพจน์, 2545) ในช่วงปีงบประมาณ 2565 ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2565

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน
2. เพื่อศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาลุप्तรรคการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาเอกสาร วิทยุหลัก การ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโครงการก่อสร้างอาคารที่ไม่ได้คุณภาพ (สุรินทร์ สังข์สมบูรณ์, 2546) (Arditi, D. and Gunaydin, M., 2000) (Chan, P. C., Scott, D., Chan, P. L., 2004) (มานิต ช่วยงาน, 2547) (สุรวัฒน์ พลมณี และ สุวัฒน์จิตามระ, 2548) (กฤษณพงศ์ ฟองสินธุ์, 2552) แล้วนำมาประมวลผลเพื่อกำหนดขอบเขต และสร้างเครื่องมือให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

2. จัดทำแบบสอบถาม ทำการสอบถามความคิดเห็นและเก็บรวบรวมข้อมูล และประมวลผล

นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นโดยอ้างอิงจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการสร้างปัจจัยย่อยให้ครอบคลุมปัจจัยหลักที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 3) ปัจจัยด้านการเงิน 4) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านเครื่องมือเครื่องจักร 6) ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง และทำการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา และภาษาที่ใช้ในแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ โดยการจัดประชุมกลุ่มย่อยที่ประกอบด้วยวิศวกร หัวหน้าส่วนโยธา นายช่างโยธา ผู้ช่วยช่างโยธา หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการผู้ควบคุมงานและตรวจงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 12 แห่งในอำเภอปัว จังหวัดน่าน นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่เกี่ยวข้องที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา จำนวน 30 คน แล้วนำผลที่ได้มาทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกลด้วยการหาสถิติ Cronbach's Alpha (ณรงค์ โพธิ์พุกษานันท์, 2551) เพื่อแสดงว่าสเกลมีความน่าเชื่อถือก่อนนำแบบสอบถามไปใช้จริงต่อไป จากนั้นทำการสอบถามความคิดเห็นและเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ วิศวกร หัวหน้าส่วนโยธา นายช่างโยธา ผู้ช่วยช่างโยธา หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการผู้ควบคุมงานและตรวจงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 12 แห่งในอำเภอปัว จังหวัดน่าน (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2564) โดยใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 36 ตัวอย่าง โดยให้ระดับความสำคัญคือ 5: มีผลกระทบมากที่สุด และ 1: มีผลกระทบน้อยที่สุด และทำการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมประมวลผลสำเร็จรูป

3. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความถี่และระดับความรุนแรงของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน นำมาหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) และค่าดัชนีความรุนแรง: S.I. (Severity Index) (Dominowski, 1980)

3.1 ค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่างๆ โดยหาทั้งค่าเฉลี่ยระดับความถี่และระดับความรุนแรง จากสูตร (1) และ (2) โดยใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินเป็น 5 ระดับของ Dominowski (1980)

$$\text{ค่าเฉลี่ยระดับความถี่} = (\text{คะแนนค่าระดับความถี่} (=5,4,3,2,1) \times \text{จำนวนผู้ที่ตอบค่าความถี่นั้น}) / \text{จำนวนผู้ตอบ....(1)}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยระดับผลกระทบ} = (\text{คะแนนค่าระดับผลกระทบ} (=5,4,3,2,1) \times \text{จำนวนผู้ที่ตอบค่าผลกระทบนั้น}) / \text{จำนวนผู้ตอบ....(2)}$$

3.2 ค่า S.I. หาได้จากสมการ

$$S.I. = [\text{ค่าเฉลี่ยระดับความถี่} \times \text{ค่าเฉลี่ยระดับผลกระทบ}] / [\text{ช่วงชั้นระดับความถี่} (=5) \times \text{ช่วงชั้นระดับผลกระทบ}$$

(=5)].... (3)

และทำการจัดลำดับ (Ranking) ค่า S.I. ของปัจจัยทั้งหมด เพื่อหา 5 อันดับแรกของปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอบัว จังหวัดน่าน สรุปผลและนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาในการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอบัว จังหวัดน่าน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การทดสอบค่าความน่าเชื่อถือของสเกล ด้วยการหาค่าสถิติ Cronbach's Alpha มีค่า 0.891 ดังตารางที่ 1 แสดงว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือ (ค่า Alpha ที่ชี้ว่าสเกลน่าเชื่อถือควรมีค่ามากกว่า 0.7) (ณรงค์ โพธิ์พุกขานันท์, 2551)

ส่วนผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 รูปแบบดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังตารางที่ 2

2. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอบัว จังหวัดน่าน

โดยวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความถี่ ค่าเฉลี่ยความรุนแรง ด้วยโปรแกรมประมวลผลสำเร็จรูปและคำนวณหาค่า S.I. แล้วทำการจัดเรียงลำดับค่า S.I. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอบัว จังหวัดน่าน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 แสดงความน่าเชื่อถือของผู้ตอบแบบสอบถาม

Cronbach's Alpha	ผู้ตอบแบบสอบถาม
0.891	30

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไป (n=36), หน่วย: คน (ร้อยละ)

รายการ		ผู้ตอบแบบสอบถาม
เพศ	ชาย	29 (80.56)
	หญิง	7 (19.44)
อายุ	20-30	4 (11.11)
	31-40	15 (41.66)
	41-50	9 (25.00)
	51 ปีขึ้นไป	8 (22.22)
อาชีพ	วิศวกร	0 (0.00)
	หัวหน้าส่วนโยธา	12 (33.33)
	นายช่างโยธา	15 (41.67)
	ผู้ช่วยช่างโยธา	9 (25.00)
ระดับการศึกษา	<ปริญญาตรี	24 (66.67)
	ปริญญาตรี	7 (19.44)
	>ปริญญาตรี	5 (13.89)
ประสบการณ์ในการทำงาน	1-5 ปี	6 (16.67)
	6-10 ปี	13 (36.11)
	11-15 ปี	7 (19.44)
	16-20 ปี	4 (11.11)
	21-25 ปี	2 (5.56)
	26 ปีขึ้นไป	4 (11.11)

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 36 คน พบว่าส่วนใหญ่การสำรวจในครั้งนี้เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 80.56 กลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 31 ถึง 40 ปี มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.66 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามเป็นนายช่างโยธา มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 41.67 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับการศึกษาในระดับน้อยกว่าปริญญาตรี มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ประสบการณ์ในการทำงานของผู้ตอบแบบสอบถามในช่วง 6-10 ปี มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.11 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ย ความถี่	ค่าเฉลี่ย ความรุนแรง	ค่า S.I.
1. ด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง			
1.1 ผู้ออกแบบ ออกแบบผิดพลาด	3.39	3.17	0.42
1.2 เจ้าหน้าที่ด้านประมาณการทำการประมาณการขัดแย้งกับแบบแปลนก่อสร้าง	3.31	3.08	0.40
1.3 อปท.อนุมัติแบบก่อสร้างล่าช้า	3.47	3.19	0.44
1.4 คณะกรรมการตรวจงานจ้างความคิดเห็นไม่ตรงกัน	3.22	2.94	0.37
1.5 การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำไร่การเกษตร	3.75	3.56	0.53
1.6 การขาดประสบการณ์ด้านเทคนิคในการก่อสร้าง	3.33	3.17	0.42
1.7 ผู้ควบคุมงานขาดการประสานงานกับผู้รับจ้าง	3.19	3.08	0.39
1.8 ผู้ควบคุมงานไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้	3.33	3.22	0.43
1.9 ผู้ควบคุมงานละเลยการปฏิบัติหน้าที่	3.33	3.19	0.42
1.10 คนงานเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการก่อสร้าง	2.86	2.72	0.31
2. ด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง			
2.1 ขาดความรู้เรื่องคุณสมบัติของวัสดุ	3.33	3.03	0.40
2.2 การขาดแคลนวัสดุก่อสร้าง	3.11	2.81	0.34
2.3 การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ	3.22	3.03	0.39
2.4 ราคาวัสดุที่ผันผวนตามเศรษฐกิจ	3.58	3.39	0.48
2.5 การส่งวัสดุก่อสร้างล่าช้า	3.47	3.19	0.44
2.6 การขออนุมัติเลือกใช้วัสดุมีความล่าช้า	3.03	2.78	0.33
2.7 การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงวัสดุ	3.00	2.72	0.32
2.8 การเก็บรักษาวัสดุไม่เหมาะสม	3.17	2.86	0.36
2.9 ความล่าช้าของผลการทดสอบวัสดุ	3.11	2.83	0.35
2.10 เศษวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก	3.14	2.92	0.36
3. ด้านการเงิน			
3.1 การขาดสภาพคล่องทางการเงิน	3.39	3.28	0.44
3.2 การเบิกจ่ายเงินในงวดงานไม่เป็นไปตามกำหนด	3.22	3.14	0.40
3.3 งบประมาณในการก่อสร้างมีจำกัด	3.58	3.44	0.49
3.4 ขั้นตอนการอนุมัติเงินของ อปท. มีความล่าช้า	3.36	3.08	0.41
3.5 ราคาตกลงกับแบบก่อสร้างขัดแย้งกัน	3.28	3.00	0.39
3.6 การแข่งขันเรื่องราคาจ้างเหมา	3.31	3.25	0.43
3.7 การจ่ายค่าโสหุ้ยต่างๆ	3.39	3.28	0.45
3.8 อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลงไม่แน่นอน	3.11	2.97	0.36
3.9 เจ้าของโครงการจ่ายเงินล่าช้า	3.31	3.03	0.40
3.10 เงินทุนกู้ยืมสูง	3.33	3.11	0.41

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ย ความถี่	ค่าเฉลี่ย ความรุนแรง	ค่า S.I.
4. ด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง			
4.1 การส่งมอบพื้นที่ก่อสร้าง	2.92	2.81	0.32
4.2 การขาดการตรวจสอบแบบแปลนจากผู้เชี่ยวชาญ	3.11	2.92	0.36
4.3 การควบคุมงานไม่เข้มงวด	3.17	3.00	0.38
4.4 การวางแผนเวลาการทำงานไม่เหมาะสม	3.03	2.83	0.34
4.5 การก่อสร้างผิดจากแบบ	3.11	2.89	0.35
4.6 การเร่งงานก่อสร้างมากเกินไป	2.94	2.78	0.32
4.7 เทคนิควิธีการก่อสร้างไม่เหมาะสม	3.08	2.86	0.34
4.8 รูปแบบของสัญญาจ้างเหมาที่ไม่เหมาะสมกับงาน	3.00	2.94	0.34
4.9 การแก้ไขงานก่อสร้างไม่เหมาะสม	2.97	2.89	0.33
4.10 การอนุมัติเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาจ้าง	3.03	2.81	0.33
5. ด้านเครื่องมือเครื่องจักร			
5.1 การขาดแคลนเครื่องมือเครื่องจักร	2.97	2.81	0.33
5.2 เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา	3.28	3.14	0.41
5.3 เครื่องจักรไม่เพียงพอ	2.94	2.89	0.33
5.4 เครื่องจักรชำรุดเสียหาย	3.42	3.19	0.43
5.5 การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้า	2.86	2.58	0.29
5.6 ผู้รับจ้างไม่มีเครื่องจักรเป็นของตนเอง	3.36	3.06	0.41
5.7 การใช้งานเครื่องจักรไม่ถูกประเภท	3.36	3.11	0.40
5.8 เครื่องจักรขาดความทันสมัย	3.22	3.03	0.39
5.9 ขาดเครื่องมือทดสอบคุณภาพ	3.22	3.03	0.39
5.10 ความประมาทในการใช้เครื่องมือเครื่องจักร	3.39	3.11	0.42
6. ด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง			
6.1 ปัญหาทางด้านการเมืองท้องถิ่น	3.53	3.39	0.47
6.2 อุปสรรคทางด้านภาษาและการติดต่อสื่อสาร	3.19	3.11	0.39
6.3 ภูมิอากาศเป็นอุปสรรค เช่น ฝนตก	3.44	3.39	0.45
6.4 สภาพเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลง	2.97	2.97	0.35
6.5 การร้องเรียนจากประชาชนในพื้นที่	2.89	2.81	0.32
6.6 วัสดุหจกรรมก่อสร้างขบเซา	2.85	2.69	0.31
6.7 การกีดขวางของระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า-ประปา)	3.00	2.97	0.35
6.8 ความล่าช้าในการเวนคืนที่ดิน	2.89	2.83	0.32
6.9 การขาดแคลนสาธารณูปโภคพื้นฐาน	3.19	2.94	0.37
6.10 นักการเมืองเข้าแทรกแซงโครงการก่อสร้าง	3.47	3.36	0.46

จากตารางที่ 3 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน ตามกลุ่มปัจจัยทั้ง 6 ด้าน พบว่า

1. ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง พบว่า การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำกรการเกษตรมีผลกระทบต่อการการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุด ในขณะที่คนงานเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุด

2. ปัจจัยวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง พบว่า ราคาวัสดุที่ผันผวนตามเศรษฐกิจมีผลกระทบต่อการการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุด ในขณะที่การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงวัสดุมีผลกระทบต่อการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุด

3. ปัจจัยด้านการเงิน พบว่า งบประมาณในการก่อสร้างมีจำกัดมีผลกระทบต่อการการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุด ในขณะที่อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลงไม่แน่นอนมีผลกระทบต่อการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุด
4. ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง พบว่า งบประมาณในการก่อสร้างมีจำกัดมีผลกระทบต่อการการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุด ในขณะที่อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลงไม่แน่นอนมีผลกระทบต่อการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุด
5. ปัจจัยด้านเครื่องมือเครื่องจักร พบว่า เครื่องจักรชำรุดเสียหายมีผลกระทบต่อการการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุด ในขณะที่การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้ามีผลกระทบต่อการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุด
6. ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง พบว่า ปัญหาทางด้านการเมืองท้องถิ่นมีผลกระทบต่อการการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุด ในขณะที่อุตสาหกรรมก่อสร้างชุมชนมีผลกระทบต่อการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุด

ตารางที่ 4 การจัดเรียงลำดับค่า S.I. ของปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอป่า จังหวัดน่าน

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ย ความถี่	ค่าเฉลี่ย ความรุนแรง	ค่า S.I.
1. การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำเกษตร	3.75	3.56	0.53
2. งบประมาณในการก่อสร้างมีจำกัด	3.58	3.44	0.49
3. ราคาวัสดุที่ผันผวนตามเศรษฐกิจ	3.58	3.39	0.48
4. ปัญหาทางด้านการเมืองท้องถิ่น	3.53	3.39	0.47
5. ภูมิอากาศเป็นอุปสรรค เช่น ฝนตก	3.44	3.39	0.46
6. นักการเมืองเข้าแทรกแซงโครงการก่อสร้าง	3.47	3.36	0.45
7. การจ่ายค่าโสหุ้ยต่างๆ	3.39	3.28	0.45
8. อปท. อนุมัติแบบก่อสร้างล่าช้า	3.47	3.19	0.44
9. การส่งวัสดุก่อสร้างล่าช้า	3.47	3.19	0.44
10. การขาดสภาพคล่องทางการเงิน	3.39	3.28	0.44
11. ผู้ควบคุมงานไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้	3.33	3.22	0.43
12. การแข่งขันเรื่องราคาจ้างเหมา	3.31	3.25	0.43
13. เครื่องจักรชำรุดเสียหาย	3.42	3.19	0.43
14. ผู้ออกแบบ ออกแบบผิดพลาด	3.39	3.17	0.42
15. การขาดประสบการณ์ด้านเทคนิคในการก่อสร้าง	3.33	3.17	0.42
16. ผู้ควบคุมงานละเลยการปฏิบัติหน้าที่	3.33	3.19	0.42
17. ความประมาทในการใช้เครื่องมือเครื่องจักร	3.39	3.11	0.42
18. ขั้นตอนการอนุมัติเงินของ อปท. มีความล่าช้า	3.36	3.08	0.41
19. เงินทุนกู้ยืมสูง	3.33	3.11	0.41
20. เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา	3.28	3.14	0.41
21. ผู้รับจ้างไม่มีเครื่องจักรเป็นของตนเอง	3.36	3.06	0.41
22. เจ้าหน้าที่ด้านประมาณการทำการประมาณค่าขัดแย้งกับแบบแปลนก่อสร้าง	3.31	3.08	0.40
23. ขาดความรู้เรื่องคุณสมบัติของวัสดุ	3.33	3.03	0.40
24. การเบิกจ่ายเงินในงวดงานไม่เป็นไปตามกำหนด	3.22	3.14	0.40
25. เจ้าของโครงการจ่ายเงินล่าช้า	3.31	3.03	0.40
26. การใช้งานเครื่องจักรไม่ถูกประเภท	3.36	3.11	0.40
27. ผู้ควบคุมงานขาดการประสานงานกับผู้รับจ้าง	3.19	3.08	0.39
28. การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ	3.22	3.03	0.39
29. ราคาตกลงกับแบบก่อสร้างขัดแย้งกัน	3.28	3.00	0.39

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ย ความถี่	ค่าเฉลี่ย ความรุนแรง	ค่า S.I.
30. เครื่องจักรขาดความทันสมัย	3.22	3.03	0.39
31. ขาดเครื่องมือทดสอบคุณภาพ	3.22	3.03	0.39
32. อุปสรรคทางด้านภาษาและการติดต่อสื่อสาร	3.19	3.11	0.39
33. การควบคุมงานไม่เข้มงวด	3.17	3.00	0.38
34. คณะกรรมการตรวจงานจ้างความคิดเห็นไม่ตรงกัน	3.22	2.94	0.37
35. การขาดแคลนสาธารณูปโภคพื้นฐาน	3.19	2.94	0.37
36. การเก็บรักษาวัสดุไม่เหมาะสม	3.17	2.86	0.36
37. เศษวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก	3.14	2.92	0.36
38. อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลงไม่แน่นอน	3.11	2.97	0.36
39. การขาดการตรวจสอบแบบแปลนจากผู้เชี่ยวชาญ	3.11	2.92	0.36
40. ความล่าช้าของผลการทดสอบวัสดุ	3.11	2.83	0.35
41. การก่อสร้างผิดจากแบบ	3.11	2.89	0.35
42. สภาพเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลง	2.97	2.97	0.35
43. การกีดขวางของระบบสาธารณูปโภค(ไฟฟ้า-ประปา)	3.00	2.97	0.35
44. การขาดแคลนวัสดุก่อสร้าง	3.11	2.81	0.34
45. การวางแผนเวลาการทำงานไม่เหมาะสม	3.03	2.83	0.34
46. เทคนิควิธีการก่อสร้างไม่เหมาะสม	3.08	2.86	0.34
47. รูปแบบของสัญญาจ้างเหมาที่ไม่เหมาะสมกับงาน	3.00	2.94	0.34
48. การขออนุมัติเลือกใช้วัสดุมีความล่าช้า	3.03	2.78	0.33
49. การแก้ไขงานก่อสร้างไม่เหมาะสม	2.97	2.89	0.33
50. การอนุมัติเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาจ้าง	3.03	2.81	0.33
51. การขาดแคลนเครื่องมือเครื่องจักร	2.97	2.81	0.33
52. เครื่องจักรไม่เพียงพอ	2.94	2.89	0.33
53. การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงวัสดุ	3.00	2.72	0.32
54. การส่งมอบพื้นที่ก่อสร้าง	2.92	2.81	0.32
55. การเร่งงานก่อสร้างมากเกินไป	2.94	2.78	0.32
56. การร้องเรียนจากประชาชนในพื้นที่	2.89	2.81	0.32
57. ความล่าช้าในการเวนคืนที่ดิน	2.89	2.83	0.32
58. เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงาน	2.86	2.72	0.31
59. อุบัติเหตุระหว่างการก่อสร้าง	2.85	2.69	0.31
60. การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้า	2.86	2.58	0.29

จากตารางที่ 4 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน 5 ลำดับแรกจากกลุ่มปัจจัยทั้ง 6 ด้าน คือ 1) การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูกาลทำการเกษตร 2) งบประมาณในการก่อสร้างมีจำกัด 3) ราคาวัสดุที่ผันผวนตามเศรษฐกิจ 4) ปัญหาทางด้านการเมืองท้องถิ่น และ 5) ภูมิอากาศเป็นอุปสรรค เช่น ฝนตก

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน โดยการรวบรวมข้อมูลจากวิศวกร หัวหน้าส่วนโยธา นายช่างโยธา ผู้ช่วยช่างโยธา หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการผู้ควบคุมงานและตรวจงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 36 ตัวอย่าง จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน จำนวน 12 แห่งๆ ละ 3 ชุด โดยใช้แบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์และเรียงลำดับค่าดัชนีความรุนแรง ซึ่งเป็นการรวมค่าระดับความถี่และระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบทั้ง 6 ด้าน อันประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 3) ปัจจัยด้านการเงิน 4) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านเครื่องมือเครื่องจักร 6) ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารมากที่สุดคือ การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำเกษตร และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารน้อยที่สุดคือ การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้า งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคาร และสรุปแนวทางที่จะช่วยให้โครงการก่อสร้างอาคารภายใต้การควบคุมดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีคุณภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต ลดปัญหาการก่อสร้างที่ไม่ได้คุณภาพและทำให้การใช้จ่ายเงินงบประมาณเป็นไปด้วยความคุ้มค่าและประหยัด ประชาชนในชุมชนสามารถได้ประโยชน์สูงสุดจากโครงการก่อสร้างและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

แนวทางการแก้ไขปัญหามีปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอปัว จังหวัดน่าน 5 ลำดับแรกจากกลุ่มปัจจัยทั้ง 6 ด้าน ได้แนวทางมาจากการสัมภาษณ์พูดคุยจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 36 คน แบบสอบถามแบบปลายเปิดให้แสดงความคิดเห็น และจากงานวิจัยที่ได้นำไปใช้แก้ปัญหาและเห็นผลในเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปแก้ปัญหาหน้างานได้จริง

1. การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำเกษตร

แนวทางการแก้ไข คือ ผู้รับจ้างควรจัดหาคนงานจากหลายๆ แห่ง ทางที่ดีควรหาคนงานที่อาศัยอยู่ในจังหวัดที่ไม่ได้ทำการเกษตรกรรม หรืออาจจะจ้างคนงานต่างด้าว เพื่อลดการขาดแคลนแรงงาน หรืออีกกรณีหนึ่งอาจจะวางแผนทำงานล่วงเวลาไว้ก่อนที่จะถึงฤดูการทำเกษตร

2. งบประมาณในการก่อสร้างมีจำกัด

แนวทางการแก้ไข คือ การตั้งงบประมาณประจำปีของท้องถิ่นสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ควรตั้งให้สอดคล้องกับการแก้ปัญหาของชุมชน เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนงบประมาณ

3. ราคาวัสดุที่ผันผวนตามเศรษฐกิจ

แนวทางแก้ไข คือ ปัญหาการผันผวนของราคาวัสดุก่อสร้างเป็นปัญหาใหญ่ของการประกอบกิจการทางด้านการดำเนินธุรกิจก่อสร้าง จึงจำเป็นที่ผู้ประกอบการจะต้องดำเนินธุรกิจอย่างรัดกุมที่สุด โดยเฉพาะควรทราบถึงราคาวัสดุตามท้องตลาด ณ ปัจจุบัน และค้นหาวัสดุในการก่อสร้างที่มีต้นทุนต่ำ แต่ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพของวัสดุ

4. ปัญหาทางด้านการเมืองท้องถิ่น

แนวทางแก้ไข คือ การดำเนินงานควรใช้การประชาคมของประชาชนในแต่ละพื้นที่เป็นหลัก เพื่อแก้ปัญหาการขัดแย้งทางผลประโยชน์ของนักการเมืองท้องถิ่น ทำให้ประชาชนได้รับผลประโยชน์สูงสุด

5. ภูมิอากาศเป็นอุปสรรค เช่น ฝนตก

แนวทางแก้ไข คือ ก่อนการดำเนินงานก่อสร้างผู้รับจ้างต้องทราบว่าพื้นที่ที่ต้องดำเนินงานมีสภาพพื้นที่เป็นอย่างไรเพื่อการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง เช่นงานก่อสร้างฝาย หรืองานขุดลอกลำน้ำ ต้องทราบว่าเราจะทำการสูบน้ำทิ้งหรือเบี่ยงทางน้ำไปในทิศทางใด

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารงานก่อสร้างอาคารภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจากกลุ่มของผู้กลุ่มผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หากมีการศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจรับเหมาก่อสร้างก็จะได้อีกข้อมูลที่มีความหลากหลายที่เป็นประโยชน์และสามารถนำปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่มาเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่าง เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงการบริหารงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นจากปัจจัยด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2564). ข้อมูลองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. <<http://www.dla.go.th/work/abt/>> (สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2564)
- กฤษณพงศ์ ฟองสินธุ์. (2552). ปัญหาอุปสรรคการบริหารงานก่อสร้างของเทศบาลตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอเมืองอุดรดิตถ์. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- ณรงค์ โพธิ์พูกษานนท์. (2551). ระเบียบวิธีวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพรส.
- มานิต ช่วยงาน. (2547). การศึกษาความคาดหวังของผู้บังคับบัญชาต่อผู้ควบคุมงานในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศรยุทธ กิจพจน์. (2545). การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.
- สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน. (2564). รายงานผลการปฏิบัติงานของสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564. สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน. <<https://www.audit.go.th/th/report/audit>> (สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2565).
- สุรวัดน พลมณี และ สุวัฒน์ชิตามระ. (2548). การศึกษาความเสี่ยงของโครงการก่อสร้าง สาธารณูปโภคในประเทศไทยที่มีมูลค่าตั้งแต่ 100 ล้านบาท. เอกสารการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10.
- สุรินทร์ สังข์สมบูรณ์. (2546). การบริหารงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบล ในเขตภาคใต้ตอนบน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Arditi, D. and Gunaydin, M. (2000). Factor that Affect Process Quality in the Life Cycle of Building Project. *Journal of Management in Engineering*.
- Chan, P.C., Scott, D., Chan, P.L. (2004). Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Dominowski, R. (1980). *Research Methods*. New Jersey: Prentice Hall.

การพัฒนาถ่านกัมมันต์จากกากทางและทะลายปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ โดยการกระตุ้นทางกายภาพ

Development of Activated Carbon from Waste of Oil Palm Frond and Bunch in Bio-oil Production Process by Physical Activation

ภคมน ปินตานา^{1*} นิกราน หอมดวง² กิตติกร สาสุจิตต์³ ณัฐภูมิ ดุษฎี⁴ ปฎิพัทธ์ ถนอมพงษ์ชาติ⁵

E-mail: p.pintana@gmail.com

บทคัดย่อ

ศักยภาพการผลิตวัตถุดิบถ่านจากทางปาล์มและทะลายปาล์มในพื้นที่อำเภอสันทรายสามารถนำไปออกแบบกระบวนการผลิตคือ ผลิตประมาณ 5 kg ต่อรอบ และผลิต 2 รอบต่อวัน กระบวนการที่ได้ออกแบบเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การลดขนาดวัตถุดิบเริ่มต้นซึ่งเป็นถ่านจากกระบวนการไพโรไลซิส เข้าทำปฏิกิริยาในเตาปฏิกรณ์แบบหมุนที่มีการให้ความร้อนและป้อนไอน้ำเพื่อกระตุ้นให้เกิดรูพรุนในเนื้อถ่าน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจึงลดอุณหภูมิถ่านเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิต ผลการทดสอบสภาวะที่เหมาะสม พบว่า ที่อุณหภูมิ 700 °C อัตราการป้อนไอน้ำ 150 cm³/min และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาประมาณ 40 min เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านกัมมันต์จากทะลายปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ ในขณะที่อุณหภูมิ 868 °C อัตราการป้อนไอน้ำ 150 cm³/min และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 min เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านกัมมันต์จากทางใบปาล์ม น้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ กระบวนการกระตุ้นวัตถุดิบถ่านจากทางและทะลายปาล์มน้ำมันทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นเป็น 515.59 และ 261.21 m²/g จากเดิม 189.73 และ 2.08 m²/g ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกากทางใบปาล์มมีคุณสมบัติการมีพื้นที่ผิวที่มากกว่า และเมื่อนำมาคำนวณต้นทุน พบว่าระบบที่ผลิตขึ้นนี้สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 6 ปี 3 เดือน

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ การกระตุ้นด้วยไอน้ำ ปาล์มน้ำมัน ของเหลือทิ้งการผลิตน้ำมันชีวภาพ

Abstract

Potential to produce charcoal raw materials from palm fields and palm bunches in San Sai District can be used to design the production process, which is to produce approximately 5 kg/cycle and produce 2 cycles/day. The process designed to produce activated carbon in this research consists of reducing the starting material (from pyrolysis process) size. It reacts in a rotary reactor where it is heated and fed with steam to induce porosity in the biomass charcoal. At the end of the process, the charcoal temperature is reduced as the final step in the production. The results of the optimum conditions test showed that at 700 °C, steam feed rate of 150 cm³/min, and reaction time of approximately 40 min, it was most suitable to produce activated carbon from the processed oil palm bunch. The temperature of 868 °C, steam feed rate of 150 cm³/min, and reaction time of 90 min were most suitable to produce activated carbon from oil palm frond. The activation process of charcoal raw materials from oil palm frond and bunch increased the surface area to 515.59 and 261.21 m²/g from 189.73 and 2.08 m²/g, respectively. It was found that activated carbon obtained from palm leaf pulp had a higher surface area property. And when it comes to calculating the cost, it is found that the system produced can payback in 6 years 3 months.

Keywords: Activated Carbon, Steam Activated, Biomass, Palm Oil, Bio-oil production waste

¹⁻⁴ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการอนุรักษ์พลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

⁵ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ความเป็นมาของปัญหา

วัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่แปลงปลูกประกอบด้วย ทางปาล์ม ใบปาล์ม ซึ่งเกษตรกรส่วนมากก็ทิ้งในพื้นที่ ซึ่งไม่ได้ก่อให้เกิดรายได้และยังมีแนวโน้มถูกกำจัดโดยการเผาซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อพิจารณาวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกปาล์ม น้ำมันโดยใช้ค่าอัตราส่วนการเกิดของวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกปาล์ม น้ำมัน คือ ลำต้น 1 เท่าของผลผลิต และ ใบและทางปาล์ม 1.41 เท่าของผลผลิต โดยปี พ.ศ. 2560 มีศักยภาพสูงถึง 21,816,255 ตัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2561) ซึ่งในส่วนนี้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในปริมาณที่น้อยมาก เช่น การใช้เป็นอาหารสัตว์ และการใช้เป็นปุ๋ย เป็นต้น การจัดการและการเพิ่มคุณภาพชีวมวลปาล์ม น้ำมันเป็นพลังงานทดแทนเพื่อการพัฒนาเกษตรและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ได้มีกระบวนการเพิ่มคุณค่าเศษวัสดุปาล์ม น้ำมันเหลือศูนย์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งจากกระบวนการนี้จะมีของเหลือทิ้งคือขากของกากที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพจากทางและทะลายปาล์ม น้ำมัน ซึ่งมีลักษณะเป็นถ่าน ซึ่งกระบวนการไพโรไลซิสนั้นสภาวะใกล้เคียงกับการคาร์บอนไนเซชัน ซึ่งเป็นการทำถ่านเช่นเดียวกันและเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ทั่วไปอยู่แล้ว ดังนั้นจึงทำให้มีแนวคิดสร้างกระบวนการผลิตแบบ Zero waste สามารถนำไปใช้งานเชิงพลังงานด้วยการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์ มีคุณสมบัติในการดูดซับสูง ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยยังมีการนำเข้าเพื่อใช้งานในด้านอุตสาหกรรมอยู่เป็นจำนวนมาก โดยข้อมูลจากกรมศุลกากรในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยนำเข้าถ่านกัมมันต์คิดเป็นมูลค่า 204,881,304 บาท และในปี พ.ศ. 2549 มีการนำเข้าเพิ่มมูลค่าขึ้นเป็น 263,223,505 บาท (สอฝิหะ ยาชะรัต, 2553) ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านที่เป็นกากเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพจากทางและทะลายปาล์ม น้ำมัน เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในชุมชน โดยการทดสอบต้นแบบ และประเมินการทำงานของเครื่องเพื่อขยายผลเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์คุณสมบัติ และพัฒนากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพจากทางและทะลายปาล์ม น้ำมันที่เหมาะสมกับชุมชน
2. เพื่อผลิตและประเมินระยะเวลาการคั่วถ่านในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพจากทางและทะลายปาล์ม น้ำมันของชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง

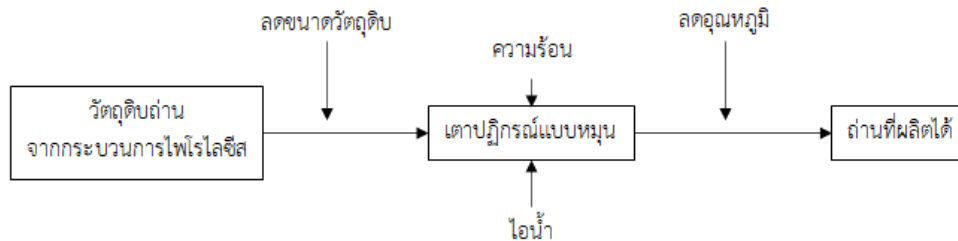
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือ กากทางและทะลายปาล์ม น้ำมันเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ ซึ่งผลิตจากชีวมวลจากและทะลายปาล์ม ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ครั้งละ 500 กิโลกรัม โดยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มเพื่อการทดลอง โดยเลือกระดับความคลาดเคลื่อนที่ 10% ของ Taro Yamane คือ

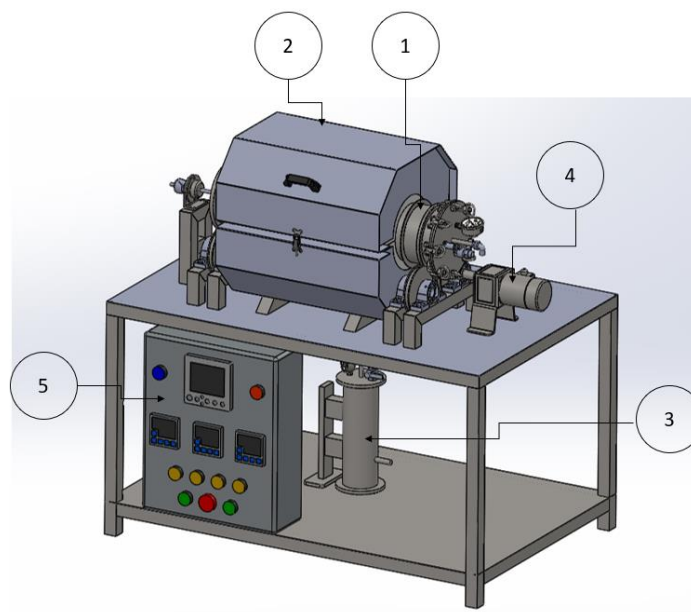
- 2.1 กากทางปาล์ม จำนวน 85 กิโลกรัม
- 2.2 กากทะลายปาล์ม จำนวน 85 กิโลกรัม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ประเมินชีวมวลทางปาล์ม น้ำมัน และทะลายปาล์ม น้ำมัน เหลือทิ้ง โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการค้นคว้าเอกสาร กรณีพื้นที่อำเภอสันทราย ข้อมูลปี 2562 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มาออกแบบกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การกระตุ้นด้วยไอน้ำในเตาปฏิกรณ์แบบ fixed bed นั้น ใช้พลังงานสูง (ปานฉัตร กลัดเจริญ, 2554) เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการกระตุ้นนาน เพื่อให้ไอน้ำทำปฏิกิริยากับถ่านวัตถุดิบได้อย่างทั่วถึง และสามารถทำได้ครั้งละจำนวนไม่มาก ดังนั้นในการออกแบบกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์นี้ได้นำถึงระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ซึ่งตั้งสมมติฐานงานวิจัยว่าหากเตาปฏิกรณ์หมุนเพื่อให้วัตถุดิบสัมผัสกับไอน้ำได้อย่างทั่วถึงตลอดเวลา จะสามารถลดระยะเวลาในการกระตุ้นได้ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการผลิต และต้นทุนด้านพลังงานในการผลิตด้วย ดังนั้นจึงได้ออกแบบกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยใช้เครื่องผลิตถ่านกัมมันต์ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่อุปกรณ์หมายเลข 1 คือ เตาปฏิกรณ์ที่ใช้บรรจุวัตถุดิบถ่านจากกระบวนการไพโรไลซิส หมายเลข 2 คือ ผนังที่เป็นฉนวนเพื่อกันความร้อน โดยมีการฝังฮีตเตอร์บริเวณด้านในที่สัมผัสกับเตาปฏิกรณ์ เพื่อให้ความร้อนแก่กระบวนการกระตุ้น หมายเลข 3 คือ หม้อไอน้ำ ที่ใช้ผลิตไอน้ำเพื่อป้อนให้กับกระบวนการกระตุ้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ หมายเลข 4 มอเตอร์ ใช้ขับเคลื่อนเตาปฏิกรณ์เพื่อให้เพิ่มการสัมผัสกันระหว่างวัตถุดิบถ่าน และไอน้ำ และหมายเลข 5 ตัวควบคุม สำหรับควบคุมค่าตัวแปรอุณหภูมิ อัตราการป้อนไอน้ำ และเวลาในการทำปฏิกิริยา



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์



ภาพที่ 2 เครื่องผลิตถ่านกัมมันต์

- 3.1 มวลของน้ำที่ใช้ในการกระตุ้น วัดปริมาณโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล
- 3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น วัดโดยเทอร์โมคัปเปิ้ล
- 3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นตลอดกระบวนการ วัดโดยใช้แคลมป์มิเตอร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำถ่านที่ต้องการกระตุ้นด้วยความร้อนและไอน้ำซึ่งนำมาดเป็นผงขนาดไม่เกิน 60 mesh ป้อนเข้ากระบอกสแตนเลสที่เป็นห้องเผาไหม้ โดยการคลายจุดล็อกฝาด้านล่างที่ต่อกับระบบป้อนไอน้ำ เมื่อป้อนถ่านเสร็จ ทำการปิดฝาและหมุนจุดล็อกให้ครบ ทำการตั้งระบบควบคุม ซึ่งสามารถตั้งค่าอุณหภูมิ ความเร็วรอบของการหมุนกระบอกสแตนเลสที่เป็นห้องเผาไหม้ และระยะเวลาในการทำงานของเครื่องเพื่อให้เครื่องทำงานได้อัตโนมัติ รวมทั้งปรับตั้งค่าชุดหม้อไอน้ำโดยการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ โดยการป้อนไอน้ำสามารถปรับได้ทั่วควบคุม ทั้งนี้การป้อนไอน้ำยังไม่ใช้ระบบอัตโนมัติ ทดสอบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้เพื่อสรุปสภาพการใช้งานเครื่องผลิตถ่านกัมมันต์สำหรับวัตถุดิบกากทางและทะเลสาบปาล์มน้ำมันเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ โดยทดสอบหาสภาวะควบคุมการผลิตที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ CCD โดยใช้เพื่อลดจำนวนการทดลองและเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (ปิยะวดี ศรีวิชัย และชุมพพร รหัสิตา, 2564) ในที่นี้มีการจัด 3 ปัจจัย อุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ อัตราการไหลของไอน้ำที่ป้อน และเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยแต่ละตัวแปรมีการแปรค่า 5 ค่า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยแต่ละระดับที่ใช้ในการออกแบบการทดลองตามวิธี Central composite design

ปัจจัย	$-\alpha$ (-1.68)	-1	0	1	α (1.68)
X_1 = Furnace temperature ($^{\circ}\text{C}$)	532	600	700	800	868
X_2 = Vapor flow rate (cm^3/min)	66	100	150	200	234
X_3 = reaction time (min)	39.6	60	90	120	140.4

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 900-2547 ซึ่งทดสอบตามมาตรฐานของ American Water Works Association (ปริญทร เต็มญารศิลป์, 2551)

5.1 การวิเคราะห์แบบประมาณตาม ASTM E870-82 (ความชื้น สารระเหย คาร์บอน และเถ้า) (ปานฉัตร กลัดเจริญ, 2554; Chandra, et al., 2009)

5.2 การวิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วยวิธี Physisorption (ช่วง P/P₀: 0.05-0.3, 80-100 จุด) (Sun, et al., 2010; Chandra, et al., 2009; Tham, et al., 2011; ลลิตา นิตศนจารกุล, 2544; สราวุธ ศรีคุณ, 2550; ไชยยันต์ ไชยยะ และ คณะ, 2551; ปานฉัตร กลัดเจริญ, 2554)

5.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่น ด้วยเครื่องมือ True density analyzer, AccuPye II 1340, Micromeritics, U.S.A. ทดสอบ ณ อุณหภูมิ 25 ± 2 °C (ปริญทร เต็มญารศิลป์, 2551)

5.4 การวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนด้วยกระบวนการ Titrimetric method based on ASTM D4607 (ลลิตา นิตศนจารกุล, 2544; ปานฉัตร กลัดเจริญ, 2554)

5.5 การประเมินระยะเวลาการคืบหน้า (ศิริวรรณ, 2553)

ผลการวิจัย

ผลประเมินศักยภาพการผลิตสำหรับใช้ออกแบบกำลังการผลิตของระบบผลิตถ่านกัมมันต์ พบว่า ผลผลิตทางปาล์มน้ำมัน 1,900 kgต่อไร่ต่อปี ทะลายปาล์มน้ำมัน 140 kgต่อไร่ต่อปี กรณีสถานที่อำเภอสนทราย ข้อมูลปี 2562 ระบุว่าพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 8 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ใน 1 ปี จะมีทางปาล์ม 15,200 kg มีทะลายปาล์ม 1,120 kg คิดเฉลี่ยมีทางและทะลายปาล์มที่ต้องกำจัด 44.7 kg/day เมื่อลดความชื้นให้เหลือ 15% จะได้วัตถุดิบในการทำถ่านจากกระบวนการไพโรไลซิสประมาณ 39.3 kg/day เมื่อผ่านกระบวนการจะได้ถ่านประมาณ 10.6 kg/day (อุณหภูมิไพโรไลซิส 400 °C เวลาไพโรไลซิส 2 h) (อิศเรศ, 2565) เครื่องกระตุ้นด้วยความร้อนและไอน้ำในการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถป้อนวัตถุดิบได้ครั้งละ 5 kg ซึ่งวางแผนให้สามารถทำงานได้อย่างน้อย 2 รอบต่อวัน สามารถผลิตถ่านกัมมันต์ได้ต่อเนื่องในพื้นที่ตลอดปี

ตารางที่ 2 ผลคุณสมบัติของการทดสอบการผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านทะลายปาล์มน้ำมัน

การทดลอง	Furnace temperature (°C)	Vapor flow rate (cm ³ /min)	reaction time (min)	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	เถ้า (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	พื้นที่ผิว (m ² /g)	การดูดซับไอโอดีน (mg/g)	ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm ³)
วัตถุดิบถ่านทะลายปาล์มน้ำมัน				5.48	37.43	15.44	41.65	2.08	1071.26	1.40
Factorial point	600	100	60	3.54	33.32	23.13	40.00	NA	1042.20	1.45
	600	100	120	3.87	41.93	16.95	37.25	NA	926.69	1.54
	600	200	60	3.56	42.77	16.94	36.74	NA	947.74	1.59
	600	200	120	3.77	40.80	18.81	36.62	NA	933.44	1.50
	800	100	60	2.77	36.45	19.03	41.75	NA	927.77	1.52
	800	100	120	3.17	36.59	17.44	42.79	NA	1017.82	1.55
	800	200	60	2.17	47.63	19.06	31.14	NA	1044.33	1.51
	800	200	120	3.50	37.05	19.68	39.77	NA	897.52	1.51
Star point	532	150	90	5.10	29.77	18.58	46.55	2.10	1011.81	1.43
	700	66	90	4.75	39.32	16.94	38.99	NA	937.82	1.50
	700	150	39.6	3.98	38.92	17.87	39.23	261.21	764.58	1.60
	868	150	90	3.67	35.70	18.39	42.24	24.10	1066.04	1.41
	700	234	90	3.86	38.26	19.15	38.72	NA	890.49	1.54
	700	150	140.4	2.96	38.19	19.14	39.71	NA	955.10	1.48
Center point	700	150	90	3.04	40.02	15.07	41.87	NA	1021.53	1.52
	700	150	90	2.05	30.24	15.43	52.28	3.83	990.65	1.37
	700	150	90	3.83	43.57	20.04	32.57	2.64	1056.67	1.41

ตารางที่ 3 ผลคุณสมบัติของการทดสอบการผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านทางใบปาล์มน้ำมัน

การทดลอง	Furnace temperature (°C)	Vapor flow rate (cm ³ /min)	reaction time (min)	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	เถ้า (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	พื้นที่ผิว (m ² /g)	การดูดซับไอโอดีน (mg/g)	ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm ³)
วัตถุดิบถ่านทางใบปาล์มน้ำมัน				5.03	37.39	7.80	49.78	189.73	1038.44	1.42
Factorial point	600	100	60	1.18	29.68	8.48	60.66	305.45	1029.43	1.36
	600	100	120	1.20	24.67	9.01	65.13	334.59	1051.68	1.48
	600	200	60	1.33	29.06	7.72	61.88	383.02	1067.41	1.35
	600	200	120	1.32	34.61	7.65	56.42	404.79	1049.27	1.50
	800	100	60	1.84	29.12	10.40	58.64	480.72	992.91	1.44
	800	100	120	1.18	29.55	9.21	60.06	505.52	1034.24	1.51
	800	200	60	0.92	29.33	8.18	61.56	491.02	1017.30	1.44
	800	200	120	1.00	29.78	9.36	59.85	519.13	1005.17	1.51
Star point	532	150	90	1.11	34.72	9.06	55.12	NA	1038.36	1.46
	700	66	90	1.15	31.63	8.56	58.65	313.76	990.92	1.50
	700	150	39.6	1.22	31.09	10.40	57.28	445.48	1009.35	1.44
	868	150	90	1.59	26.06	9.48	62.87	515.59	1084.28	1.42
	700	234	90	0.96	28.84	10.71	59.48	499.26	1030.72	1.50
	700	150	140.4	1.02	31.59	9.55	57.83	456.48	1001.99	1.50
Center point	700	150	90	1.32	24.49	8.31	65.88	370.28	990.27	1.43
	700	150	90	1.19	30.95	10.79	57.06	354.28	1011.38	1.40
	700	150	90	0.84	31.34	7.93	59.88	361.49	1006.24	1.41

ผลการทดลองกระตุ้นถ่านจากวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ของทะเลปาล์มที่สภาวะตามกำหนดทั้ง 17 การทดลอง พบว่าถ่านที่ผลิตได้มีความชื้นลดลงทุกสภาวะการทดสอบเมื่อเทียบกับวัตถุดิบตั้งต้น ในขณะที่สารระเหยที่บางการทดลองกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2 สภาวะที่ใช้กระตุ้น ณ อุณหภูมิ 700 °C อัตราการป้อนไอน้ำ 150 cm³/min และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 39.6 min ทำให้เกิดพื้นที่ผิวของรูพรุนเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 261.21 m²/g ในขณะที่ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านที่ทำการกระตุ้นบางสภาวะนั้นมีค่าลดลงจากวัตถุดิบ ซึ่งโดยรวมแล้วมีค่าใกล้เคียงกับวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบพื้นที่ผิวมีผลเป็น NA คือ ไม่สามารถทดสอบได้เนื่องจากเนื่องจากเมื่อนำไปผงถ่านจากการทดลอง แห่สารละลายอะซิโตน พบว่ายังมีคราบเหลืองของคาร์บอนอยู่จึงไม่สามารถทดสอบเพื่อหาพื้นที่ผิวดังวิธี Physisorption ได้

ผลการทดลองกระตุ้นถ่านจากวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ของทางใบปาล์มที่สภาวะตามกำหนดทั้ง 17 การทดลอง พบว่าถ่านที่ผลิตได้มีความชื้นลดลงทุกสภาวะการทดสอบเมื่อเทียบกับวัตถุดิบตั้งต้น ในขณะที่สารระเหยมีแนวโน้มลดลงและค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติความเป็นถ่านกัมมันต์คือ การหาพื้นที่ผิว และการดูดซับไอโอดีน ซึ่งเป็นค่าหลักในการประเมินสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้พบว่า สภาวะที่ใช้กระตุ้น ที่การทดลองที่ 8 และ 12 ทำให้เกิดพื้นที่ผิวของรูพรุนเพิ่มขึ้นมากใกล้เคียงกัน คือ 519.13 m²/g และ 515.59 m²/g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามพลังงานพบว่า สภาวะที่ 12 อุณหภูมิการกระตุ้น 868 °C อัตราการป้อนไอน้ำ 150 cm³/min และเวลาในการใช้งาน 90 min เหมาะสมที่สุด

การผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้ไอน้ำของวัตถุดิบถ่านทะเลปาล์มและถ่านทางใบปาล์มน้ำมันจากกระบวนการไพโรไลซิส สามารถหาค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตโดยการวัดกระแสไฟฟ้าในช่วงการแปรผันอุณหภูมิที่ 532- 868°C โดยใช้อัตราการไหลของน้ำที่ 66-234 cm³/min จากนั้นทำการตรวจสอบการใช้พลังงานโดยการวัดกระแสไฟฟ้าในช่วงการดำเนินการคือ 40-140 min ทำการหาค่าไฟฟ้าทั้งระบบไฟฟ้าเฟสเดียวและค่าไฟฟ้า 3 เฟส คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของกระแสไฟฟ้าที่วัดนำมาหาค่าไฟฟ้าโดยใช้หน่วยละ 3.61 บาท (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2565) ส่วนการใช้น้ำจะแปรผลตามอัตราการป้อนและเวลาการทดลอง คำนวณราคาจากน้ำสะอาดที่นำมาใช้คือน้ำดื่มในราคาหน่วยละ 0.5 บาท อ้างอิงราคาจากตู้กดน้ำอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระยะเวลาต้นทุน

1. ต้นทุนคงที่

1.1 ต้นทุนการสร้างระบบผลิตถ่านกัมมันต์ขนาด 5 กิโลกรัม รวมค่าวัสดุและค่าจ้างเหมาในการประกอบระบบ (ไม่รวมค่าแก้ไขปรับปรุงอื่นๆ ระหว่างการวิจัย) ราคารวม 250,000 บาท ต่อปี ไม่คิดมูลค่าซาก

1.2 ต้นทุนเครื่องมือในการลดขนาดวัตถุดิบ 15,000 บาท ไม่คิดมูลค่าซาก

2. ต้นทุนผันแปร

2.1 ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อการอบการผลิตเฉลี่ย (ประเมินจากกระบวนการที่สามารถผลิตถ่านกัมมันต์ได้) คือ 4.42 บาทต่อครั้ง ซึ่งเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมคือ $4.42/5 = 0.88$ บาท

2.2 ต้นทุนค่าน้ำต่อการอบการผลิตเฉลี่ย (ประเมินจากกระบวนการที่สามารถผลิตถ่านกัมมันต์ได้) คือ 6.75 บาทต่อครั้ง ซึ่งเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมคือ $6.75/5 = 1.35$ บาท

2.3 ต้นทุนค่าแรงงาน (ประเมินจากรอบการผลิตได้ นละ 2 รอบ) คือ 300 บาทต่อวัน ซึ่งเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมคือ $300/10 = 30$ บาท

2.4 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องผลิตถ่านกัมมันต์และเครื่องมือในการลดขนาดวัตถุดิบ เฉลี่ยรอบละ 50 บาท (ประเมินจากรอบการผลิตได้ วันละ 2 รอบ) คือ 100 บาทต่อวัน ซึ่งเมื่อคิดเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมคือ $100/10 = 10$ บาท

3. รายได้

รายได้ที่เกิดจากการจำหน่ายถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ กำหนดราคาขายที่ขั้นต่ำต่อกิโลกรัมละ 100 บาท (ประเมินจากคุณสมบัติที่วิเคราะห์ได้เทียบกับค่ามาตรฐานและราคาขายตามท้องตลาด) ประเมินกำไรที่เกิดขึ้นจากการผลิตจากการนำรายได้หักจากต้นทุนผันแปรคือ $100 - 0.88 - 1.35 - 30 - 10 = 57.77$ บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 115.54 บาทต่อวัน ดังนั้นคิดระยะเวลาคืนทุน $265,000/115.54 = 2,294$ วัน คิดเป็นระยะเวลาประมาณ 6 ปี 3 เดือน

อภิปรายผล

ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นถ่านจากวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ของทะเลสาบปาล์มที่สภาวะอุณหภูมิการกระตุ้น $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราการป้อนไอน้ำ $150\text{ cm}^3/\text{min}$ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาประมาณ 40 min พบว่าถ่านที่ผลิตได้มีค่าการดูดซับไอโอดีนพบว่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์ ดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาลักษณะของถ่านที่ผ่านการกระตุ้นพบว่า ถ่านจากวัตถุดิบปาล์มที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสอุณหภูมิ $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ เวลาไพโรไลซิส 2h นั้นมีปริมาณทาร์อยู่มาก เนื่องจากในกระบวนการวิเคราะห์พื้นที่ผิวเมื่อนำไปผึ่งถ่านไปแช่สารละลายอะซิโตน พบว่ายังมีคราบเหลืองของทาร์ปนอยู่ซึ่งไม่สามารถทดสอบเพื่อหาพื้นที่ผิวได้ จึงทำให้ทราบว่ากระบวนการกระตุ้นด้วยสภาวะที่กำหนดไม่สามารถกำจัดทาร์ที่ปนอยู่ออกได้ ทำให้ไม่สามารถสร้างรูพรุนให้เพิ่มขึ้นได้เพียงพอให้ผ่านมาตรฐานของถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามการกระตุ้นนี้ก็สามารถเพิ่มพื้นที่ผิวจากถ่านวัตถุดิบได้ถึง 125 เท่า ในขณะที่สภาวะการกระตุ้นที่อุณหภูมิ $868\text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราการป้อนไอน้ำ $150\text{ cm}^3/\text{min}$ และเวลาในการใช้งาน 90 นาที เหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ของทางใบปาล์ม พบว่าถ่านที่ผลิตได้มีค่าการดูดซับไอโอดีนพบว่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์ ดังแสดงในตารางที่ 4 ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นเป็น $515.589\text{ m}^2/\text{g}$ ซึ่งปริมาณพื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์ที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Pallares et al. (2018) และ Rahman and Chin (2019) ซึ่งกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบถ่านจากฟางข้าวบาร์เล่ ฟางข้าว ด้วยความร้อนและไอน้ำเช่นกัน แต่ในงานวิจัยนี้ใช้อุณหภูมิ และเวลาในการกระตุ้นน้อยกว่า อย่างไรก็ตามคุณสมบัติด้านความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ทั้งสองยังมีค่าเกินช่วงเกณฑ์มาตรฐานถ่านกัมมันต์ชนิดผง แต่ค่าความหนาแน่นสูงจะบ่งบอกความสามารถในการดูดซับได้ดี (ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์, 2562)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติถ่านจากกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ของทะเลสาบปาล์ม

รายการทดสอบ	ปริมาณที่พบในวัตถุดิบในการทดลอง	ปริมาณตามที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนด ชนิดผง	ปริมาณที่พบในถ่านจากการทดลอง	หน่วย
พื้นที่ผิว	2.08	-	261.21	m^2/g
ค่าความหนาแน่นปรากฏ	1.40	0.20-0.75	1.60	g/cm^3
ค่าความชื้น	4.50	-	3.98	%
ค่าเถ้า	20.01	-	-	%
ค่าคาร์บอนคงตัว	58.94	-	-	%
ค่าสารระเหย	16.55	-	-	%
ค่าการดูดซับไอโอดีน	1,079.63	ไม่น้อยกว่า 600	764.58	mg/g

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติถ่านจากกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ของทางใบปาล์ม

รายการทดสอบ	ปริมาณที่พบใน วัตถุดิบในการ ทดลอง	ปริมาณตามที่เกณฑ์มาตรฐาน กำหนด ชนิดผง (ปรีนทร เต็มถาวรศิลป์, 2551)	ปริมาณที่พบในถ่าน จากการทดลอง	หน่วย
พื้นที่ผิว	189.73	-	515.59	m ² /g
ค่าความหนาแน่นปรากฏ	1.42	0.20-0.75	1.42	g/cm ³
ค่าความชื้น	5.028	-	1.59	%
ค่าเถ้า	10.10	-	-	%
ค่าคาร์บอนคงตัว	71.47	-	-	%
ค่าสารระเหย	14.78	-	-	%
ค่าการดูดซับไอโอดีน	1,002.98	ไม่น้อยกว่า 600	1084.28	mg/g

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบสภาวะที่เหมาะสม พบว่า ที่อุณหภูมิ 700 °C อัตราการป้อนไอน้ำ 150 cm³/min และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาประมาณ 40 min เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านกัมมันต์จากทะเลสาบปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ ในขณะที่อุณหภูมิ 868 °C อัตราการป้อนไอน้ำ 150 cm³/min และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 min เหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านกัมมันต์จากทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ ทั้งนี้พิจารณาคุณสมบัติโดยรวมพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกากทางใบปาล์มมีคุณสมบัติที่ดีกว่า และเมื่อนำมาคำนวณต้นทุนแล้วพบว่าระบบที่ผลิตขึ้นนี้สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 6 ปี 3 เดือน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. หากต้องการผลิตเพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์ควรมีการทดสอบด้วยการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ต่อไป และสามารถชี้แจงการนำไปใช้งานให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้
2. ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ประเมินต้นทุนวัตถุดิบคือ 0 บาท ไม่คิดต้นทุนในการผลิตถ่านก่อนการกระตุ้น เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการ การจัดการและการเพิ่มคุณภาพชีวมวลปาล์มน้ำมันเป็นพลังงานทดแทนเพื่อการพัฒนาเกษตรและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ปี 2564 โดยเป็นโครงการย่อย “การพัฒนาถ่านกัมมันต์จากกากทางและทะเลสาบปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพ” ที่นำเอากากทางและทะเลสาบปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำมันชีวภาพจากโครงการย่อย “การเพิ่มคุณค่าเศษวัสดุปาล์มน้ำมันเหลือศูนย์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสนำร่องระดับชุมชน” ซึ่งเป็นเศษเหลือทิ้งที่ไม่มีมูลค่า มาดำเนินการต่อ ดังนั้นหากกระบวนการผลิตเน้นผลิตถ่านกัมมันต์ไม่มีการผลิตน้ำมันชีวภาพ ควรพิจารณาต้นทุนในการผลิตถ่านก่อนการกระตุ้นเพิ่มเติม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วสามารถนำไปออกแบบระบบการผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดและต้นทุนที่เหมาะสมกับการผลิตได้มากขึ้น จะทำให้มีระยะเวลาคืนทุนในการนำไปใช้งานน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2561). ศักยภาพพลังงานชีวมวล. <http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html> (สืบค้นเมื่อ 1 มิถุนายน 2564).
- ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์. (2562). ถ่านกัมมันต์. กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ. <http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/chem-2-62-charcoal.pdf> (สืบค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2565).
- ไชยยันต์ ไชยยะ และ คณะ. (2551). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้การกระตุ้นด้วยไอน้ำ. โครงการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- ปรีนทร เต็มถาวรศิลป์. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จาก ไม้ตอง และ ไม้พม่าจู้. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอินทรีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ปานฉัตร กลัดเจริญ. (2554). การผลิตและทดสอบถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการแยกสลายไผ่รวกด้วยความร้อน. วิทยานิพนธ์หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปิยะวดี ศรีวิชัย และ ชูมาพร รณสีดา. (2564). การใช้ประโยชน์โปรแกรมดีไซน์เอ็กเปอร์ทเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร. *PBRU SCIENCE JOURNAL*, 18(2). 34-43.
- ลลิตา นิตศนจารกุล. (2544). การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริวรรณ ว่องวีรุฒ. (2553). จุดคุ้มทุน สิ่งที SMEs ควรรู้. *Executive Journal*, 203-210.
- สรารุณ ศรีคุณ. (2550). การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สื้อฝ้าย ยะระรัต. (2553). การกำจัดโลหะตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุธรรมชาติ. โครงการวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตร บัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). ปาล์มน้ำมัน. <<http://mis-app.oae.go.th>> (สืบค้นเมื่อ 1 มิถุนายน 2564).
- อิสเรศ สายปัญญา. (2565). การพัฒนาเตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสสำหรับผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- Chandra, T.C., Mirna, M.M., Sunarso, J., Sudaryanto, Y., Ismadji, S. 2009. Activated Carbon from Durian Shell: Preparation and Characterization. *Journal of The Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 40, 457-462.
- Pallares, J., Gonzalez-Cencerrado, A., Arauzo, I. 2018. Production and characterization of activated carbon from barley straw by physical activation with carbon dioxide and steam. *Biomass and bioenergy*, 115, 64-73.
- Rahman, H. A., Chin, S. X. 2019. Physical and chemical properties of the rice straw activated carbon produced from carbonization and KOH activation processes. *Sains Malaysiana*, 48(2), 385-391.
- Sun, K., Jiang, J. C. 2010. Preparation and characterization of activated carbon from rubber-seed shell by physical activation with steam. *Biomass & Bioenergy*, 34, 539-544.
- Tham, Y.J., Latif, P.A., Abullah, A.M., Shamala-Devi, A., Taufiq-Yap, Y.H. 2011. Performances of toluene removal by activated carbon derived from durian shell. *Bioresource Technology*, 102, 724-728.

การศึกษาความถูกต้องและแม่นยำในการวัดมุมในแนวตั้งของอุปกรณ์ไจโรในสามตำแหน่ง A Study of the Accuracy and Precision of the Vertical Angle Measurement of the Gyro Device in Three Positions

มhitยา สรน้ำคำ¹ ชนะ รักษศิริ²

E-mail: mahitaya.sr@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบกระบวนการวัดและวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบค่าความผิดพลาดเชิงมุม ซึ่งกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ และการทำซ้ำเพื่อทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากความผิดพลาดจากการวัดโดยผู้วัด ความผิดพลาดของเครื่องมือวัด ความผิดพลาดจากสิ่งแวดล้อม ความผิดพลาดจากการอ่านค่า รวมถึงความผิดพลาดจากการคำนวณ เมื่อรวมความผิดพลาดในการวัดทั้งหมดเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินความผันแปรของการวัดคือความสามารถในการทำซ้ำ ผู้วิจัยจึงประเมินผลการทดลองโดยใช้ Gage R&R ซึ่ง Gage R&R สามารถระบุได้ว่าความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้มาจากระบบการมาจากการผลิตหรือจากระบบการวัด

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม ความผิดพลาด การทำซ้ำ

Abstract

This research presents the design of measurement and error analysis processes using Gyroscope. Gyroscope is a tool to check Angular error values, which defines the parameters used and repeatability to test the accuracy of the instrument. The measurement error may cause the resulting error value by the measurer, measuring instrument error, environmental error, analysis error, and calculation errors. When all measurement errors are included with product or process variations, reproducibility is a powerful tool for assessing measurement variation. Therefore, The researcher evaluated the experimental results using Gage R&R. Gage R&R was able to determine whether all variance observed in the process came from production or measurement systems.

Keywords: gyroscope, measurement error, repeatability

ความเป็นมาของปัญหา

เครื่องมืออุตสาหกรรมจำนวนมากต้องการความแม่นยำสำหรับการใช้งานหลายประเภท เช่น การผลิตและกระบวนการควบคุมต่างๆ การใช้งานเป็นเวลานานและบ่อยครั้ง อายุการใช้งานอาจมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งความเปลี่ยนแปลงหรือความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่เกิดขึ้น อาจเกิดจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ การใช้งาน และการเก็บรักษา ส่งผลให้ผลการวัดที่ได้รับไม่น่าเชื่อถือ หรือนำเครื่องมือดังกล่าวไปใช้งานในกระบวนการผลิตจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการออกแบบและกระบวนการผลิต

การเปลี่ยนแปลงของเครื่องมือวัด ไม่สามารถกำจัดได้ แต่สามารถที่จะตรวจพบและแก้ไขได้โดยผ่านกระบวนการสอบเทียบที่สามารถสอบกลับได้ ดังนั้นการสอบเทียบเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่ช่วยสร้างความมั่นใจในผลการวัดของเครื่องมือวัดที่จะทำให้เกิดผลการวัดที่เกิดขึ้นเป็นที่เชื่อถือได้

การประเมินผลการวัดโดยใช้ Gage R & R ตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำของอุปกรณ์และความสามารถในการทำซ้ำของผู้วัด Gage R & R สามารถทำนายเปอร์เซ็นต์หรือความน่าจะเป็นของข้อผิดพลาดในการวัดและรู้แหล่งที่มาของการเปลี่ยนแปลง (อุปกรณ์หรือผู้วัด) ด้วยการกำหนดว่ามีการเปลี่ยนแปลงในระบบการวัดที่ใด เราจึงจะสามารถดำเนินการที่เหมาะสมและปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลของเราได้ ข้อมูลที่ดีขึ้นนำไปสู่การตัดสินใจที่ดีขึ้น ข้อผิดพลาดน้อยลงและมีคุณภาพสูงขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงต้องการศึกษาเกี่ยวกับความถูกต้องและแม่นยำในการวัดมุมในแนวตั้งของชุดอุปกรณ์ตรวจวัดเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) ในสามตำแหน่ง โดยจะวัดเทียบกับโต๊ะหมุน (Rotary table) และการทำซ้ำจะทำให้เกิดความแม่นยำเส้นทาง เนื่องจากอุปกรณ์ต้องใช้ความละเอียด ความแม่นยำสูงในการทำงาน และเพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นของเครื่องมือ

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบความถูกต้องและแม่นยำในการเปลี่ยนตำแหน่งการวัดมุมในแนวตั้งไม่ได้มีผลต่อการอ่านค่าของอุปกรณ์ไจโร
2. เพื่อทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของชุดคำสั่ง ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาหาความถูกต้องและแม่นยำในการวัดมุมในแนวตั้งของเซ็นเซอร์วัดการหมุน (Gyroscope Sensor) ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในการตรวจจับทิศทาง โดยจะอาศัยโรเตอร์ (Rotor) ที่ถูกตรึงเอาไว้ในกรอบเซ็นเซอร์ ซึ่งตัวโรเตอร์จะสามารถขยับได้เมื่อมีแรงมากระทำ เมื่อตัวโรเตอร์ "แตะ" กับเซ็นเซอร์ที่อยู่ตามกรอบ ก็จะสามารถนำค่าข้อมูลที่ได้ไปคำนวณออกมาเป็นผลลัพธ์ข้อมูลทิศทางที่อุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ วัดเทียบกับโต๊ะหมุน (Rotary table) โดยได้กำหนดตำแหน่งของไจโรทั้งหมดสามตำแหน่ง และทำการวัดซ้ำเพื่อให้เกิดความแม่นยำของเส้นทาง เมื่อได้ค่าการวัดออกมาแล้วจะนำค่าการวัดที่ได้ไปประเมินผลการวัดโดยใช้ Gage R&R เนื่องจาก Gage R&R เป็นระบบการวัดที่มีความน่าเชื่อถือ และให้ตัวเลขที่แสดงถึงความสามารถในการวัด



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการวัดที่ 1



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดที่ 2



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการวัดที่ 3

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของ Single Axis Gyroscope Sensor รุ่น TL750D

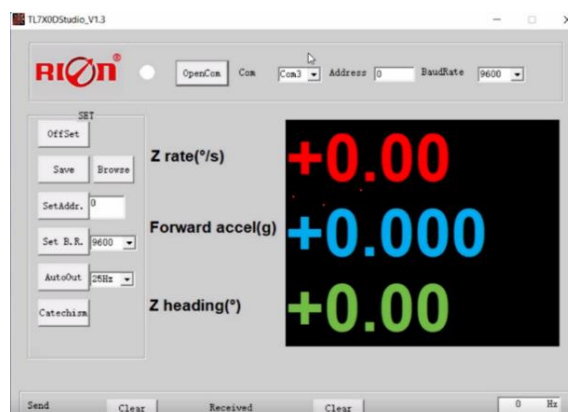
PERFORMANCE	TL750D
Azimuth Measurement Axial	Z -axis azimuth ($\pm 180^\circ$)
Acquisition Broadband	100Hz
Resolution	$0.01^\circ/\text{s}$
Position Accuracy(rms)	$< 0.05^\circ/\text{1m}$
Azimuth Accuracy(rms)	$< 1\text{mm}/\text{m}$
Gyro Static Zero Drift	$< 0.5^\circ/\text{h}$
Gyro Dynamic Zero Drift	$< 5^\circ/\text{h}$
Start Time	5s(still)
Output Rate	5Hz/15Hz/35Hz/50Hz/100Hz

ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโต๊ะหมุน (Rotary table) แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งทำการเก็บผลการทดลองแบบไปและกลับ (Forward-Backward Motion) จำนวน 30 ซ้ำในแต่ละตำแหน่ง โดยตำแหน่งการหมุน แสดงดังตารางที่ 2 จากนั้นทำการหมุนโต๊ะหมุนไปยังมุมเป้าหมายที่กำหนด

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดผล

Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Nominal (°)	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0
Gyro Angle meter Standard (°)	1																		
	2																		
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
	11																		
	12																		
	13																		
	14																		
	15																		
	16																		
	17																		
	18																		
	19																		
	20																		
	21																		
	22																		
	23																		
	24																		
	25																		
	26																		
	27																		
	28																		
	29																		
	30																		

การอ่านผลของอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดการหมุน (Gyroscope Sensor) จะอ่านค่าผ่านโปรแกรม TL7X0Studio_V1.3 แสดงดังภาพที่ 4 โดยค่าที่ได้จะแสดงออกมาที่ Z heading เป็นค่ามุมในหน่วยองศา (°)



ภาพที่ 4 โปรแกรม TL7X0Studio_V1.3 สำหรับอ่านค่าอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดการหมุน (Gyroscope Sensor)

ผลการวิจัย

การเก็บผลการทดลองจะถูกรายงานและวิเคราะห์ผลเป็นค่ามุมเป้าหมายการเคลื่อนที่ของโต๊ะหมุน (Rotary table) ให้เคลื่อนที่แบบไป-กลับ (Forward-Backward Motion) โดยแสดงผลในตารางที่ 3-5 อธิบายถึงผลการวัดที่ได้ของมุมในแต่ละตำแหน่ง ค่าเฉลี่ยของการวัดในแต่ละมุม (Average) และช่วงของผลการวัด (Range)

ตารางที่ 3 ผลการวัดในตำแหน่งที่ 1

Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		AVG
Nominal (°)	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0		
Gyro Angle meter Standard (°)	1	0.00	-20.77	-40.80	-61.16	-81.48	-101.20	-121.78	-141.85	-161.98	179.80	158.50	138.19	118.54	98.62	78.70	59.31	39.23	19.07	-0.36	8.35
	2	-0.30	-20.17	-40.33	-60.31	-80.57	-100.21	-120.52	-140.44	-160.20	179.48	159.45	139.33	119.28	99.36	79.58	59.45	39.46	19.42	-0.40	9.02
	3	0.02	-20.09	-40.12	-60.24	-80.38	-100.38	-120.23	-140.33	-160.21	179.81	160.12	139.93	119.89	100.22	80.21	60.84	40.93	22.74	0.92	9.67
	4	0.50	-19.57	-39.42	-59.84	-79.95	-99.81	-120.15	-139.89	-160.27	179.95	159.95	139.90	119.96	100.06	80.29	60.24	40.32	19.99	0.03	9.59
	5	0.12	-20.49	-40.24	-60.35	-80.47	-100.69	-120.48	-140.72	-160.37	179.36	159.28	139.40	119.28	99.19	79.27	59.34	39.24	19.06	-0.68	8.90
	6	0.02	-19.98	-40.20	-60.10	-80.23	-100.47	-120.36	-140.54	-160.60	179.33	159.28	139.29	119.27	99.31	79.42	59.56	39.51	19.17	-0.72	9.00
	7	0.05	-19.54	-39.24	-58.74	-78.86	-98.02	-117.90	-137.73	-157.26	177.14	163.46	143.89	124.03	104.18	84.56	64.96	45.48	25.30	5.89	12.19
	8	8.84	-10.82	-29.91	-49.66	-69.18	-88.86	-108.44	-129.28	-149.24	170.22	169.42	149.21	128.33	108.59	87.95	67.47	47.22	26.56	6.30	17.62
	9	0.01	-20.44	-40.38	-60.51	-80.56	-100.58	-120.51	-140.56	-160.66	178.98	159.05	139.21	119.28	99.19	79.36	59.51	39.29	19.25	-0.75	8.85
	10	-1.28	-21.06	-41.28	-60.99	-81.01	-101.22	-120.96	-140.82	-160.70	179.22	159.34	139.50	119.67	99.81	79.92	59.95	39.93	19.82	-0.29	8.82
	11	-0.23	-20.77	-40.74	-61.24	-81.42	-101.12	-121.10	-141.23	-161.38	178.47	158.50	138.49	118.33	98.37	78.48	58.45	38.50	18.34	-1.40	8.17
	12	-2.16	-22.14	-42.19	-62.48	-81.88	-101.70	-121.87	-141.41	-161.80	178.09	158.39	138.40	118.42	98.70	78.58	58.58	38.63	18.39	-1.42	7.74
	13	-0.14	-20.31	-40.45	-60.47	-80.37	-100.69	-120.75	-140.71	-160.72	178.95	158.96	139.12	119.11	99.22	79.26	59.18	39.18	18.94	-0.71	8.77
	14	-0.68	-21.16	-40.73	-60.69	-80.59	-100.50	-120.62	-140.56	-160.59	179.35	159.24	139.23	119.08	99.45	79.46	59.23	39.22	19.04	-0.74	8.76
	15	-0.76	-20.25	-40.61	-60.42	-80.68	-100.53	-120.74	-140.77	-160.62	179.23	159.45	139.93	119.10	99.38	79.55	59.69	39.20	19.76	-0.66	8.91
	16	-0.51	-20.12	-40.44	-60.10	-80.57	-100.09	-120.51	-140.48	-160.25	179.42	159.58	140.15	119.24	99.36	79.63	59.89	39.41	19.18	-0.67	9.06
	17	-0.10	-20.40	-40.56	-60.60	-80.61	-100.22	-120.19	-140.20	-160.19	179.80	159.83	139.90	119.95	100.33	80.50	60.45	40.46	20.31	0.44	9.42
	18	0.62	-19.23	-39.24	-59.05	-79.28	-99.42	-119.26	-139.26	-159.19	179.30	160.65	140.71	120.79	100.84	81.03	61.04	41.07	20.80	0.47	10.18
	19	0.59	-20.32	-40.35	-60.34	-80.69	-100.36	-120.42	-140.80	-160.83	179.17	159.14	138.29	119.03	99.17	79.35	59.40	39.26	19.24	-0.19	8.86
	20	-0.93	-21.27	-40.84	-60.89	-81.05	-100.88	-120.60	-140.64	-160.65	179.28	159.41	139.48	119.52	99.74	79.77	59.86	39.87	19.61	-0.14	8.88
	21	-0.07	-20.86	-40.93	-60.95	-81.10	-100.83	-120.89	-141.06	-160.82	179.31	159.48	139.36	119.70	101.64	82.04	62.01	42.06	22.16	2.56	9.62
	22	-0.11	-21.20	-41.03	-62.01	-82.58	-101.96	-121.92	-141.98	-161.68	179.16	159.05	139.95	118.52	101.44	81.92	61.53	41.57	21.56	2.00	9.06
	23	-1.19	-21.16	-41.00	-60.02	-80.94	-101.09	-120.82	-140.75	-161.02	179.45	159.56	139.67	119.90	99.94	80.10	60.16	39.98	20.04	1.73	9.08
	24	-1.23	-20.45	-40.67	-61.14	-80.64	-100.75	-121.11	-140.37	-161.20	179.02	160.18	139.98	120.23	100.04	80.38	60.28	40.02	20.12	1.98	9.19
	25	0.00	-20.29	-40.17	-60.06	-80.05	-100.14	-120.40	-140.45	-160.41	179.40	159.74	139.69	119.77	99.78	80.14	60.43	40.03	19.95	0.80	9.36
	26	0.10	-20.97	-41.05	-61.12	-80.82	-101.33	-121.00	-141.02	-160.85	179.21	158.75	138.88	119.12	98.78	79.19	59.51	39.49	19.13	0.76	8.67
	27	0.71	-19.80	-38.90	-59.02	-79.04	-99.06	-119.48	-139.20	-159.15	179.47	160.45	140.38	120.32	100.39	80.39	60.58	40.68	20.64	0.64	10.05
	28	0.92	-18.76	-38.15	-58.98	-78.81	-98.23	-119.01	-139.12	-159.02	179.01	160.67	140.89	120.74	100.80	80.72	60.98	40.90	20.91	0.58	10.37
	29	-0.04	-20.48	-40.64	-60.56	-80.41	-100.46	-120.86	-140.66	-160.60	179.42	159.60	139.55	119.79	99.86	79.94	60.29	40.10	20.26	0.45	9.19
	30	0.22	-19.52	-39.41	-59.50	-79.51	-99.44	-119.50	-139.62	-159.87	179.70	160.44	140.52	120.50	100.57	80.61	60.74	40.79	20.54	0.49	9.93
AVG	0.10	-20.08	-40.00	-60.05	-80.12	-100.01	-120.08	-140.08	-160.08	178.92	159.96	140.01	119.96	100.21	80.34	60.43	40.37	20.31	0.56	Xabar	9.51
Range	11.00	11.32	12.28	12.82	13.40	13.10	13.48	12.70	12.74	9.73	11.03	11.02	10.00	10.22	9.47	9.02	8.72	8.22	7.72	Rabar	10.95

ตารางที่ 4 ผลการวัดในตำแหน่งที่ 2

Point		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		AVG
Nominal (°)		0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0		
Gyro Angle meter Standard (°)	1	-0.01	-20.17	-39.88	-59.84	-79.70	-99.41	-119.10	-138.91	-158.51	178.25	162.74	142.98	122.79	103.17	83.48	64.15	43.55	24.27	3.27		11.22
	2	1.21	-18.72	-38.59	-58.88	-78.93	-98.81	-118.92	-138.92	-158.84	179.32	160.77	140.65	120.60	100.53	80.42	60.53	40.12	20.21	3.76		10.40
	3	-0.13	-20.82	-40.48	-60.32	-80.25	-100.16	-120.11	-139.93	-159.92	179.88	160.14	140.59	120.70	100.65	80.88	60.68	40.87	21.21	1.05		9.71
	4	1.92	-17.92	-37.68	-57.77	-77.69	-97.80	-117.44	-137.51	-158.04	178.10	162.30	142.20	122.10	101.88	81.82	61.79	41.88	21.50	0.79		11.29
	5	0.05	-20.51	-39.88	-60.13	-80.24	-99.93	-119.85	-139.83	-159.63	179.70	160.48	141.22	120.91	101.20	81.12	61.52	41.82	21.73	1.15		10.05
	6	1.95	-17.95	-37.72	-57.72	-77.77	-97.84	-118.35	-137.89	-157.97	177.90	161.97	141.99	122.06	101.99	82.05	62.06	41.84	21.90	1.19		11.25
	7	-0.06	-20.23	-39.90	-59.99	-79.81	-99.67	-120.01	-139.88	-160.11	179.81	159.72	139.57	119.80	99.48	79.70	59.58	39.52	19.16	-0.50		9.27
	8	-2.01	-22.14	-42.04	-61.64	-81.92	-101.48	-121.20	-140.96	-160.94	178.83	159.20	139.30	119.24	99.48	79.68	59.72	39.82	19.59	-0.05		8.45
	9	-0.16	-20.74	-40.40	-60.63	-80.56	-100.50	-120.22	-140.13	-160.06	179.77	159.92	140.27	120.32	100.21	80.46	60.71	40.98	20.76	0.84		9.52
	10	0.35	-17.79	-38.20	-57.89	-78.06	-98.09	-118.07	-138.43	-158.11	178.35	161.64	141.59	121.64	101.63	81.52	61.60	41.40	21.29	0.85		10.91
	11	0.11	-20.11	-40.40	-60.40	-80.08	-100.39	-120.40	-140.22	-160.05	179.69	159.90	139.97	120.34	100.32	80.84	60.69	41.22	21.09	1.50		9.66
	12	0.77	-18.29	-38.10	-58.41	-78.27	-98.36	-118.43	-138.72	-158.68	178.60	161.41	141.45	121.65	101.45	81.66	61.61	41.62	21.46	1.53		10.84
	13	0.05	-20.19	-40.18	-60.35	-80.40	-100.30	-120.00	-140.10	-159.92	179.82	160.11	140.41	120.37	100.78	80.80	61.06	41.10	20.79	0.87		9.72
	14	0.06	-20.13	-40.22	-60.30	-80.37	-100.36	-119.92	-140.02	-159.80	179.74	160.21	140.32	120.48	100.78	80.74	60.99	41.04	20.65	0.92		9.73
	15	-0.77	-20.20	-40.25	-60.18	-80.00	-100.38	-119.89	-139.77	-159.73	179.90	160.54	140.67	120.80	101.06	81.05	61.34	41.44	21.41	1.01		9.90
	16	-0.89	-20.25	-40.19	-60.28	-80.12	-100.35	-119.99	-139.93	-159.79	179.87	160.44	140.59	120.72	101.00	80.98	61.26	41.50	21.36	1.05		9.84
	17	0.05	-19.92	-40.06	-60.99	-81.63	-101.81	-122.36	-142.77	-163.34	176.62	155.94	138.30	115.78	98.93	75.82	56.02	38.24	19.67	0.99		7.55
	18	0.01	-20.02	-40.22	-61.20	-81.85	-101.97	-122.52	-142.99	-136.45	177.84	155.80	138.20	116.62	98.84	74.46	58.80	37.42	19.54	0.97		9.01
	19	-1.02	-24.11	-44.13	-63.72	-83.52	-103.56	-123.35	-143.43	-162.85	177.15	157.58	137.79	118.15	98.49	78.62	59.00	39.39	19.43	1.02		7.21
	20	-1.08	-24.97	-44.68	-63.66	-83.69	-103.60	-123.47	-143.60	-162.99	177.01	157.50	137.70	118.09	98.44	78.71	59.89	39.26	19.38	1.24		7.13
	21	0.12	-19.96	-40.15	-60.51	-80.20	-99.97	-119.86	-139.99	-159.86	179.88	160.60	140.48	120.56	100.53	80.68	60.02	41.07	20.96	1.32		9.77
	22	0.29	-20.15	-40.02	-60.72	-80.82	-100.75	-120.46	-140.49	-161.71	179.59	160.12	139.52	120.22	100.46	80.04	61.00	40.91	22.35	1.42		9.52
	23	-1.87	-23.89	-43.44	63.28	-81.72	-101.46	-122.13	-141.69	-161.47	178.80	159.17	139.44	119.91	100.26	80.70	60.93	41.34	21.39	1.52		15.21
	24	-1.95	-24.25	-44.10	-63.20	-82.74	-102.54	-122.19	-141.74	-160.53	179.63	160.09	140.12	120.87	101.17	81.56	61.24	41.82	21.89	1.40		8.77
	25	0.02	-20.22	-39.82	-60.15	-79.88	-99.68	-119.68	-139.72	-159.73	179.51	160.70	140.78	120.85	100.89	80.81	61.40	41.53	20.89	1.20		9.98
	26	0.00	-20.70	-41.00	-60.91	-81.05	-100.34	-120.37	-140.45	-160.22	179.98	160.57	140.19	120.48	100.24	81.37	62.11	42.06	21.63	1.49		9.74
	27	-0.26	-20.19	-40.16	-60.11	-80.15	-100.10	-120.12	-140.08	-159.90	179.96	160.04	140.10	120.10	100.04	80.16	60.47	40.52	20.40	1.67		9.60
	28	-0.35	-19.80	39.56	-59.60	-79.53	-99.45	-119.72	-139.90	-159.41	179.07	160.39	140.23	120.00	100.55	80.04	60.68	40.64	20.36	1.72		13.97
	29	-0.02	-20.42	-40.44	-60.45	-80.54	-100.49	-120.56	-140.68	-160.42	179.46	159.55	139.70	119.34	99.92	79.94	59.84	39.85	20.06	0.08		9.14
	30	0.06	-19.76	-39.80	-59.84	-79.79	-99.90	-120.28	-139.93	-160.04	179.99	159.99	140.02	120.05	100.25	80.46	60.52	40.57	20.38	0.23		9.64
AVG		-0.12	-20.48	-37.75	-56.22	-80.38	-100.32	-120.30	-140.29	-159.30	179.07	159.98	140.21	120.18	100.49	80.35	60.71	40.81	20.89	1.18	Xbbar	9.93
Range		3.96	7.18	84.24	127.00	6.00	5.80	6.03	6.09	26.89	3.37	6.94	5.28	7.01	4.73	9.02	8.13	6.13	5.11	4.26	Rbbar	17.54

ตารางที่ 5 ผลการวัดในตำแหน่งที่ 3

Point		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		AVG
Nominal (°)		0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0		
Gyro Angle meter Standard (°)	1	-0.13	-20.33	-39.88	-60.10	-79.82	-99.75	-119.86	-139.70	-159.69	179.86	160.64	139.89	120.03	99.93	79.92	60.07	39.90	19.92	-0.19		9.51
	2	-1.19	-22.10	-41.91	-62.10	-82.09	-102.23	-122.01	-141.88	-161.76	178.78	158.27	138.41	118.40	98.59	78.72	59.07	39.37	19.20	-0.24		7.96
	3	-0.07	-20.74	-40.79	-60.93	-81.00	-101.44	-121.47	-141.43	-161.55	178.14	158.09	137.71	117.62	97.65	77.45	57.30	37.06	16.73	-3.04		7.65
	4	-2.63	-22.42	-42.10	-62.07	-81.03	-101.73	-121.62	-141.44	-161.46	178.83	158.89	138.88	119.17	99.40	79.54	59.65	39.94	19.79	-0.10		8.29
	5	-0.80	-20.34	-40.82	-60.99	-81.16	-101.43	-121.28	-141.51	-161.33	178.43	158.32	137.97	117.87	97.85	77.86	57.62	37.19	16.98	-2.99		7.76
	6	-0.51	-20.52	-40.27	-60.23	-80.32	-100.52	-120.30	-140.33	-160.45	179.65	159.70	139.84	119.67	99.97	80.03	60.15	40.52	20.33	0.01		9.29
	7	-0.10	-20.48	-40.34	-60.22	-80.12	-100.10	-120.04	-139.92	-159.83	179.81	160.38	139.89	120.02	99.99	80.07	60.29	40.18	20.14	0.55		9.48
	8	-0.57	-19.98	-40.29	-60.02	-80.08	-100.30	-120.05	-139.46	-160.02	179.94	160.10	139.89	120.11	100.08	80.26	60.34	40.19	20.22	0.62		9.53
	9	-0.06	-20.19	-40.15	-60.23	-80.20	-100.42	-120.18	-140.44	-160.09	179.83	159.85	139.92	119.92	100.28	80.24	60.06	40.05	20.14	0.69		9.42
	10	0.71	-19.57	-39.96	-59.06	-79.11	-99.12	119.16	139.24	-159.31	179.50	160.77	140.63	120.72	100.75	80.81	60.79	40.78	20.60	0.63		37.31
	11	0.01	-20.44	-40.38	-60.51	-80.56	-100.58	-120.51	-140.56	-160.66	178.98	159.05	139.21	119.28	99.19	79.36	59.51	39.29	19.25	-0.75		8.85
	12	-1.28	-21.06	-41.28	-60.99	-81.01	-101.22	-120.96	-140.82	-160.70	179.22	159.34	139.50	119.67	99.81	79.92	59.95	39.93	19.82	-0.29		8.82
	13	-0.77	-20.20	-40.25	-60.18	-80.00	-100.38	-119.89	-139.77	-159.73	179.90	160.54	140.67	120.80	101.06	81.05	61.34	41.44	21.41	1.01		9.90
	14	-0.89	-20.25	-40.19	-60.28	-80.12	-100.35	-119.99	-139.93	-159.79	179.87	160.44	140.59	120.72	101.00	80.98	61.26	41.50	21.36	1.05		9.84
	15	0.02	-20.09	-40.12	-60.24	-80.38	-100.38	-120.23	-140.33	-160.21	179.81	160.12	139.93	119.89	100.22	80.21	60.84	40.93	22.74	0.92		9.67
	16	0.50	-19.57	-39.42	-59.84	-79.95	-99.81	-120.15	-139.89	-160.27	179.95	159.95	139.90	119.96	100.06	80.29	60.24	40.32	19.99	0.03		9.59
	17	-0.02	-20.42	-40.44	-60.45	-80.54	-100.49	-120.56	-140.68	-160.42	179.46	159.55	139.70	119.34	99.92	79.94	59.84	39.85	20.06	0.08		9.14
	18	0.06	-19.76	-39.80	-59.84	-79.79	-99.90	-120.28	-139.93	-160.04	179.99	159.99	140.02	120.05	100.25	80.46	60.52	40.57	20.38	0.23		9.64
	19	-0.23	-20.77	-40.74	-61.24	-81.42	-101.12	-121.10	-141.23	-161.38	178.47	158.50	138.49	118.33	98.37	78.48	58.45	38.50	18.34	-1.40		8.17
	20	-2.16	-22.14	-42.19	-62.48	-81.88	-101.70	-121.87	-141.41	-161.80	178.09	158.39	138.40	118.42	98.70	78.58	58.58	38.63	18.39	-1.42		7.74
	21	-0.13	-20.82	-40.48	-60.32	-80.25	-100.16	-120.11	-139.93	-159.92	179.88	160.14	140.59	120.70	100.65	80.88	60.68	40.87	21.21	1.05		9.71
	22	1.92	-17.92	-37.68	-57.77	-77.69	-97.80	-117.44	-137.51	-158.04	178.10	162.30	142.20	122.10	101.88	81.82	61.79	41.88	21.50	0.79		11.29
	23	0.59	-20.32	-40.35	-60.34	-80.69	-100.36	-120.42	-140.80	-160.83	179.17	159.14	138.29	119.03	99.17	79.35	59.40	39.26	19.24	-0.19		8.86
	24	-0.93	-21.27	-40.84	-60.89	-81.05	-100.88	-120.60	-140.64	-160.65	179.28	159.41	139.48	119.52	99.74	79.77	59.86	39.87	19.61	-0.14		8.88
	25	0.12	-19.96	-40.15	-60.51	-80.20	-99.97	-119.86	-139.99	-159.86	179.88	160.60	140.48	120.56	100.53	80.68	60.02	41.07	20.96	1.32		9.77
	26	0.29	-20.15	-40.02	-60.72	-80.82	-100.75	-120.46	-140.49	-161.71	179.59	160.12	139.52	120.22	100.46	80.04	61.00	40.91	22.35	1.42		9.52
	27	0.12	-20.49	-40.24	-60.35	-80.47	-100.69	-120.48	-140.72	-160.37	179.36	159.28	139.40	119.28	99.19	79.27	59.34	39.24	19.06	-0.68		8.90
	28	0.02	-19.98	-40.20	-60.10	-80.23	-100.47	-120.36	-140.54	-160.60	179.33	159.28	139.29	119.27	99.31	79.42	59.56	39.51	19.17	-0.72		9.00
	29	0.02	-20.22	-39.82	-60.15	-79.88	-99.68	-119.68	-139.72	-159.73	179.51	160.70	140.78	120.85	100.89	80.81	61.40	41.53	20.89	1.20		9.98
	30	0.00	-20.70	-41.00	-60.91	-81.05	-100.34	-120.37	-140.45	-160.22	179.98	160.57	140.19	120.48	100.24	81.37	62.11	42.06	21.63	1.49		9.74
AVG		-0.27	-20.44	-40.40	-60.47	-80.43	-100.47	-112.43	-131.07	-160.41	179.35	159.75	139.66	119.73	99.84	79.92	60.03	40.08	20.05	0.03	Xcbar	10.11
Range		4.55	4.50	4.51	4.71	4.40	4.43	241.17	281.12	3.76	1.90	4.21	4.49	4.48	4.23	4.37	4.81	5.00	6.01	4.53	Rcbar	31.43

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถนำผลการวัดที่ได้ของมุมในแต่ละตำแหน่ง ค่าเฉลี่ยของการวัดในแต่ละมุม (Average) และ ช่วงของผลการวัด (Range) ไปประเมินผลการวัดโดยใช้ Gage Repeatability and Reproducibility (GR&R)

ค่าเฉลี่ยทั้งหมดจาก 90 ผลการวัด $(\bar{x}) = 9.85$

ช่วงการใช้งานเฉลี่ยจากผลการวัดทั้ง 3 ตำแหน่ง $(R) = 19.97$

ช่วงค่าเฉลี่ยทั้งหมดและความแตกต่างของค่าเฉลี่ย $X_{diff} = \max x \text{ bar} - \min x \text{ bar} = 0.60$

K1 คือจำนวนในการวัดซ้ำ หาจาก $1/d2$

ค่า d2 สามารถพบได้ในตารางตามขนาดกลุ่มย่อยและจำนวนส่วนประกอบและตัวดำเนินการ

ตารางที่ 6 ค่า D2 สำหรับการกระจายของช่วงค่าเฉลี่ย

k	Subgroup size, n														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	1.414	1.912	2.239	2.481	2.673	2.830	2.963	3.078	3.179	3.269	3.350	3.424	3.491	3.553	
2	1.279	1.805	2.151	2.405	2.604	2.768	2.906	3.025	3.129	3.221	3.305	3.380	3.449	3.513	
3	1.231	1.769	2.120	2.379	2.581	2.747	2.886	3.006	3.112	3.205	3.289	3.366	3.435	3.499	
4	1.206	1.750	2.105	2.366	2.570	2.736	2.877	2.997	3.103	3.197	3.282	3.358	3.428	3.492	
5	1.191	1.739	2.096	2.358	2.563	2.730	2.871	2.992	3.098	3.192	3.277	3.354	3.424	3.488	
6	1.181	1.731	2.090	2.353	2.558	2.726	2.867	2.988	3.095	3.189	3.274	3.351	3.421	3.486	
7	1.173	1.726	2.085	2.349	2.555	2.723	2.864	2.986	3.092	3.187	3.272	3.349	3.419	3.484	
8	1.168	1.721	2.082	2.346	2.552	2.720	2.862	2.984	3.090	3.185	3.270	3.347	3.417	3.482	
9	1.164	1.718	2.080	2.344	2.550	2.719	2.860	2.982	3.089	3.184	3.269	3.346	3.416	3.481	
10	1.160	1.716	2.077	2.342	2.549	2.717	2.859	2.981	3.088	3.183	3.268	3.345	3.415	3.480	
11	1.157	1.714	2.076	2.340	2.547	2.716	2.858	2.980	3.087	3.182	3.267	3.344	3.415	3.479	
12	1.155	1.712	2.074	2.3439	2.546	2.715	2.857	2.979	3.086	3.181	3.266	3.343	3.414	3.479	
13	1.153	1.710	2.073	2.338	2.545	2.714	2.856	2.978	3.085	3.180	3.266	3.343	3.413	3.478	
14	1.151	1.709	2.072	2.337	2.545	2.714	2.856	2.978	3.085	3.180	3.265	3.342	3.413	3.478	
15	1.150	1.708	2.071	2.337	2.544	2.713	2.855	2.977	3.084	3.179	3.265	3.342	3.412	3.477	

d ₂	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078	3.173	3.259	3.336	3.407	3.472
k	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Subgroup size, n														

การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ $EV=R*K1 = 5.75$

ความสามารถในการผลิต $AV= \sqrt{(X_{diff}*K2)^2-(EV2/(n*r))} = 0.18$

K2 คือจำนวนคนวัด

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการวัดต่อเนื่องของชิ้นส่วนเดียวกัน ลักษณะเดียวกัน โดยบุคคลคนเดียวกันโดยใช้เกจเดียวกันและความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดที่ทำโดยผู้คนที่แตกต่างกันโดยใช้เครื่องมือเดียวกัน

$GRR= \sqrt{EV2+AV2} = 5.75$

K3 คือจำนวนชิ้นงานที่นำมาวัด

ความแปรปรวนของตัวงานที่เกิดจากระหว่างตัวงานหลายๆชิ้น $PV=R_p*K3 = 26.73$

ความแปรปรวนในระบบการวัดทั้งหมด $TV= \sqrt{GRR2+PV2} = 27.34$

สรุปค่า GR&R จะทำออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$\%EV = 100(EV/TV) = 21.04$

$\%AV = 100(AV/TV) = 0.67$

$\%GRR = 100(GRR/TV) = 21.05$

$\%PV = 100(PV/TV) = 97.76$

$Ndc = 1.41(PV/GRR) = 6.55$

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบกระบวนการวัดและวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด โดยใช้ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope sensor) ในสามตำแหน่ง โดยจะวัดเทียบกับโต๊ะหมุน (Rotary table) ซึ่งทำการเก็บผลการทดลองแบบไปและกลับ (Forward-Backward Motion) และการทำซ้ำตำแหน่งละ 30 ครั้งรวมทั้งหมด 90 ครั้ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำเส้นทางผลการทดลองที่ประเมินโดยใช้ Gage R&R พบว่า %GRR สูงถึง 21% ปัญหาอาจไม่ได้อยู่ที่กระบวนการ แต่อาจอยู่ในการวัดซึ่งระบบการวัดอาจจะยอมรับได้แต่ต้องกำหนดแผนปฏิบัติการเพื่อลดความผันแปร และค่าพารามิเตอร์ในการวัดที่ใช้มีการเปลี่ยนแปลงไม่เพียงพอจึงต้องปรับค่าพารามิเตอร์ เพื่อให้ได้ผลการวัดที่มีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงของเครื่องมือที่จะส่งผลกระทบต่อการผลิต สำหรับการประเมินการวิเคราะห์ Gage R&R โดยใช้ NDC ระบุความสามารถของระบบการวัดในการตรวจจับความแตกต่างที่วัดได้ ซึ่งแสดงถึงจำนวนช่วงความเชื่อมั่นที่ไม่ทับซ้อนกัน ครอบคลุมช่วงของการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 6.55 ซึ่งการวิเคราะห์นี้สามารถเชื่อถือได้

สรุปผลการวิจัย

จากการเก็บผลการทดลองแบบไปและกลับ (Forward-Backward Motion) และการทำซ้ำทั้งหมด 90 ครั้ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำเส้นทาง ผลการทดลองที่ประเมินโดยใช้ Gage R&R และการประเมินการวิเคราะห์ Gage R&R โดยใช้ NDC การทดลองนี้มีความถูกต้องและแม่นยำ เนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope sensor) ในแนวตั้งไม่ได้มีผลต่อการอ่านค่าของอุปกรณ์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. นักวิจัยและผู้สนใจด้านงานวิจัยสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์การวางแผนดำเนินการวิจัยได้
2. หน่วยงานหรือองค์กรด้านงานวิจัยสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อจัดกระบวนการการบริหาร

จัดการงานวิจัยให้มีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่นอาจจะเพิ่มอุปกรณ์อื่นนอกเหนือจากอุปกรณ์ตรวจวัดเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope sensor)
2. ควรมีการเปรียบเทียบอุปกรณ์ 2 อุปกรณ์ขึ้นไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- _____. ความผิดพลาดจากการวัด. <<http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/9206/บทที่-1.pdf>> (สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2565).
- กาญจน์เชจร ชูชีพ. (2018). การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment). *Remote Sensing Technical Note*, 3. Faculty of Forestry, Kasetsart University.
- พัชรนิสา เสนิกัญจน์. (2561). การศึกษาสาเหตุความผิดพลาดในการวัดขนาดของงานพลาสติก ด้วยหลักการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) กรณีศึกษา โรงงานชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รสริน โกมลโชติกุล. (2564). การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดเชิงมุมของแกนหมุนที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรงของปลายแขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่อิสระ 6 แกน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Achkar, Issam-Maurice, et al. (1996). Rate gyro calibration method and apparatus for a three-axis stabilized satellite. *U.S. Patent*, 5, 562, 266.
- Anatole M. et al. (2011). Device and method of gyro sensor calibration. *This application claims priority from U.S. Provisional Application*, 61, 456-467.
- Stephanie Bell, A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement, *Measurement Good Practice Guide*, 11(2), Centre for Basic, Thermal and Length Metrology National Physical Laboratory.
- UKAS publication M 3003. *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement Edition 4*, October 2019.

การศึกษากายศาสตร์เพื่อการปรับปรุงงานสำหรับอาชีพปั้นครก Ergonomics Study for Work Improvement of Mortar Molding Occupation

กัลยา กิตติเลิศไพศาล^{1*} จิตติ กิตติเลิศไพศาล² กมลภรณ์ แก้วพระเนตร³ รัชณีกร คำโพธิ์⁴
รุ่งทิwa บุญชูดีสกุล⁵ วริศรา วงศ์กาฬสินธุ์⁶

E-mail: kallayaa@hotmail.com, jitti1998@hotmail.com, maymelody1989@gmail.com,
ratchaneekornkhampho@gmail.com, rungtiwasnook43@gmail.com, auisky444@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของวิจัยนี้ คือ การศึกษากายศาสตร์เพื่อการปรับปรุงงานสำหรับอาชีพปั้นครก คณะผู้วิจัยได้ใช้หลักการยศาสตร์เพื่อประเมินความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Rapid Entire Body Assessment (REBA) และ Rapid Upper Limb Assessment (RULA) โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากภาพนิ่งและวิดีโอของการเคลื่อนไหวของท่าทางในการทำงานของ อาชีพปั้นครก จำนวน 16 ท่าทาง จากการประเมินทางกายศาสตร์ทั้งหมดสรุปได้ว่ามีท่าทางที่มีความเสี่ยงสูง 2 ท่าทาง และมีท่าทางที่มีความเสี่ยงปานกลาง 14 ท่าทาง จากผลการประเมินความเสี่ยงคณะผู้วิจัยได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหาในการทำงานของอาชีพปั้นครก โดยการปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงาน, ใช้อุปกรณ์ช่วยในการทำงาน และการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์การทำงาน เพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงาน หลังจากการปรับปรุงการทำงานคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการทำงานโดยวิธีเทคนิค REBA และ RULA อีกครั้ง พบว่า มีท่าทางการทำงานที่มีค่าความเสี่ยงทางกายศาสตร์ต่ำลงจำนวน 11 ท่าทาง ซึ่งผลการปรับปรุงงานดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และส่งผลให้การทำงานมีความปลอดภัย สะดวกสบายมากขึ้น และลดการเสี่ยงอันตรายและโรคจากการทำงานของอาชีพที่ศึกษา

คำสำคัญ: กายศาสตร์ เทคนิค REBA เทคนิค RULA การปรับปรุงงาน

Abstract

The objective of this research is to study ergonomics for work improvement of mortar molding occupation. Researchers used ergonomic principles to assess the risks of work operation by applying Rapid Entire Body Assessment (REBA) and Rapid Upper Limb Assessment (RULA) techniques. The researchers analyzed the risks from pictures and videos of the movement of postures in the tasks of mortar molding occupations which were 16 postures. From all ergonomic assessments, it could be concluded that there were 2 high-risk postures and 14 medium-risk postures. Based on the results of the risk assessment, the researchers proposed to solve the work problems for the studied occupations by adjusting working postures, using assistive devices, and designing tools and working equipment to reduce risks and increase worker comfort. After the work improvements, the researchers assessed the work risk analysis again by REBA and RULA techniques. It was found that the number of postures that had lower ergonomic risk values was 11 postures. As a result, these work improvement increased work efficiency, resulted in safe and more comfortable work and reduced the risks of occupational hazards and diseases in the studied occupations.

Keywords: ergonomics, REBA technique, RULA technique, work improvement

ความเป็นมาของปัญหา

การยศาสตร์ (Ergonomics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีกคือ "Ergon" ที่แปลว่างาน (Work) และ "Nomos" ที่แปลว่ากฎตามธรรมชาติ (Natural Laws) เมื่อนำมารวมกัน ได้ความหมายว่ากฎของงาน (Laws of Work) หรือหลักการปรับเปลี่ยนสภาพงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน (Fit the Job to the Man) หรืออีกนัยหนึ่งการยศาสตร์ หมายถึง สหวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของมนุษย์ในระบบงานต่างๆ โดยมีองค์ประกอบปัจจัยร่วม คือ มนุษย์ อุปกรณ์เครื่องมือในการปฏิบัติงาน สภาพแวดล้อมในบริเวณงาน และงานที่กำลังปฏิบัติ (สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) ในพระราชูปถัมภ์, 2563)

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

³⁻⁶ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ในปัจจุบัน สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน จากสำนักงานกองทุนประกันสังคมกระทรวงแรงงาน พบว่า ปัญหาสภาพแวดล้อมการทำงานไม่เหมาะสมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบการส่วนใหญ่ คือ การยกเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่น้ำหนักมาก การปฏิบัติงานท่าทางซ้ำๆ และท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งหากเราเรียนรู้หลักการยศาสตร์และนำมาประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการ ปรับสภาพแวดล้อมการทำงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน จะทำให้ปัญหาการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานลดลงได้ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานและพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงานให้ดีขึ้น (สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) ในพระราชูปถัมภ์, 2563)

วิธีการประเมินทางกายศาสตร์แบบ RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ได้มีการพัฒนาขึ้นโดย ดร. เลนแมค เอ เทมเนียร์ และ ดร. โนเกล คอร์เลท ในปี 1993 ได้เผยแพร่ครั้งแรกเมื่อปี 1993 ใน The Journal Applied Ergonomics เป็นวิธีที่ถูกออกแบบเพื่อใช้ประเมินความรุนแรงของท่าทางในการทำงาน เพื่อทำการประเมินร่างกายท่อนบนของผู้ปฏิบัติงาน เหมาะกับลักษณะการทำงานที่ใช้ร่างกายท่อนบนในการปฏิบัติงาน สำหรับวิธีการ REBA (Rapid Entire Body Assessment) เป็นวิธีการที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อประเมินท่าทางการทำงานทั้งร่างกาย ทั้งในรูปแบบการทำงานที่เคลื่อนที่และหยุดนิ่ง เป็นวิธีที่พัฒนามาจากหลักการของ RULA เหมาะสำหรับการประเมินการทำงานที่มีการใช้งานทั้งร่างกายงาน ท่าทางการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวและหยุดนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างรวดเร็ว และมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่คงที่ งานที่มีการถือ/ไม่ถือของในมือขณะที่กำลังทำงาน (งานด้านการยศาสตร์ในประเทศไทย, 2557)

อาชีพปั้นครกเป็นอาชีพหนึ่งซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดความเสี่ยงในการทำงานเนื่องจาก มีท่าทางการทำงาน, สถานที่, อุปกรณ์ และเครื่องมือบางอย่างที่ไม่เหมาะสม ซึ่งในระยะยาวอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือโรคในการทำงาน คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษากายศาสตร์ของงานอาชีพปั้นครกโดยประยุกต์ใช้เทคนิค REBA และ RULA ซึ่งได้กล่าวถึงในข้างต้น เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงและอันตรายที่จะเกิดจากการทำงานในอาชีพดังปั้นครก และเสนอแนวทางในการปรับปรุงการทำงาน เพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ทำงานมีสุขภาพที่ดีขึ้น รวมทั้งไม่เกิดอันตรายและโรคที่เกิดจากการปฏิบัติงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากายศาสตร์เพื่อประเมินความเสี่ยงของการทำงานของอาชีพปั้นครก โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Rapid Entire Body Assessment (REBA) และ Rapid Upper Limb Assessment (RULA)
2. เสนอแนวทางการแก้ปัญหาและปรับปรุงการทำงาน เพื่อแก้ปัญหาทางด้านการยศาสตร์ของการทำงานของอาชีพปั้นครก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เลือกอาชีพที่จะศึกษาและศึกษาข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลการทำงานของอาชีพที่จะศึกษา
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาการยศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เทคนิค REBA และ RULA เพื่อประเมินความเสี่ยงในการทำงานของอาชีพที่ศึกษา ซึ่งเทคนิค REBA และ RULA มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 เทคนิค REBA (Rapid Entire Body Assessment) เป็นวิธีประเมินท่าทางการทำงานทั้งร่างกาย ทั้งการทำงานที่เคลื่อนที่และหยุดนิ่ง เหมาะสำหรับการประเมินการทำงานที่มีการใช้งานทั้งร่างกาย หรืองานที่มีการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างรวดเร็ว และมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่คงที่ รวมทั้งงานที่ขณะที่กำลังทำงานมีการถือหรือไม่ถือของในมือ (งานด้านการยศาสตร์ในประเทศไทย, 2557)

3.2 เทคนิค RULA เป็นวิธีที่ใช้ประเมินความรุนแรงของท่าทางในการทำงาน โดยเทคนิคนี้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำการประเมินร่างกายท่อนบนของผู้ปฏิบัติงาน เหมาะกับลักษณะการทำงานที่ใช้ร่างกายท่อนบนในการปฏิบัติงานเป็นหลัก ได้แก่ งานที่นั่งหรือยืนทำงาน โดยมีการเคลื่อนไหวไม่มากนัก โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มที่ A วิเคราะห์ท่าทางของแขนส่วนบน แขนส่วนล่างมือ และข้อมือ กลุ่มที่ B วิเคราะห์ท่าทางของศีรษะ คอ และลำตัว และกลุ่มที่ C วิเคราะห์ท่าทางของขา และเท้า (งานด้านการยศาสตร์ในประเทศไทย, 2557)

4. เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและปรับปรุงงานตามหลักการยศาสตร์ตามผลของการประเมินด้วยเทคนิค REBA และ RULA และประเมินผลหลังการปรับปรุงการทำงาน

ผลการวิจัย

1. ผลการเก็บข้อมูลขั้นตอนหรือท่าทางการทำงานของอาชีพปั้นครก

อาชีพที่คณะผู้วิจัยศึกษา คือ อาชีพปั้นครก ซึ่งอาชีพนี้มีขั้นตอนในการทำงานซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าท่าทางในการทำงาน จำนวน 16 ท่าทาง ดังแสดงในภาพที่ 1- ภาพที่ 16 โดยการทำงานเรียงกันเป็นลำดับภาพที่แสดง



ภาพที่ 1 ท่าทางที่ 1 วางแม่แบบลงในเครื่องจักรกรก



ภาพที่ 2 ท่าทางที่ 2 ใส่ดินที่นวดแล้วลงในแม่แบบ



ภาพที่ 3 ท่าทางที่ 3 กดดินให้ตึง



ภาพที่ 4 ท่าทางที่ 4 กดใบมีดลง



ภาพที่ 5 ท่าทางที่ 5 จิกครกให้เป็นรูปทรง



ภาพที่ 6 ท่าทางที่ 6 เก็บใบมีด



ภาพที่ 7 ท่าทางที่ 7 ยกครกพร้อมแม่แบบ



ภาพที่ 8 ท่าทางที่ 8 วางครกพร้อมแม่แบบ



ภาพที่ 9 ท่าทางที่ 9 แกะครกออกจากแม่แบบ



ภาพที่ 10 ท่าทางที่ 10 วางครกลงบนเครื่องเฟือน



ภาพที่ 11 ท่าทางที่ 11 หยิบอุปกรณ์แต่งครก



ภาพที่ 12 ท่าทางที่ 12 แต่งครก



ภาพที่ 13 ท่าทางที่ 13 วางอุปกรณ์แต่งครก



ภาพที่ 14 ท่าทางที่ 14 ปาดก้นครก



ภาพที่ 15 ท่าทางที่ 15 ยกครกออกจากเครื่องเฟือน



ภาพที่ 16 ท่าทางที่ 16 วางครกทิ้งไว้จนแห้งสนิท

2. ผลการศึกษาทางการยศาสตร์เพื่อประเมินความเสี่ยงในการทำงานอาชีพปั้นครกโดยเทคนิค REBA และ RULA

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาทางการยศาสตร์ของอาชีพปั้นครกโดยวิธี REBA มีการประเมินทั้งหมด 15 ขั้นตอน และวิธี RULA มีการประเมินทั้งหมด 16 ขั้นตอน โดยคะแนนที่ประเมินได้จากเทคนิค REBA และ RULA ในขั้นตอนสุดท้ายจะสามารถแปลเป็นความเสี่ยงรวมของท่าทางการทำงานได้ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และผลการศึกษาความเสี่ยงในการทำงานของท่าทางการทำงานของอาชีพปั้นครกทั้ง 16 ท่าทางสามารถสรุปคะแนนและการแปลผลความเสี่ยงดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 แสดงการแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี REBA

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

ที่มา : Hignett and McAtamney, 2000

ตารางที่ 2 แสดงการแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี RULA

คะแนน	การแปลผล
1-2	ยอมรับได้ แต่อาจจะมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม
3-4	ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่
5-6	งานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
7	งานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที

ที่มา : McAtamney and Corlett, 1993

ตารางที่ 3 แสดงผลสรุปการวิเคราะห์ REBA และ RULA และการแปลผลความเสี่ยงในการทำงานของอาชีพปั้นครก

ท่าทาง	ผลคะแนน	การแปลผล
ท่าทางที่ 1 วางแม่แบบลงในเครื่องจักร	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 7	งานนี้มีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที
ท่าทางที่ 2 ใส่ดินที่นวดแล้วลงในแม่แบบ	REBA = 4	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 3	ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่
ท่าทางที่ 3 กดดินให้ตึง	REBA = 4	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 3	ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะเป็นที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่
ท่าทางที่ 4 กดใบมีดลง	REBA = 7	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 5	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 5 จิกครกให้เป็นรูปทรง	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 5	งานนี้เริ่มมีปัญหาค ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 6 เก็บใบมีด	REBA = 6	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้มีปัญหาทางการยศาสตร์ และต้องมีการปรับปรุงทันที
ท่าทางที่ 7 ยกครกพร้อมแม่แบบ	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 8 วางครกพร้อมแม่แบบ	REBA = 10	มีความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรปรับปรุง
	RULA = 7	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ท่าทาง	ผลคะแนน	การแปลผล
ท่าทางที่ 9 แกะครกออกจากแม่แบบ	REBA = 11	มีความเสี่ยงสูงมาก ควรปรับปรุงทันที
	RULA = 7	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 10 วางครกลงบนเครื่องเพื่อน	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 11 หยิบอุปกรณ์แต่งครก	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 12 แต่งครก	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 4	ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่องอาจจะเป็นที่ที่จะต้องมีการออกแบบงานใหม่
ท่าทางที่ 13 วางอุปกรณ์แต่งครก	REBA = 7	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 14 ปาดก้นครก	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 15 ยกครกออกจากเครื่องเพื่อน	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 5	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง
ท่าทางที่ 16 วางครกทิ้งไว้จนแห้งสนิท	REBA = 5	มีความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง
	RULA = 6	งานนี้เริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม และควรปรับปรุง

จากการประเมินทางกายศาสตร์ทั้งหมดสรุปได้ว่าท่าทางการทำงานของอาชีพปั้นครกมีความเสี่ยงสูงจำนวน 2 ท่าทาง คือ ท่าทางที่ 8 วางครกพร้อมแม่แบบ และ ท่าทางที่ 9 แกะครกออกจากแม่แบบ และมีงานที่มีความเสี่ยงปานกลาง 14 ท่าทาง คือ ท่าทางที่เหลือทั้งหมด

3. การปรับปรุงงานอาชีพปั้นครกจากผลการประเมินความเสี่ยง

3.1 การปรับปรุงการทำงานสำหรับท่าทางที่มีความเสี่ยงสูง

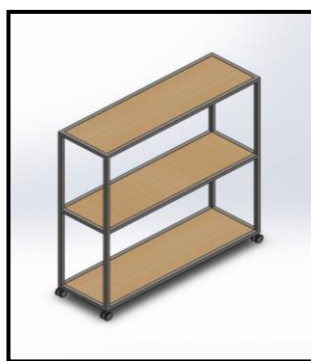
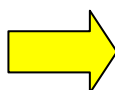
3.1.1 ท่าทางที่ 8 วางครกพร้อมแม่แบบ

1) เปลี่ยนแปลงการวางครกบนพื้น ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 17 (ก) เป็นการวางครกบนชั้นวางของติดล้อ แทน เพื่อลดการก้มและย่อตัวในการยกครกที่ปั้นเสร็จแล้ว ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 17 (ข) และเพื่อเพิ่มปริมาณจำนวนครกในการขนย้ายจึงทำการออกแบบรถเข็นสำหรับการขนย้ายครกดังแสดงในภาพที่ 17 (ค)

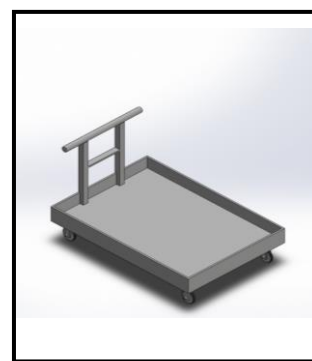
2) ให้นักงานใส่ที่บล็อกหลังเพื่อลดความเสี่ยงต่อการปวดหลัง



(ก) แสดงภาพการวางครกพร้อมแม่แบบแบบเดิม



(ข) แสดงภาพ Drawing ชั้นวางของติดล้อ



(ค) แสดง Drawing รถเข็นเพื่อช่วยในการขนย้ายครกได้มากขึ้น

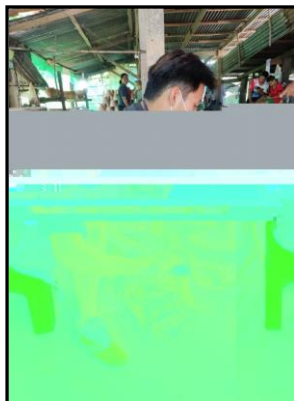
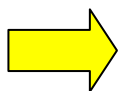
ภาพที่ 17 แสดงภาพการปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมอุปกรณ์สำหรับท่าทางการวางครกพร้อมแม่แบบ

3.1.2 ท่าทางที่ 9 แกะครกออกจากแม่แบบ

1) ปรับการทำงานเดิมดังแสดงในภาพที่ 18 (ก) ให้พนักงานใช้เก้าอี้และเบาะรองนั่งเพื่อใช้ในการนั่งทำงานดังแสดงในภาพที่ 18 (ข) และใช้ค้อนยางเพื่อเคาะครกออกจากแม่แบบดังแสดงในภาพที่ 18 (ค) เพื่อลดความเมื่อยล้าในการก้มและเพิ่มความสะดวกในการทำงาน



(ก) แสดงภาพการแกะครกออกจากแม่แบบแบบเดิม



(ข) แสดงภาพการให้พนักงานนั่งเก้าอี้ทำงานแทนการทำงานแบบเดิม



(ค) แสดงภาพค้อนยางสำหรับเคาะครกออกจากแม่แบบ

ภาพที่ 18 แสดงภาพการปรับเปลี่ยนท่าทางแกะครกออกจากแม่แบบ

3.2 การปรับปรุงการทำงานสำหรับท่าทางที่มีความเสี่ยงปานกลาง

ในการปรับปรุงการทำงานสำหรับท่าทางที่มีความเสี่ยงปานกลาง จะกล่าวโดยรวมและนำเสนอเฉพาะท่าทางและอุปกรณ์ที่มีการปรับปรุง

3.2.1 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงทั่วไป (ใช้กับทุกท่าทาง)

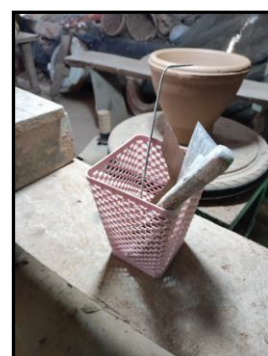
- 1) แต่งกายให้เหมาะสม โดยสวมรองเท้าผ้าใบหรือรองเท้า Safety เพื่อป้องกันเท้าในการเกิดอุบัติเหตุ และสวมใส่ผ้ากันเปื้อนและหน้ากากเพื่อป้องกันสิ่งสกปรก ดังแสดงในภาพที่ 19 (ก)
- 2) เพิ่มแสงสว่างเพื่อให้แสงสว่างเพียงพอต่อการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 19 (ข)
- 3) เพิ่มที่เก็บอุปกรณ์แต่ละครกให้เป็นระเบียบ ดังแสดงในภาพที่ 19 (ค)



(ก) แสดงภาพการแต่งกายที่เหมาะสม



(ข) แสดงภาพการเพิ่มแสงสว่างให้เพียงพอต่อการทำงาน



(ค) แสดงภาพที่เก็บอุปกรณ์ปั้นครกให้เป็นระเบียบ

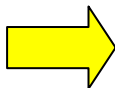
ภาพที่ 19 แสดงภาพการปรับปรุงทั่วไปสำหรับอาชีพปั้นครก

3.2.2 การปรับปรุงการทำงานสำหรับท่าทางที่ 6 การเก็บใบมีด

- 1) เปลี่ยนตำแหน่งที่เก็บใบมีดจากที่ติดตั้งไว้ด้านบนตรงกลางให้อยู่ด้านข้างในระดับลำตัวเพื่อลดการเอี้ยวตัว ดังแสดงในภาพที่ 20



(ก) แสดงภาพตำแหน่งการเก็บใบมีดแบบเดิม



(ข) แสดงภาพตำแหน่งการเก็บใบมีดด้านข้างและอยู่ในระดับลำตัวเพื่อลดการเอี้ยวตัว

ภาพที่ 20 แสดงภาพการปรับเปลี่ยนท่าทางการเก็บใบมีดและตำแหน่งที่เก็บใบมีด

3.2.3 การปรับปรุงการทำงานสำหรับท่าทางที่ 11 หยิบอุปกรณ์การแต่งครก และท่าทางที่ 13 วางอุปกรณ์แต่งครก

- 1) ใช้มือที่ใกล้ที่วางอุปกรณ์ หยิบและวางอุปกรณ์การแต่งครกเพื่อลดการเอี้ยวตัว โดยท่าทางการทำงานเดิมแสดงใน ภาพที่ 21 (ก) และ ภาพที่ 21 (ข) ตามลำดับ และดังแสดงในภาพที่ 21 (ค) แสดงที่ท่าทางการทำงานที่ปรับปรุง



(ก) แสดงภาพการหยิบอุปกรณ์การแต่งครกแบบเดิม



(ข) แสดงภาพการวางอุปกรณ์การแต่งครกแบบเดิม



(ค) แสดงภาพการใช้มือที่ใกล้ที่วางหยิบอุปกรณ์เพื่อลดการเอี้ยวตัว

ภาพที่ 21 แสดงภาพการปรับเปลี่ยนท่าทางการหยิบและวางอุปกรณ์การแต่งครก

3.2.4 การปรับปรุงการทำงานสำหรับท่าทางที่ 10-14 คือ ท่าทางการวางครกบนเครื่องเฟือน, หยิบอุปกรณ์แต่งครก, แต่งครก, วางอุปกรณ์แต่งครก และปาดก้นครก ตามลำดับ

- 1) เพิ่มเบาะรองนั่งและเบาะรองหลังในการทำงาน เพื่อเพิ่มความสบายในการทำงาน เก้าอี้แบบใหม่แสดงในภาพที่ 22 (ก) และการนั่งทำงานในที่ใหม่แสดงในภาพที่ 22 (ข)
- 2) ให้พนักงานใส่ที่บล็อกหลังเพื่อลดอาการเสี่ยงต่อการปวดหลังเมื่อต้องนั่งทำงานนานๆ



(ก) แสดงภาพที่นั่งที่เพิ่มเบาะรองนั่งและเบาะรองหลังในการทำงาน



(ข) แสดงภาพการนั่งทำงานกับที่นั่งแบบใหม่

ภาพที่ 22 แสดงภาพการปรับเปลี่ยนที่นั่งของท่าทางที่ 10-14

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ค่าคะแนนจากการประเมินความเสี่ยงของการปฏิบัติงานอาชีพปั้นครกด้วยเทคนิค REBA และ RULA มีความสอดคล้องกับทฤษฎี คือ ในท่าทางที่มีความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงานจะมีค่าคะแนนปานกลางถึงสูงซึ่งสอดคล้องกับการแปลผลของการประเมินของเทคนิค REBA และ RULA ซึ่งจากผลการประเมินนี้จะทำให้ทราบว่าควรมีการปรับปรุงงานใดให้มีความปลอดภัยขึ้น

2. การปรับปรุงท่าทางและสภาพแวดล้อมในการทำงานจะช่วยส่งผลให้ความเมื่อยล้าในการทำงาน และความเสี่ยงในการบาดเจ็บในการทำงานลดลง ซึ่งเมื่อมีการประเมินค่าความเสี่ยงหลังการปรับปรุงค่าคะแนนจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงถึงการทำงานที่มีความปลอดภัยมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

หลังจากปรับปรุงกระบวนการทำงานของอาชีพปั้นครก ด้วยการปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงาน, ใช้อุปกรณ์ช่วยในการทำงาน และการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์การทำงานแล้ว คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความเสี่ยงด้วยเทคนิค REBA และ RULA ทั้ง 16 ท่าทาง อีกครั้ง โดยสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบค่าคะแนน REBA และ RULA ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงานได้ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าคะแนน REBA และ RULA ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงานอาชีพปั้นครก

ท่าทางที่	ชื่อท่าทาง	ค่าคะแนน REBA			ค่าคะแนน RULA		
		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง*	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง*
1	วางแม่แบบลงในเครื่องจักรกรก	5	4	-1	7	4	-3
2	ใส่ดินที่นวดแล้วลงในแม่แบบ	4	4	0	3	3	0
3	กดดินให้ตึง	4	3	-1	3	3	0
4	กดใบมีดลง	7	4	-3	5	4	-1
5	จักรกรกให้เป็นรูปทรง	5	4	-1	5	4	-1
6	เก็บใบมีด	6	4	-2	6	4	-2
7	ยกครกพร้อมแม่แบบ	5	4	-1	6	5	-1
8	วางครกพร้อมแม่แบบ	10	5	-5	7	5	-2
9	แกะครกออกจากแม่แบบ	11	5	-6	7	5	-2
10	วางครกลงบนเครื่องเพื่อน	5	5	0	6	6	0
11	หยิบอุปกรณ์แต่งครก	5	4	-1	6	4	-2
12	แต่งครก	5	5	0	4	4	0
13	วางอุปกรณ์แต่งครก	7	4	-3	6	4	-2
14	ปาดก้นครก	5	5	0	6	6	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ท่าทาง ที่	ชื่อท่าทาง	ค่าคะแนน REBA			ค่าคะแนน RULA		
		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง*	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง*
15	ยกครกออกจากเครื่องเพื่อน	5	5	0	5	5	0
16	วางครกทิ้งไว้จนแห้งสนิท	5	5	0	6	6	0

หมายเหตุ : * ผลต่างของคะแนน REBA และ RULA เป็น - แสดงว่ามีความเสี่ยงในการทำงานลดลง

จากตารางที่ 4 คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสรุปค่าความเสี่ยงด้วยเทคนิค REBA และ RULA ที่เปลี่ยนแปลงไปหลังปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยสามารถสรุปได้ว่ามีจำนวนท่าทางที่มีความเสี่ยงเท่าเดิม (ค่าคะแนนเท่าเดิม), ความเสี่ยงต่ำลง (ค่าคะแนนต่ำลง) และความเสี่ยงสูงขึ้น (ค่าคะแนนสูงขึ้น) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5 และจากผลสรุปในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงการทำงาน จำนวนท่าทางอาชีพปั้นครก มีท่าทางที่มีความเสี่ยงลดลงมีเป็นจำนวน 11 ท่าทางในการประเมินแบบ REBA และ 9 ท่าทางในการประเมินแบบ RULA และไม่มีท่าทางที่มีความเสี่ยงสูงขึ้นเลย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ความเสี่ยงของงานและการปรับปรุงกระบวนการทำงานสามารถลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

ตารางที่ 5 แสดงผลการสรุปการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงด้วยเทคนิค REBA และ RULA ที่เปลี่ยนแปลงหลังปรับปรุงกระบวนการทำงานของอาชีพปั้นครก

ที่	ชื่ออาชีพ	REBA (จำนวนท่าทาง)			RULA (จำนวนท่าทาง)		
		ความเสี่ยงเท่าเดิม	ความเสี่ยงต่ำลง	ความเสี่ยงสูงขึ้น	ความเสี่ยงเท่าเดิม	ความเสี่ยงต่ำลง	ความเสี่ยงสูงขึ้น
1	อาชีพปั้นครก	5	11	0	7	9	0

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการติดตามผลการทำงานที่ปรับปรุงแล้วในระยะยาวว่ามีผลต่อการทำงานของพนักงานที่ให้ปลอดภัยขึ้นอย่างไร
2. ควรมีการให้ความรู้กับพนักงานเกี่ยวกับท่าทางการทำงานที่ปรับเปลี่ยนใหม่, การเก็บรักษา และการใช้อุปกรณ์ในการทำงานต่างๆ ที่ออกแบบใหม่อย่างถูกต้อง
3. แจ้งผลเสียของการกลับไปใช้การวิธีการทำงานที่ไม่ถูกต้องแก่พนักงาน เพื่อให้พนักงานรักษาและปฏิบัติงานตามวิธีที่ปรับปรุงแล้วอยู่เสมอ
4. ให้ความรู้กับพนักงานถึงประโยชน์ของการทำงานด้วยท่าทางที่ถูกต้อง และประโยชน์ของการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงาน รวมทั้งช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคในการทำงานทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

- งานด้านการยศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2557). การประเมินท่าทาง Assessment Ergonomics, REBA. <<https://shorturl.asia/Apzfv>>. (สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2565).
- งานด้านการยศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2557). การประเมินท่าทาง Assessment Ergonomics, RULA. <<https://shorturl.asia/Bi71m>>. (สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2565).
- สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) ในพระราชูปถัมภ์. (2563). การยศาสตร์กับการทำงาน. <<https://shorturl.asia/3iMGw>>. (สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2564).
- L. McAtamney and E. Nigel Corlett. (1993). RULA : A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. Elsevier Science. <<https://shorturl.asia/wnQFT>>. (สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2565).
- S. Hignett and L. McAtamney. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). Elsevier Science. <<https://shorturl.asia/wnQFT>>. (สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2565).